

## اثر سطوح کم آبیاری در مراحل چهارگانه رشد بر عملکرد و کیفیت چغندر قند Effect of deficit irrigation levels at four growth stages on yield and quality of sugar beet

محمد رضا میرزایی<sup>۱</sup> و سید معین الدین رضوانی<sup>۲</sup>

### چکیده

میرزایی، م. ر. و م. الدین رضوانی. ۱۳۹۱. اثر سطوح کم آبیاری در مراحل چهارگانه رشد بر عملکرد و کیفیت چغندر قند. مجله علوم زراعی ایران. ۱۴(۲): ۹۴-۱۰۷.

به منظور محاسبه فاکتور حساسیت گیاه ( $K_p$ ) و اثر سطوح کم آبیاری در مراحل مختلف رشد چغندر قند، آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده که در آن مراحل مختلف رشد چغندر قند در کرت‌های اصلی و سطوح مختلف کاهش آب در کرت‌های فرعی قرار داده شده بودند، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار طی سال‌های ۸۳ و ۸۴ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان انجام شد. مراحل مختلف رشد چغندر قند شامل چهار مرحله، سبز شدن تا استقرار بوته، استقرار بوته تا ۷۰ الی ۸۰ درصد پوشش مزرعه، پوشش کامل مزرعه تا ابتدای شروع کاهش پوشش گیاهی و از شروع کاهش پوشش گیاهی تا رسیدگی کامل چغندر قند (حداکثر ضریب استحصال) بودند. تیمارهای آبیاری عبارت بودند از: کاهش مصرف آب تا ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درصد حجم آب آبیاری کامل و یک تیمار آبیاری کامل (شاهد). نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر مراحل رشد چغندر قند، برای عملکرد قند و عملکرد قند قابل استحصال و همچنین میزان قند و میزان قند قابل استحصال معنی‌دار بود. اثر سطوح مختلف آبیاری برای عملکرد کمی در سطح یک درصد و برای ضریب قلیائیت معنی‌دار بود. اثر متقابل دو عامل مراحل چهارگانه رشد چغندر قند و سطوح مختلف آبیاری از نظر صفات کمی معنی‌دار بود. نتایج آزمایش نشان داد که حساسیت گیاه چغندر قند در تمام مراحل رشد و نمو نسبت به کمبود آب یکسان نبود. حساس‌ترین مرحله رشد چغندر قند به تنش آب مرحله اول رشد یعنی مرحله سبز شدن تا استقرار بوته برای عملکرد ریشه و شکر بود. ضریب حساسیت چغندر قند در مرحله یک، دو، سه و چهارم رشد برای عملکرد شکر به ترتیب ۱/۲۳، ۱/۰۲، ۱/۰۶ و ۰/۸۴ بود. بنابراین 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 (شاهد)، عملکرد قند به ترتیب ۹/۸۰ و ۱۰/۳۷ تن در هکتار بود که فقط ۵/۵ درصد کاهش را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. به نظر می‌رسد که می‌توان با برنامه ریزی صحیح آبیاری در مراحل رشد گیاه 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.

واژه‌های کلیدی: آبیاری با بلر، چغندر قند، عملکرد شکر، فاکتور حساسیت محصول و کم آبیاری.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۸/۴

۱- مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده)  
(پست الکترونیک: mirzaie\_1346@yahoo.com)

۲- مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان

## مقدمه

آب های زیرزمینی ۸۵ درصد منابع آب استان همدان را تشکیل می دهند که عمدتاً در بخش کشاورزی مصرف می شوند (Anonymous, 2003). از دهه گذشته با توجه به رشد کشاورزی و اتکای این بخش به منابع آب زیرزمینی، سطح ایستابی در تمامی دشت های استان همدان نزول کرده است بگونه ای که امروزه تمامی این دشت ها ممنوعه بحرانی شناخته شده اند. بنابراین مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی مورد توجه است. از جمله راهکارهای مدیریت آب می توان به گسترش سیستم های نوین آبیاری با هدف استفاده بهینه با کارایی بالا از منابع آب، استفاده از ارقام مقاوم به خشکی، پوشش انهار، استفاده از مالچ و نیز کم آبیاری با هدف برداشت حداکثر ماده خشک بازای واحد آب مصرف شده، اشاره نمود. کم آبیاری یکی از راه های به حداکثر رساندن کارایی مصرف آب و افزایش عملکرد به ازای هر واحد آب آبیاری می باشد. در این روش محصول در یک مرحله خاص رشد و یا در تمام فصل رشد تحت تنش آبی قرار می گیرد (Kirda, 2002). اعمال مدیریت کم آبیاری نیاز به داشتن اطلاعات کافی از اثر تنش آبی در مراحل مختلف رشد گیاه دارد و برای برنامه ریزی نیاز به تعیین ضریب حساسیت محصول به کم آبی ( $K_p$ ) می باشد (Anonymous, 2003).

چغندر قند در زمان جوانه زدن و حدود یک دوره یک ماهه بعد از جوانه زدن، به کمبود آب حساس می باشد. کمبود آب در اواسط دوره رشد (دوره های رشد رویشی و شکل گیری عملکرد) خصوصاً اگر در اواخر دوره فوق باشد، نیز روی عملکرد قند اثر دارد. مقدار آب زیاد در اواخر دوره رشد اگرچه ممکن است باعث افزایش عملکرد ریشه و افزایش اندکی در عملکرد نهایی شود، ولی بر غلظت قند اثر منفی دارد. از این رو به غیر از دوره جوانه زدن و مراحل اولیه رشد، به نظر می رسد

که گیاه به کمبود متوسط آب حساسیت کمی دارد (Doorenbos and Kassam, 1979). دوره حساس چغندر قند به کمبود آب در مرحله بعد از تنک کردن است که اثر آن به صورت پزمردگی برگ ها در روزهای گرم ظاهر می شود (Al - Kaisy and Broner, 2002). واکنش های مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان به کمبود آب بسته به شدت تنش و طول دوره آن متغیر است. یک تنش بسیار ملایم تنها حساس ترین فرایندها را تحت تأثیر قرار می دهد. با افزایش تنش این تغییرات تشدید شده و فرایندهای دیگر را بسته به حساسیت آنها به تنش، تحت تأثیر قرار می دهد و مرحله بحرانی در رابطه با هدف از کشت متفاوت می باشد. در مورد چغندر قند، شاید دوره تشکیل و نمو اندام ذخیره ای (ریشه) دوره بحرانی باشد، ولی در مورد تولید بذر، مرحله دانه بندی دوره بحرانی محسوب می شود (Hashemi Dezfouli et al., 1996). هرچه ماده خشک تولیدی گیاه در دوره ای خاص بیشتر باشد، انتظار می رود که تنش آب در همان دوره موجب کاهش بیشتری در عملکرد گردد و اگر هدف تولید بذر باشد، کیفیت و عملکرد بذر را کاهش دهد (Sarmadnia and Koocheki, 1997).

تغییرات حساسیت گیاه بستگی به گونه، رقم، روش و مدیریت آبیاری و مرحله ای از رشد گیاه که کم آبیاری انجام می گردد، بستگی دارد (Kirda, 2002). فاکتور حساسیت عملکرد گیاه به کم آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه توسط ماتونت (Moutonnet, 2002) مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس تقسیم بندی فائو (Doorenbos and Kassam, 1979) چهار مرحله در تقسیم بندی مراحل رشد چغندر قند عبارتند: از الف - جوانه زنی تا استقرار بوته (مرحله ۴ برگی) ب - مرحله رشد رویشی (۳۵-۲۵ روز تا مرحله ۱۶ برگی) ج - شکل گیری عملکرد (۱۲۵-۷۵ روز و پوشش برگگی تقریباً ثابت) د - رسیدگی محصول (۴۰-۵۰ روز).

قطع آبیاری منجر به کاهش معنی دار آن شد، اما میزان کاهش عملکرد در مرحله رشد ریشه ( $S_2$ ) بیشتر بود (Mirzaei *et al.*, 2005). قطع آبیاری در اواخر دوره رشد چغندر قند، باعث کاهش خصوصیات کیفی قند شامل عیار قند، عیار قند قابل استحصال و راندمان استحصال می شود. به طور کلی تنش رطوبتی در اواخر دوره رشد چغندر قند باعث افزایش ناخالصی های ریشه قند از جمله پتاسیم و سدیم شده و در نتیجه درصد قند ملاس افزایش و راندمان استحصال قند ریشه بطور معنی داری کاهش می دهد (Mirzaei and Razvani, 2007).

هدف از اجرای این تحقیق، تعیین فاکتور حساسیت گیاه در مراحل چهارگانه رشد گیاه چغندر قند، تأثیر سطوح کم آبیاری در هر یک از مراحل چهارگانه رشد گیاه در محصول نهایی و تعیین حساس ترین مرحله رشد گیاه به تنش آب بود تا بتوان با اعمال کم آبیاری و کاهش میزان معینی از آب مورد نیاز در مرحله ای با حساسیت کم، سطح زیر کشت را افزایش و یا در مصرف آب صرفه جویی نمود.

### مواد و روش ها

این تحقیق بصورت کرت های یکبار خرد شده که در آن مراحل مختلف رشد چغندر قند در کرت های اصلی و سطوح مختلف کاهش آب در کرت های فرعی قرار داده شده بودند، در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار طی دو سال (۱۳۸۳ و ۱۳۸۴) در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان، انجام شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در دو سال زراعی در جدول یک ارائه شده است. مراحل مختلف رشد چغندر قند شامل چهار مرحله سبز شدن ۹۰-۸۰ درصد بذور تا استقرار بوته، معادل ۲۷ تا ۳۲ روز ( $S_1$ )، استقرار بوته تا ۸۰-۷۰ درصد پوشش سبز گیاهی مزرعه، معادل ۲۲ تا ۲۳ روز ( $S_2$ )، از پوشش کامل تا

گیاه چغندر قند معمولاً نسبت به تنش های رطوبتی در اوایل دوره رشد حساس است و اگر تنش رطوبتی در مراحل بعدی رشد حادث شود قادر است که آن را تا حدی تحمل نماید، گرچه این تنش ها نیز خسارت زیادی به محصول وارد می کنند (Hekamat Shoar, 1992). ارزیابی اثرات تنش خشکی در اوایل و اواخر فصل رشد چغندر قند بر سیستم ریشه های فیبری آن نشان داد که تیمارهای تنش رطوبتی در اوایل فصل باعث خسارت زیادی به محصول شد. ولی موجب توانایی جذب آب از اعماق صفر تا ۱۷۰ سانتیمتر خاک گردید. در حالت معمولی چغندر قند از اعماق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۱۲۰ سانتیمتری خاک به ترتیب ۸۰ و ۲۰ درصد از کل آب قابل استفاده خود را جذب می نماید (Brown and Dunham, 1989).

نتایج یک آزمایش نشان داد که با شش سطح آبیاری در طول فصل رشد (با حداقل و حداکثر به ترتیب ۴۱۹ و ۱۳۳۱ میلی متر)، کاهش عملکرد ریشه معنی دار بود، ولی عملکرد قند کاهش معنی داری نداشت (Ucan and Gencoglan, 2004). حقیقت و همکاران (Haghighat *et al.*, 1999) نشان دادند که بیشترین عملکرد ریشه چغندر قند با مصرف ۸۶۰ میلی متر آب بر اساس ۸۰ درصد تبخیر از تشتک در طول فصل رشد به دست آمد. علیرغم این نتیجه میزان قند و عملکرد قند قابل استحصال با کاهش آب آبیاری تا ۶۰۰ میلی متر تغییر معنی داری نداشت.

در آزمایشی که تعداد دفعات قطع آبیاری در در سه مرحله، رشد چغندر قند پس از استقرار بوته (مرحله ۱۰-۸ برگی حدود شش هفته پس از کشت:  $S_1$ )، مرحله رشد ریشه (بعد از مرحله ۱۰-۸ برگی:  $S_2$ ) و مرحله ذخیره سازی قند در ریشه (اواخر دوره رشد:  $S_3$ )، اعمال شد مشاهده شد که عملکرد ریشه، عملکرد قند، عملکرد قند قابل استحصال و عملکرد اندام هوایی در تمام مراحل رشد چغندر قند با افزایش تعداد دفعات

مقادیر آب آبیاری به تیمارهای مربوطه داده شد. دور آبیاری، دور معمول منطقه در نظر گرفته شد. راندمان آبیاری در محاسبات ۹۰ درصد منظور شد، ولی با توجه به شرایط مزرعه در هنگام آبیاری امکان کاهش این مقدار وجود نداشت. در ۲-۳ آبیاری اول برای سبز شدن بذر چغندر قند مقدار آب زیادی مصرف شد، که در آنها این راندمان در نظر گرفته نشده است. رطوبت خاک با استفاده از دستگاه TDR در تیمارهای آبیاری اندازه گیری شد. تغییرات درصد رطوبت حجمی خاک به تفکیک مراحل رشد چغندر قند در تیمارهای آبیاری در شکل های یک و دو نشان داده شده است. برداشت محصول از دو خط وسط هر کرت فرعی پس از حذف یک متر حاشیه از طرفین، در سطح ۹/۶ متر مربع انجام و عملکرد اندام هوایی و وزن ریشه ها، اندازه گیری شدند. ریشه های برداشت شده توزین و پس از شستشو، نمونه خمیر با استفاده از دستگاه اره تهیه شد. مقادیر نیتروژن مضره، پتاسیم، سدیم و میزان قند اندازه گیری، میزان قند قابل استحصال، عملکرد قند، عملکرد قند قابل استحصال برآورد گردیدند. میزان قند به روش پلاریمتری و سدیم و پتاسیم به روش فلیم فتومتری اندازه گیری شدند. برای تعیین نیتروژن مضره از روش رنگ سنجی که به روش عدد آبی معرف است استفاده گردید (Shikholeslami, 1997). تجزیه واریانس مرکب داده های حاصله بر اساس تصادفی بودن سال و با فرض ثابت بودن عامل های مراحل مختلف رشد چغندر قند (A) و تیمارهای آبیاری (B) و مقایسه میانگین ها به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم افزار آماری Mstat-C انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج نشان داد که بین مراحل چهارگانه رشد چغندر قند از نظر عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند قابل استحصال تفاوت معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. از لحاظ میزان قند و میزان

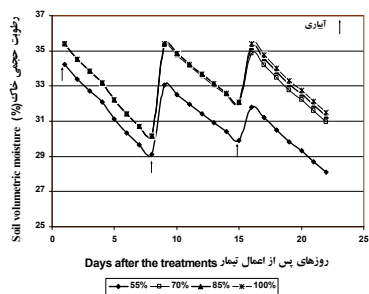
شروع کاهش پوشش سبز، معادل ۳۴ تا ۳۵ روز ( $S_3$ ) و به حداکثر رسیدن ضریب استحصال و حداکثر شدن محصول شکر (زمان برداشت)، معادل ۴۰ تا ۴۵ روز ( $S_4$ ). تیمارهای آبیاری شامل کاهش مصرف آب ۵۵ ( $I_1$ )، ۷۰ ( $I_2$ ) و ۸۵ ( $I_3$ ) درصد حجم آب آبیاری کامل (تیمار بدون کمبود رطوبت خاک) ( $I_4$ ) در نظر گرفته شدند ( $V_a = V_m = 100$ ). تیمارهای آبیاری در هر یک از مراحل رشد اعمال شده و در بقیه مراحل، آبیاری بر اساس تیمار ۱۰۰ درصد ( $I_4$ ) انجام شد. هر کرت اصلی شامل ۲۰ خط کشت به طول ۱۰ متر و هر کرت فرعی شامل ۴ خط کشت با فاصله خطوط ۶۰ سانتیمتر و یک خط کشت نشده برای ایجاد فاصله بین تیمارها در نظر گرفته شد. این آزمایش با استفاده از رقم دوروتی (مقاوم به بیماری که در صورت شیوع بیماری ها باعث ایجاد اختلال در نتایج آزمایش نشود) انجام شد.

بر اساس رابطه ۱ زمان آبیاری تیمار آبیاری کامل ( $I_4$ ) هنگامی که رطوبت خاک به ۵۰ درصد آب قابل دسترس رسید، انجام گرفت. که در آن حجم آب آبیاری تیمارهای آزمایشی و  $V_m$  حجم آب آبیاری حداکثر است (Sagardoy *et al.*, 1986).

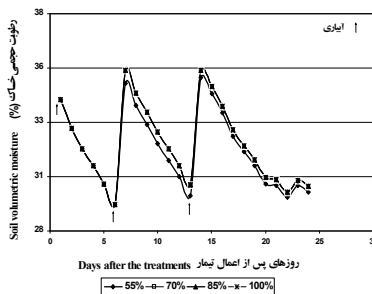
$$V_a \geq 0.5 V_m \quad (1)$$

سایر تیمارهای آبیاری همزمان با تیمار آبیاری کامل و بر اساس مقادیر ذکر شده آبیاری شدند. تیمارهای آبیاری با استفاده از سیستم بابلر نصب شده در داخل جویچه ها که یکی در ابتدای شیار و دیگری در فاصله ۵ متری (وسط شیار) از ابتدای شیار قرار داشت، اعمال و حجم آب آبیاری با کنتور حجمی سه چهارم اینچ اندازه گیری شد. استفاده از سیستم بابلر فقط به منظور اعمال دقیق تر مقادیر آب آبیاری بوده و در واقع روش آبیاری، روش سطحی بود که در منطقه مرسوم است. نیاز آبی با استفاده از فرمول پنمن مانتیس (Allen *et al.*, 1998) و در نظر گرفتن ضریب گیاهی چغندر قند در فاصله بین دو آبیاری محاسبه شد و با توجه به درصدهای ذکر شده برای اعمال کم آبیاری،

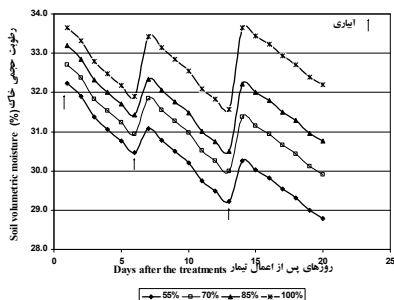
" اثر سطوح کم آبیاری در مراحل چهارگانه....."



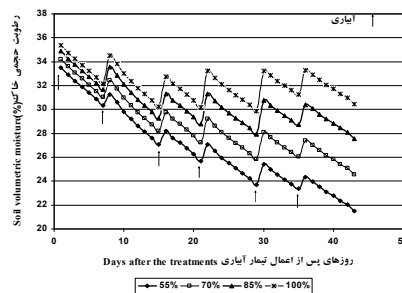
B. Second growth stage      ب- مرحله دوم رشد



A. First growth stage      الف- مرحله اول رشد



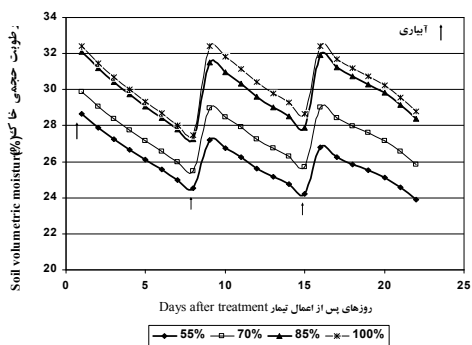
D. Fourth growth stage      د- مرحله چهارم رشد



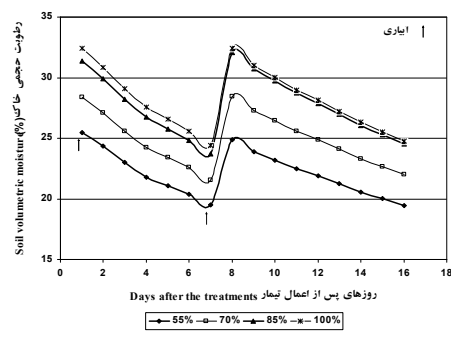
C. Third growth stage      ج- مرحله سوم رشد

شکل ۱- تغییرات درصد رطوبت حجمی خاک در تیمارهای آبیاری و مراحل مختلف رشد چغندر قند در سال ۱۳۸۳

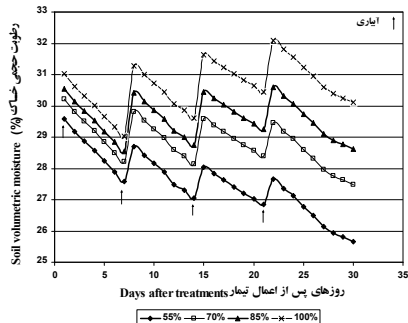
Fig. 1. Volumetric moisture change at irrigation levels and growth stages of sugar beet in 2004



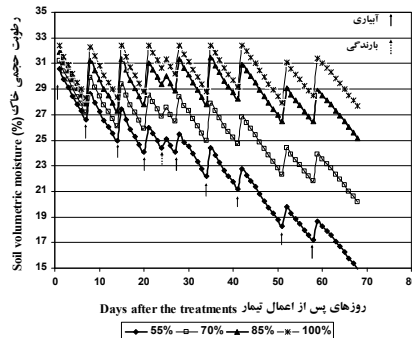
B. Second growth stage      ب- مرحله دوم رشد



A. First growth stage      الف- مرحله اول رشد



D. Fourth growth stage      د- مرحله چهارم رشد



C. Third growth stage      ج- مرحله سوم رشد

شکل ۲- تغییرات درصد رطوبت حجمی خاک در تیمارهای آبیاری و مراحل مختلف رشد چغندر قند در سال ۱۳۸۴

Fig. 2. Volumetric moisture change at irrigation levels and growth stages of sugar beet in 2005

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی (عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتر) (۱۳۸۳ و ۱۳۸۴)

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental field (0-30 cm soil depth) (2004 and 2005)

سال Year	بافت خاک Soil texture	رطوبت ظرفیت مزرعه FC (%)	رطوبت نقطه پژمردگی WP (%)	وزن مخصوص ظاهری Bulk density (g.cm <sup>-3</sup> )	اسیدیته pH
2004	CL	21.0	9.2	1.38	7.85
2005	SL	21.6	10.5	1.50	7.7
	کربن آلی O.C (%)	مواد خنثی شونده T.N.V(%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m <sup>-1</sup> )	پتاسیم K (mg.kg <sup>-1</sup> )	فسفر P (mg.kg <sup>-1</sup> )
2004	0.42	10.5	1.0	350	10.5
2005	0.70	6.0	0.7	235	4.0

سوم رشد نشان داد که تیمار آبیاری ۵۵ درصد (I<sub>1</sub>) و ۷۰ درصد (I<sub>2</sub>) نسبت به آبیاری کامل (I<sub>4</sub>) بدلیل کم آبیاری طولانی مدت، منجر به کاهش معنی دار عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند قابل استحصال شد (جدول ۴). به عبارت دیگر تا ۱۵ درصد کم آبیاری در مرحله سوم رشد چغندر قند در تیمار ۸۵ درصد (I<sub>3</sub>) و ۱۰۰ درصد (I<sub>4</sub>) کاهش معنی داری در عملکرد ریشه و عملکرد قند بوجود نیامد. بین سطوح مصرف آب برای عملکرد ریشه و عملکرد قند در مرحله اول، دوم و چهارم تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۴). بنابراین می توان در مرحله، دوم و چهارم تا ۴۵ درصد و مرحله سوم تا ۱۵ درصد، آبیاری کمتری انجام داده و در مصرف آب چغندر قند صرفه جویی نمود، زیرا درصد افت محصول کمتر از درصد آب کسر شده می باشد. این موضوع با نتایج الکایسی و برونر (Al - Kasis and Broner, 2002)، دورنباس و کسام (Doorenbos and Kassam, 1979) و میرزایی و همکاران (Mirzaei et al., 2005) مطابقت داشت. میزان حجم آب صرفه جویی شده در هر یک از مراحل رشد در شکل ۳ ارائه شده است. حجم آب مصرفی در مرحله سوم رشد با سطح آبیاری ۵۵ درصد (I<sub>1</sub>) (۷۶۵۷ متر مکعب در هکتار) کمترین میزان مصرف آب را بین تیمارها داشت، درحالیکه سطح آبیاری ۱۰۰ درصد (I<sub>4</sub>) در همین مرحله، ۸۸۷۹ متر مکعب در هکتار بود (شکل ۳). این کاهش ۱۴ درصدی آب آبیاری باعث ایجاد تنش به گیاه و عدم توانایی آن برای جبران

قند قابل استحصال در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی داری بین مراحل چهارگانه رشد مشاهده گردید. از نظر صفات غیر قندی فقط نیتروژن مضره در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲). تفاوت بین سطوح مختلف آبیاری برای عملکرد ریشه، عملکرد قند، عملکرد قند قابل استحصال و همچنین عملکرد اندام هوایی در سطح یک درصد معنی دار بود، لیکن از لحاظ میزان قند و میزان قند قابل استحصال، تفاوت بین سطوح مختلف آبیاری معنی دار نبود. از نظر صفات غیر قندی فقط قلیائیت در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل دو تیمار مراحل چهارگانه رشد چغندر قند و سطوح آبیاری فقط برای عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند قابل استحصال در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲).

با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل دو تیمار مراحل چهارگانه رشد چغندر قند و سطوح آبیاری برای عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند قابل استحصال، تجزیه واریانس مرکب تکمیلی به صورت برش دهی سطوح آبیاری در هر یک از مراحل رشد جداگانه انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مرحله سوم رشد چغندر قند برای هر سه صفت مذکور بین تیمارهای آبیاری در سطح یک درصد تفاوت معنی دار بود، لیکن در سه مرحله دیگر بین تیمارهای آبیاری اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف آبیاری در مرحله

" اثر سطوح کم آبیاری در مراحل چهارگانه....."

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد و کیفیت چغندر قند در تیمارهای کم آبیاری در مراحل چهارگانه رشد

Table 2. Combined analysis of variance for yield and quality of sugar beet in deficit irrigation treatments at four growth stages

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)										
			عملکرد ریشه Root yield	میزان قند Sugar content	پتاسیم K	سدیم Na	نیترژن مضره N	قلیائیت Alkalinity	میزان قند قابل استحصال White sugar content	ضریب استحصال Yield	قند ملاس Molasses	عملکرد قند Sugar yield	عملکرد قند قابل استحصال White sugar yield
Year(Y)	سال	1	2515.94**	1.59 <sup>ns</sup>	22.72**	5.44**	29.49**	264.90**	0.01 <sup>ns</sup>	40.19**	4.14**	106.96**	73.91**
R(Y)	تکرار(سال)	6	140.08	1.21	3.28	0.24	2.16	11.71	1.7	20.63	0.77	6.84	4.2
Growth stags(A)	مراحل رشد	3	326.12**	5.80**	0.25 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	1.53*	4.13 <sup>ns</sup>	7.12**	8.02 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	16.08**	13.97**
Y×A	مراحل رشد × سال	3	44.79 <sup>ns</sup>	3.71*	0.09 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	0.24 <sup>ns</sup>	0.64 <sup>ns</sup>	4.08*	2.85 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	0.31 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>
Error <sub>a</sub>	خطای الف	18	34.59	0.83	0.5	0.03	0.33	2.5	0.99	3.43	0.1	1.57	1.18
Irrigation (B)	آبیاری	3	258.84**	0.76 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.26 <sup>ns</sup>	2.34*	0.73 <sup>ns</sup>	0.80 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	9.02**	6.91**
Y×B	آبیاری × سال	3	30.82 <sup>ns</sup>	0.82 <sup>ns</sup>	0.15 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	1.80 <sup>ns</sup>	0.76 <sup>ns</sup>	1.01 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	1.38 <sup>ns</sup>	1.05 <sup>ns</sup>
B×A	آبیاری × مراحل رشد	9	62.65*	0.21 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>	1.29 <sup>ns</sup>	0.20 <sup>ns</sup>	0.64 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	3.01*	2.39*
Y×B×A	آبیاری × مراحل رشد × سال	9	55.26 <sup>ns</sup>	0.60 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	1.47 <sup>ns</sup>	0.63 <sup>ns</sup>	0.82 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	2.38 <sup>ns</sup>	1.81 <sup>ns</sup>
Error <sub>b</sub>	خطای ب	72	27.57	0.48	0.1	0.01	0.11	0.83	0.52	0.79	0.02	1.2	0.99
C.V (%)	ضریب تغییرات		10.11	3.56	6.53	14.74	16.92	25.17	4.17	1.00	7.92	10.84	11.06

ns: Not significant

\*and\*\* Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ns : غیر معنی دار

\* و \*\*: معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد و کیفیت چغندر قند در تیمارهای کم آبیاری در مراحل چهارگانه رشد

Table 3. Combined analysis of variance for yield and quality of sugar beet in deficit irrigation treatment at four growth stages

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)											
			مرحله اول (S1)			مرحله دوم (S2)			مرحله سوم (S3)			مرحله چهارم (S4)		
			عملکرد ریشه Root yield	عملکرد قند Sugar yield	عملکرد قند قابل استحصال White sugar yield	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد قند Sugar yield	عملکرد قند قابل استحصال White sugar yield	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد قند Sugar yield	عملکرد قند قابل استحصال White sugar yield	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد قند Sugar yield	عملکرد قند قابل استحصال White sugar yield
Year(Y)	سال	1	850.78**	35.26**	23.89**	627.64 <sup>ns</sup>	24.57 <sup>ns</sup>	16.32 <sup>ns</sup>	609.01*	25.70**	18.20**	458.44*	22.26*	16.07*
R(Y)	تکرار(سال)	6	31.08	1.65	1.08	173.67	5.40	3.31	52.04	1.75	1.14	38.87	2.87	2.21
Irrigation(B)	آبیاری	3	10.43 <sup>ns</sup>	0.84 <sup>ns</sup>	0.72 <sup>ns</sup>	53.25 <sup>ns</sup>	1.44 <sup>ns</sup>	1.01 <sup>ns</sup>	329.10**	13.65**	10.46**	35.55 <sup>ns</sup>	1.29 <sup>ns</sup>	1.18 <sup>ns</sup>
Y×B	سال × آبیاری	3	30.10 <sup>ns</sup>	0.63 <sup>ns</sup>	0.55 <sup>ns</sup>	49.23 <sup>ns</sup>	1.74 <sup>ns</sup>	1.29 <sup>ns</sup>	38.12 <sup>ns</sup>	1.99 <sup>ns</sup>	1.39 <sup>ns</sup>	39.21 <sup>ns</sup>	2.26 <sup>ns</sup>	1.80 <sup>ns</sup>
Error	خطای آزمایشی	18	35.05	1.47	1.26	42.59	1.46	1.09	23.94	1.09	0.87	18.47	1.25	1.10
C V %	ضریب تغییرات		11.00	11.51	12.00	12.05	11.36	11.03	10.20	11.48	11.59	8.28	10.99	11.51

ns: Not significant

\*and\*\* : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ns : غیر معنی دار

\* و \*\*: معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و کیفیت چغندر قند در تیمارهای کم آبیاری در مراحل چهارگانه رشد

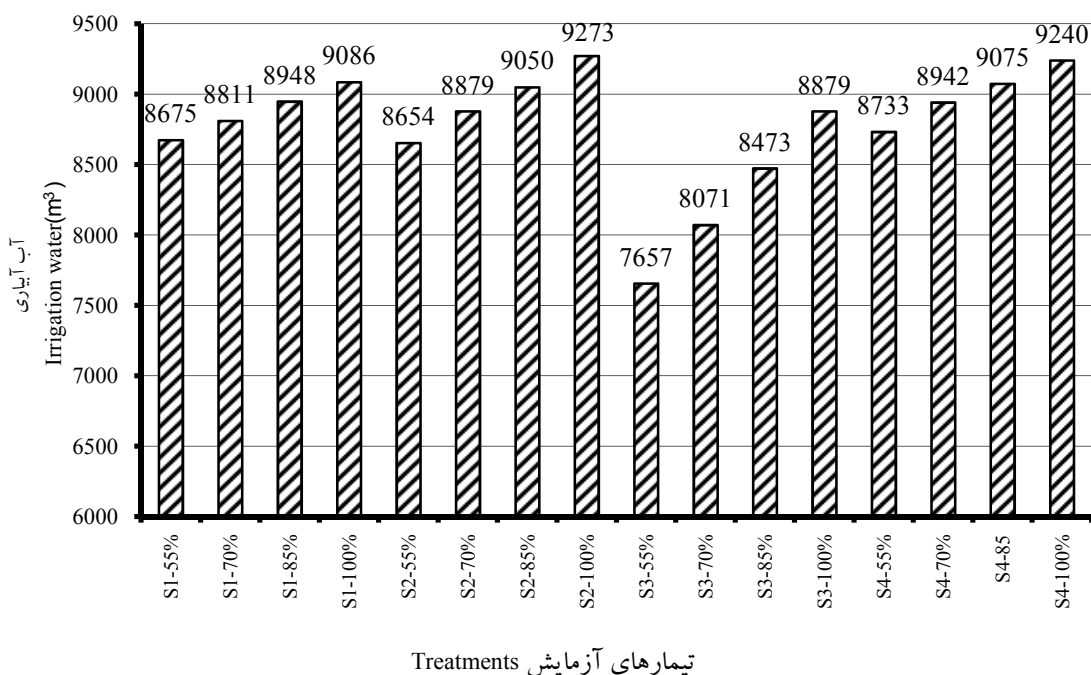
Table 4. Mean comparison of yield and quality of sugar beet in deficit irrigation treatment at four growth stages

تیمارهای آبیاری Irrigation	مرحله اول (S1)			مرحله دوم (S2)			مرحله سوم (S3)			مرحله چهارم (S4)		
	عملکرد ریشه Root yield (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد قند Sugar yield (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد قند قابل استحصال White sugar yield (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد ریشه Root yield (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد قند Sugar yield (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد قند قابل استحصال White sugar yield (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد ریشه Root yield (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد قند Sugar yield (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد قند قابل استحصال White sugar yield (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد ریشه Root yield (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد قند Sugar yield (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد قند قابل استحصال White sugar yield (t.ha <sup>-1</sup> )
I1(55%)	52.4 a	10.26 a	9.15 a	52.03 a	10.32 a	9.19 a	41.60 b	7.75 b	6.82 b	50.29 a	9.80 a	8.70 a
I2(70%)	54.88a	10.88 a	9.68 a	51.93 a	10.26 a	9.15 a	43.67 b	8.31 b	7.36 b	49.86 a	9.94 a	8.89 a
I3(85%)	53.40a	10.23 a	9.05 a	55.48 a	10.89 a	9.72 a	51.35 ab	9.70 ab	8.58 ab	53.99 a	10.67 a	9.57 a
I4(100%)	54.58a	10.70 a	9.52 a	57.11 a	11.11 a	9.84 a	55.25 a	10.62 a	9.34 a	53.39 a	10.37 a	9.25 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Mean each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

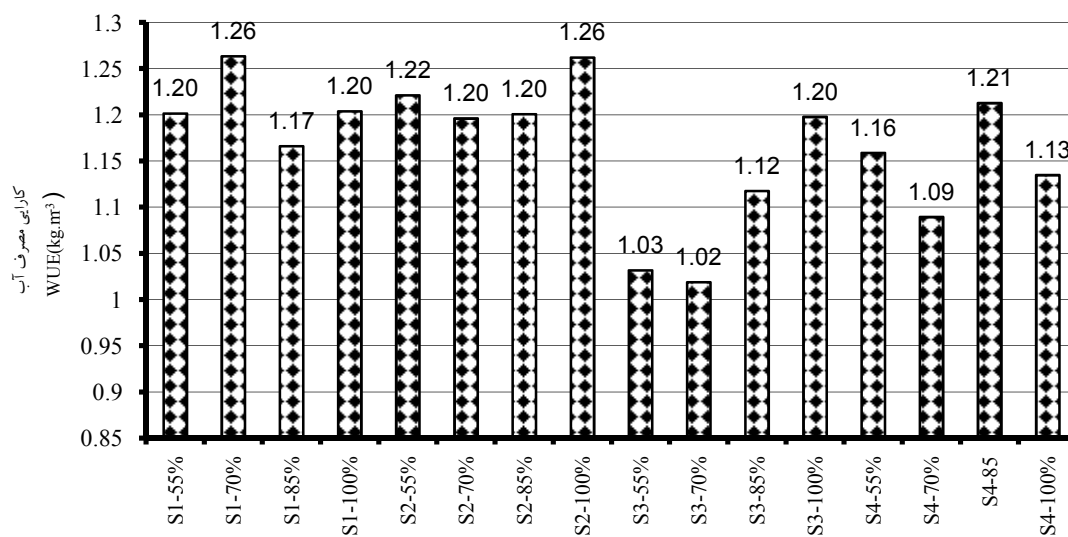




تیمارهای آزمایش Treatments

شکل ۳- مقایسه میانگین آب آبیاری در تیمارهای کم آبیاری در مراحل چهار گانه رشد چغندر قند

Fig. 3. Mean comparison of irrigation water in deficit irrigation treatments at four growth stages of sugar beet



تیمارهای آزمایش Treatments

شکل ۴- مقایسه میانگین کارایی مصرف آب بر اساس شکر تولیدی در تیمارهای کم آبیاری در مراحل چهار گانه رشد چغندر قند

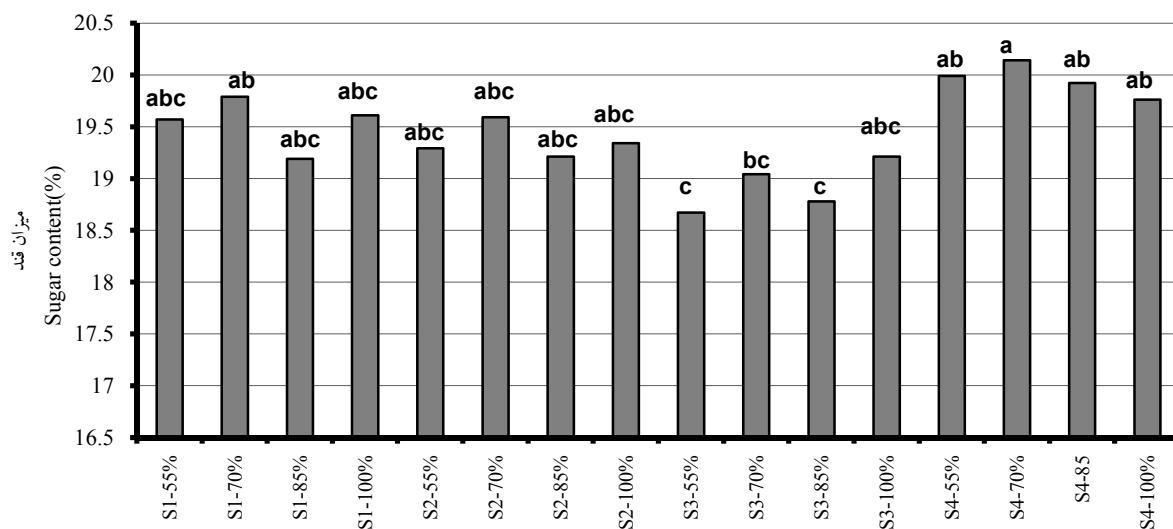
Fig. 4. Mean comparison of water use efficiency based on sugar yield in deficit irrigation treatments at four growth stages of sugar beet

مصرف آب و تفاوت ناچیز و غیر معنی دار در عملکرد ریشه و عملکرد قند، باعث افزایش کارایی مصرف آب

صدمات ناشی از کمبود آب گردید. این موضوع با نتایج کردا ( Kirda, 2002 ) مطابقت داشت. کاهش

لیکن این کاهش در اثر حساسیت بیشتر این مرحله به تنش نبوده، بلکه بدلیل طولانی بودن این مرحله از نظر طول دوره رشد و متعاقب آن اعمال تیمار کم آبیاری در این مرحله بود. این نتیجه که کمبود آب در اواسط دوره رشد روی عملکرد قند اثر دارد، با نتایج دورنباس

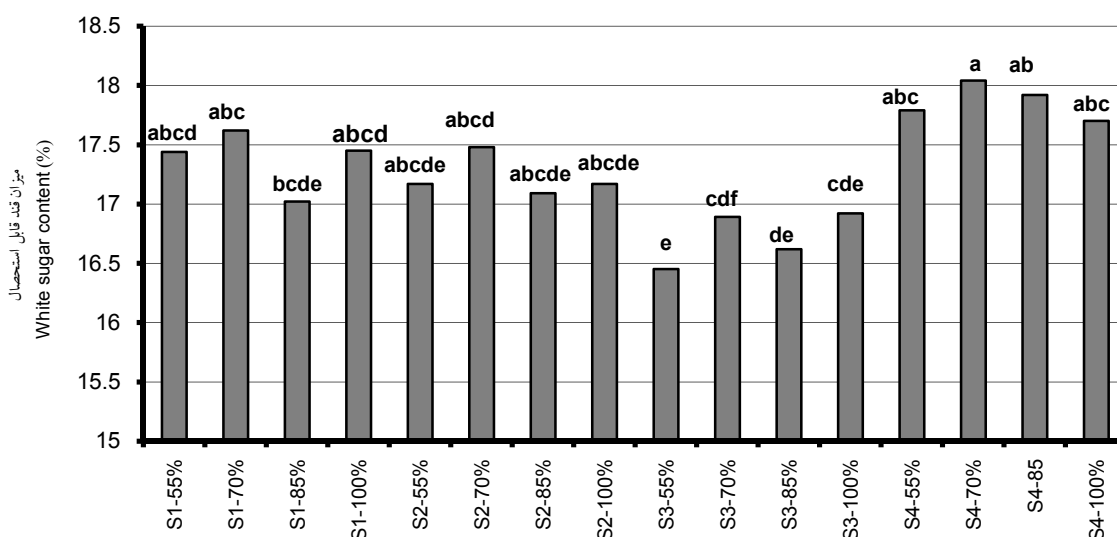
و افزایش عملکرد به ازاء هر واحد آب آبیاری شد. این موضوع با نتایج ارائه شده توسط کردا (Kirda, 2002) مطابقت داشت. هرچند کاهش آب آبیاری در مرحله سوم بیشترین کاهش عملکرد ریشه و عملکرد قند را به همراه داشته



تیمارهای آزمایش Treatments

شکل ۵- مقایسه میانگین میزان قند در تیمارهای کم آبیاری در مراحل چهار گانه رشد چغندر قند

Fig. 5. Mean comparison of sugar content in deficit irrigation treatments at four growth stages of sugar beet



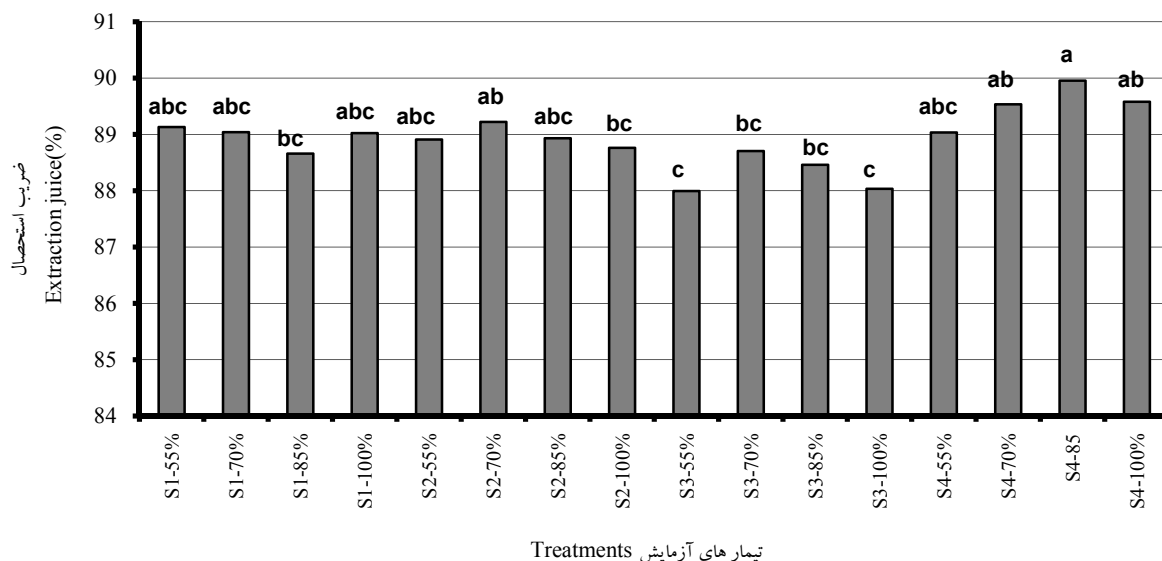
تیمارهای آزمایش Treatments

شکل ۶- مقایسه میانگین میزان قند قابل استحصال در تیمارهای کم آبیاری در مراحل چهار گانه رشد چغندر قند

Fig. 6. Mean comparison of white sugar content in deficit irrigation treatments at four growth stages of sugar beet

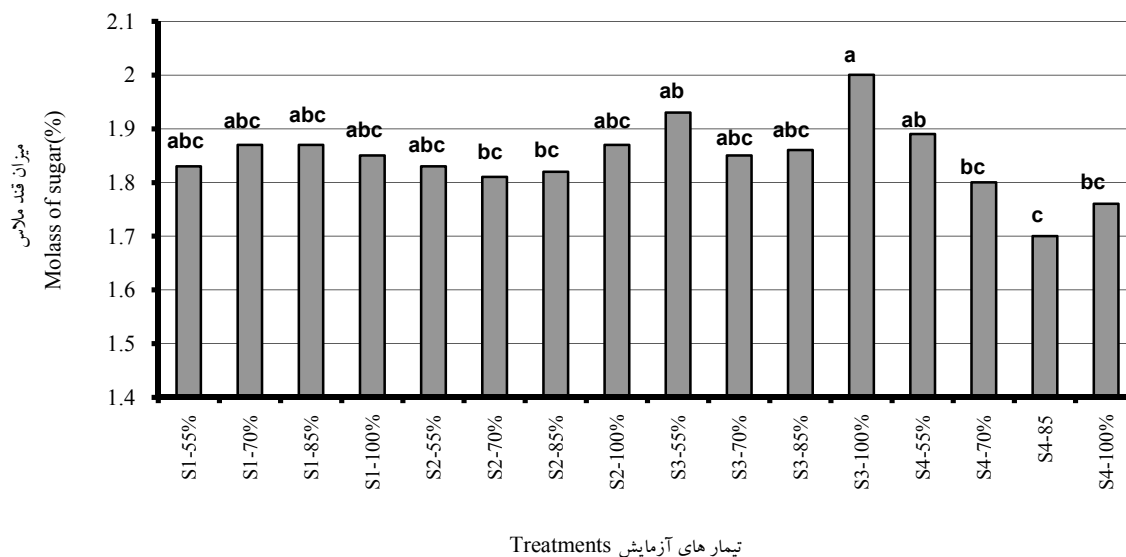
کاهش داشت (شکل ۴). مقایسه میانگین تیمارها برای میزان قند، میزان قند سفید و ضریب استحصال نشان داد که میانگین تیمارها در گروه بندی های متفاوتی قرار گرفتند. بیشترین میزان قند و میزان قند سفید مربوط به تیمار ۷۰ درصد در مرحله S<sub>4</sub> به ترتیب ۲۰/۱۴ و ۱۸/۰۴ در یک گروه آماری و کمترین میزان قند و میزان قند سفید مربوط به تیمار ۵۵ درصد در مرحله S<sub>3</sub> به ترتیب

وکسام (Doorenbos and Kassam, 1979) مطابقت داشت، اما با گزارش یوکان و جنگلان (Ucan and Gencoglan, 2004) و حقیقت و همکاران (Haghighat *et al.*, 1999) مغایرت داشت. از لحاظ کارایی مصرف آب نیز بدلیل کاهش معنی دار عملکرد قند در مرحله سوم رشد، سطح آبیاری ۵۵ درصد (I<sub>1</sub>) نسبت به سطح آبیاری ۱۰۰ درصد (I<sub>4</sub>)، ۱۴ درصد



شکل ۷- مقایسه میانگین ضریب استحصال در تیمارهای کم آبیاری در مراحل چهار گانه رشد چغندر قند

Fig. 7. Mean comparison of juice extraction in deficit irrigation treatments at four growth stages of sugar beet



شکل ۸- مقایسه میانگین قند ملاس در تیمارهای کم آبیاری در مراحل چهار گانه رشد چغندر قند

Fig. 8. Mean comparison of molasses of sugar in deficit irrigation treatments at four growth stages of sugar beet

نسبت به مرحله سوم بیشتر باشد، در این است که طول مدت اعمال تیمار کم آبیاری در مرحله اول رشد بدلیل کوتاه بودن این دوره بوده است که در مجموع بین ۲ تا ۳ مرحله آبیاری بود. اما مرحله سوم رشد به دلیل طولانی بودن، اعمال تیمار کم آبیاری بین ۶ تا ۹ مرتبه در دو سال انجام آزمایش در شرایط گرما و حداکثر تبخیر و تعرق نسبت به مرحله اول (مصادف شدن مرحله سوم رشد با فصل تابستان) بوده است. بنابراین به دلیل طولانی بودن مدت تنش و شرایط اقلیمی، اعمال کم آبیاری، میزان اختلاف عملکرد در تیمارهای مختلف آبیاری در این مرحله نسبت به مراحل دیگر بیشتر بود. روش محاسبه مقدار ضریب حساسیت در واقع با نسبی کردن عملکرد و تبخیر و تعرق واقعی، نسبت به کمبود نسبی عملکرد به کمبود نسبی تبخیر و تعرق واقعی در نظر گرفته می شود و فقط عملکرد ملاک مقدار حساسیت نمی باشد. بنابراین مقدار حساسیت واقعی بین مراحل مختلف رشد را با توجه به رابطه بین کمبود نسبی عملکرد به کمبود نسبی تبخیر و تعرق واقعی می توان بهتر ارزیابی و مقایسه نمود.

### نتیجه گیری

در برخی از مراحل رشد گیاه چغندر قند می توان میزان معینی از نیاز آبی گیاه را کم کرده به طوری که میزان افت محصول کمتر از میزان آب کسر شده باشد. به عبارت دیگر در یک مجموعه زراعی واحدهای تحت پوشش و شبکه های آبیاری، با افزایش منطقی سطح زیر کشت با ثابت نگه داشتن مصرف مقدار مشخصی آب، می توان میزان تولید را افزایش داد. به عبارت دیگر می توان با اعمال کم آبیاری و کاهش میزان معینی از آب مورد نیاز در مرحله های با حساسیت کم، سطح زیر کشت را افزایش داد. بر اساس نتایج آزمایش حاضر کاهش مقدار آب مصرفی تا ۴۵ درصد در مراحل دوم و چهارم و تا ۱۵ درصد در مرحله سوم نسبت آبیاری کامل، بدون کاهش معنی دار در عملکرد قند قابل استحصال، در زراعت چغندر قند قابل توصیه می باشد.

با ۱۸/۶۷ و ۱۶/۴۵ درصد در گروه آماری مختلف قرار گرفتند (شکل های ۵ و ۶). تیمارهای کم آبیاری در مرحله سوم رشد باعث کاهش کیفیت عصاره ریشه چغندر قند گردید.

بالاترین میزان ضریب استحصال به تیمار ۸۵ درصد در مرحله S<sub>4</sub> و کمترین آن به مرحله سوم مربوط بود (شکل ۷). مقایسه میانگین ناخالصی های پتاسیم، سدیم و آلفا آمینو نیتروژن نشان داد که کمترین ناخالصی مربوط به تیمار ۸۵ درصد در مرحله S<sub>4</sub> مربوط بود. بیشترین ناخالصی به تیمار ۵۵ درصد در مرحله S<sub>3</sub> تعلق داشت. به طور کلی مرحله چهارم به غیر از تیمار ۵۵ درصد مرحله S<sub>4</sub>، کمترین ناخالصی ها را در عصاره ریشه رشد چغندر قند نسبت به سه مرحله دیگر باعث افزایش ناخالصی های ریشه چغندر قند از جمله پتاسیم و چغندر قند و در نتیجه کمترین میزان قند ملاس را به همراه داشتند (شکل ۸). تنش رطوبتی در مرحله سوم سدیم شده و در نتیجه راندمان استحصال قند ریشه را کاهش و میزان قند ملاس را افزایش داد. این موضوع با نتایج میرزایی و رضوانی (Mirzaei and Razvani, 2007) مطابقت داشت.

ضریب حساسیت چغندر قند در مرحله یک، دو، سه و چهارم برای عملکرد ریشه به ترتیب ۰/۸۲، ۱/۰۵، ۰/۹ و ۰/۷۷ محاسبه شد. ضریب حساسیت چغندر قند در مرحله یک، دو، سه و چهارم برای عملکرد شکر به ترتیب ۱/۲۳، ۱/۰۲، ۱/۰۶ و ۰/۸۴ بود. ضریب حساسیت چغندر قند در کل دوره رشد برای عملکرد ریشه و شکر به ترتیب ۰/۸۸ و ۱/۰۳ بدست آمد. بنابراین مشخص می شود که مرحله اول رشد چغندر قند حساس ترین مرحله رشد به کم آبیاری می باشد. این موضوع با نتایج تحقیقات سایر پژوهشگران از جمله الکایسی و برونر (Al - Kasi and Broner, 2002) و دورنباس و کسام (Doorenbos and Kassam, 1979) مطابقت دارد. علت تفاوت در مقدار ضریب حساسیت بالاتر در مرحله اول نسبت به مرحله سوم و عدم وجود تفاوت معنی دار در عملکرد در مرحله اول که بایستی

References

- Allen, R., L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith. 1998.** Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome, Italy.
- Al – Kaysi, M. M. and I. Broner. 2002 .** Crop water use and growth stages. In [http:// www. Ext. colostate.edu](http://www.Ext.colostate.edu) \.
- Brown, K. F. and R. S. Dunham. 1989 .** Recent progress on fibrous root system of sugar beet. In: World sugar and sweetener year book F. D. Licht. GMBH, Rutzbury.
- Anonymous. 2003 .** Selected basic statistics of Hamedan, Jihad-e-Agriculture. (In persian)
- Doorenbos, J. and A. H. Kassam. 1979 .** Yield response to water. Irrigation and drainage paper No 33. FAO. Rome, Italy.
- Haghighat, S. M. Satar and F. Reisi. 1999 .** Effect of irrigation regimes and different nitrogen quantities on yield and sugar content of sugar beet., 7<sup>th</sup> Seminar, Throughout irrigation and decrease evaporation, Kerman. 29 Feb-2 Mar. 1999. (In persian).
- Hashmi Dezfouli, S. A, H. Sharifi, J. ghohari and K. Alemi Saeid. 1996.** Analysis of quantitative growth and determination of important characteristics of multigermsugar beet resistant to bolting in Dezfoul. Proceedings of 4<sup>th</sup> Iranian Crop Science, Isfahan, Iran. (In persian).
- Hekamat Shoar H. 1992 .** Plant Physiology in Difficult Situation. Tzbriz University Press. (In persian).
- Kirda, C. 2002 .** Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. In: Deficit Irrigation Practices. FAO.
- Mirzaei, M. R, S. M Razvani and J. Gohari. 2005 .** Effect of water stress at different growth stages on yield and some physiological properties of sugar beet. J. Sugar Beet., 21(1): 1-14 (In Persian with English abstract)
- Mirzaei, M. R and S. M. Razvani. 2007 .** Effects of water deficit on quality of sugar beet at different growth stages. J. Sugar Beet., 23(1): 29-42 (In Persian with English abstract).
- Moutonnet, P. 2002 .** Yield response factors of field crops to deficit irrigation. In: Deficit irrigation practices. FAO. Rome, Italy.
- Sagardoy J. A., A. Bottrall and G. O. Uittenbogaard .1986 .** Organization, operation and maintenance of irrigation schemes. FAO irrigation and drainage paper 40. Annex II - Irrigation scheduling. <http://www.fao.org/docrep/X5647E/x5647e0e.htm#annex%20ii%20%20%20irrigation%20scheduling>
- Sarmadnia, G. H. and A. Koocheki. 1997 .** Crop Physiology. Jahad Daneshgahi Mashhad Press (In persian).
- Shikholeslami, R. 1997.** Methods of laboratory and application in food industries process control. Mersa Publication, (In persian).
- Ucan, K and C. Gencoglan . 2004 .** The effect of water deficit on yield and yield components of sugar beet. Turk. J. Agric. For. 28: 163-172.

## Effect of deficit irrigation levels at four growth stages on yield and quality of sugar beet

Mirzaei, M. R.<sup>1</sup> and S. M. Rezvani<sup>2</sup>

### ABSTRACT

Mirzaei, M. R. and S. M. Rezvani. 2012. Effect of deficit irrigation levels at four growth stages on yield and quality of sugar beet. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 14(2):94-107. (In Persian).

To estimate the crop sensitivity factor ( $K_y$ ) and to assess water stress effect in different growth stages of sugar beet, an experiment was conducted as split plot arrangement in randomized complete block design with four replications. The experiment was carried out in 2004 and 2005 growing seasons in the Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamadan Province, Hamedan, Iran. Main plots consisted of four different growth stages including: 1: germination to establishment, 2: establishment to 70-80% canopy development, 3: full canopy development and 4: beginning of canopy senescence to crop maturity (maximum extraction coefficient). Sub-plots consisted of different water consumption levels; 100, 85, 70 and 55% of full irrigation requirements. Combined analysis of variance showed that there was significant difference between growth stages for sugar yield and white sugar yield. Quality properties including sugar content and white sugar content also differed significantly. There was significant difference between irrigation levels for quantitative traits as well as alkalinity coefficient. Interaction effect of growth stage  $\times$  irrigation level was significant for different quantitative traits. In conclusion sugar beet sensitivity to water stress is alike in all of the growth stages. The most sensitive growth stage of sugar beet to water stress was the first stage for root yield and sugar yield. The crop sensitivity factor for different growth stages of sugar beet was 1.23, 1.02, 1.06 and 0.84, respectively. It is suggested that the available irrigation water is applied during the growth stages of sugar beet with crop sensitivity factor less than one. Therefore, water consumption can be reduced by 45% at the second and fourth growth stages and 15% at third growth stage, relative to full irrigation, without significant decrease in white sugar yield.

**Key words:** Babbler irrigation, Sugar beet, Sugar yield, Crop sensitivity factor and Water deficit.

---

Received: November, 2009 Accepted: October, 2011

1- Faculty member, Agricultural and Natural Resources Research Cenetr of Hamedan Province, Hamedan, Iran (Corresponding author) (Email: mirzaie\_1346@yahoo.com)

2- Faculty member, Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamedan Province, Hamedan, Iran