"مجله علوم زراعی ایران"
جلد چهاردهم، شماره ۲ تابستان ۱۳۹۱

اثر سطوح کم آبیاری در مراحل چهارگانه رشد بر عملکرد وکیفیت چغندرقند
Effect of deficit irrigation levels at four growth stages on yield and quality of sugar beet

محمدرضا میرزایی[۱] و سید معین الدین رضوانی[۲]

چکیده

میرزایی، م. ر. و م. الدین رضوانی. ۱۳۹۱. اثر سطوح کم آبیاری در مراحل چهارگانه رشد برعملکرد وکیفیت چغندرقند. **مجله علوم زراعی ایران. ۱٤(۲): ۱۰۷-۹٤.**

به منظور محاسبه فاکتور حساسیت گیاه (K_y) و اثر سطوح کم آبیاری در مراحل مختلف رشد چغندرقند، آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خردشده که در آن مراحل مختلف رشد چغندرقند 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 ۸٤ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان انجام شد. مراحل مختلف رشد چغندرقند 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 چغندرقند، 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 کمّی در سطح یک درصد و برای ضریب قلیائیت معنی‌دار بود. اثر متقابل دو عامل مراحل چهارگانه رشد چغندرقند و سطوح مختلف آبیاری از نظر صفات کمی معنی‌دار بود. نتایج آزمایش نشان دادکه حساسیت گیاه چغندرقند در تمام مراحل رشد و نمو نسبت به کمبود آب یکسان نبود. حساس‌ترین مرحله رشد چغندرقند به تنش آب مرحله اول رشد یعنی مرحله سبز شدن تا استقرار بوته برای عملکرد ریشه و شکر بود. ضریب حساسیت چغندرقند در مرحله یک، دو، سه و چهارم رشد برای عملکرد شکر به ترتیب ۱/۲۳، ۱/۰۲، ۱/۰٦ و۰/۸٤ بود. بنابراین مرحله چهارم رشد چغندر قند کمترین حساسیت را به کم آبیاری داشت، چنانکه در مرحله چهارم رشد با کاهش٤۵ درصد آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل (شاهد)، عملکرد قند به ترتیب ۹/۸۰ و ۱۰/۳۷ تن در هکتار بودکه فقط ۵/۵ درصد کاهش را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. به نظر می‌رسدکه 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 ٤۵ درصد در مراحل دوم و چهارم و تا ۱۵ درصد در مرحله سوم رشد نسبت به آبیاری کامل، بدون کاهش معنی دار در عملکرد قند قابل استحصال، در زراعت چغندر قند وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بابلر، ، چغندرقند، 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.1.4]

مقدمه

آب های زیرزمینی ۸۵ درصد منابع آب استان همدان را تشکیل می‌دهند که عمدتاً در بخش کشاورزی مصرف می‌شوند (Anonymous, 2003). از دهه گذشته با توجه به رشد کشاورزی و اتکای این بخش به منابع آب زیرزمینی، سطح ایستابی در تمامی دشت‌های استان همدان نزول کرده است بگونه‌ای که امروزه تمامی این دشت‌ها ممنوعه بحرانی شناخته شده‌اند.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 راه‌های به حداکثر رساندن کارایی مصرف آب و افزایش عملکرد به ازای هر واحد آب آبیاری می‌باشد. در این روش محصول در یک مرحله خاص رشد و یا در تمام فصل رشد تحت تنش آبی قرار می‌گیرد (Kirda, 2002). اعمال مدیریت کم آبیاری نیاز به داشتن اطلاعات کافی از اثر تنش آبی در مراحل مختلف رشد گیاه دارد و برای برنامه‌ریزی نیاز به تعیین ضریب حساسیت محصول به کم آبی (K_y) می‌باشد (Anonymous, 2003).

چغندرقند در زمان جوانه‌زدن و حدود یک دوره یک‌ماهه بعد از جوانه‌زدن، به کمبود آب حساس می‌باشد. کمبود آب در اواسط دوره رشد (دوره‌های رشد رویشی و شکل گیری عملکرد) خصوصا 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 جوانه‌زدن و مراحل اولیه رشد، به نظر می‌رسد که گیاه به کمبود متوسط آب حساسیت کمی دارد (Doorenbos and Kassam, 1979). دوره حساس چغندرقند به کمبود آب در مرحله بعد از تنک کردن است که اثر آن به صورت پژمردگی برگ‌ها در روزهای گرم ظاهر می‌شود (Al – Kaisi and Broner, 2002). واکنش‌های مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان به کمبود آب بسته به شدت تنش و طول دوره آن متغیر است. یک تنش بسیار ملایم تنها حساس‌ترین فرایندها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با افزایش تنش این تغییرات تشدید شده و فرایندهای دیگر را بسته به حساسیت آنها به تنش، تحت تأثیر قرار می‌دهد و مرحله بحرانی در رابطه با هدف از کشت متفاوت می‌باشد. در مورد چغندرقند، شاید دوره تشکیل و نمو اندام ذخیره‌ای (ریشه) دوره بحرانی باشد، ولی در مورد تولید بذر، مرحله دانه‌بندی دوره بحرانی محسوب می‌شود (Hashemi Dezfouli *et al*., 1996). هرچه ماده خشک تولیدی گیاه در دوره‌ای خاص بیشتر باشد، انتظار می‌رود 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 مرحله‌ای از رشد گیاه که کم آبیاری انجام می‌گردد، بستگی دارد (Kirda, 2002). فاکتور حساسیت عملکرد گیاه به کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه توسط ماتونت (Moutonnet, 2002) مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس تقسیم‌بندی فائو (Doorenbos and Kassam, 1979) چهار مرحله در تقسیم‌بندی مراحل رشد چغندرقند عبارتند: از الف- جوانه زنی تااستقرار بوته (مرحله ۴ برگی) ب- مرحله رشد رویشی (۳۵-۲۵ روز تا مرحله ۱۶ برگی) ج- شکل گیری عملکرد (۱۲۵-۷۵ روز و پوشش برگی تقریبا ثابت) د- رسیدگی محصول (۵۰-۴۰ روز).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.1.4]

گیاه چغندرقند معمولاً نسبت به تنش‌های 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 تنش‌ها نیز خسارت زیادی به محصول وارد می‌کنند (Hekamat Shoar, 1992). ارزیابی اثرات تنش خشکی در اوایل و اواخر فصل رشد چغندرقند بر سیستم ریشه‌های 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 چغندرقند 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 می‌نماید (Brown and Dunham, 1989).

نتایج یک آزمایش نشان داد که با شش سطح آبیاری درطول فصل رشد (با حداقل و حداکثر به ترتیب ۴۱۹ و ۱۳۳۱ میلی‌متر)، کاهش عملکرد ریشه معنی دار بود، ولی عملکرد قند کاهش معنی‌داری نداشت (Ucan and Gencoglan, 2004). حقیقت و همکاران (Haghighat *et al*., 1999) نشان دادند که بیشترین عملکرد ریشه چغندر قند با مصرف ۸۶۰ میلی‌متر 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 میلی‌متر تغییرمعنی 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: S1)، مرحله رشد ریشه (بعد از مرحله ۱۰-۸ برگی: S2) و مرحله ذخیره‌سازی قند در ریشه (اواخر دوره رشد: S3)، اعمال شد مشاهده شد که عملکرد ریشه، عملکرد قند، عملکرد قند قابل استحصال و عملکرد اندام هوایی در تمام مراحل رشد چغندرقند با افزایش تعداد دفعات قطع آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار آن شد، اما میزان کاهش عملکرد در مرحله رشد ریشه (S_2) بیشتر بود (Mirzaei *et al*., 2005). قطع آبیاری در اواخر دوره رشد چغندرقند، باعث کاهش خصوصیات کیفی قند شامل عیارقند، عیارقند قابل استحصال و راندمان استحصال می‌شود. به طور کلی تنش رطوبتی در اواخر دوره رشد چغندرقند باعث افزایش ناخالصی‌های ریشه قند از جمله پتاسیم و سدیم شده و در نتیجه درصد قند ملاس افزایش و راندمان استحصال قند ریشه بطور معنی‌داری کاهش می‌دهد (Mirzaei and Razvani, 2007).

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

مواد و روش‌ها

این تحقیق بصورت کرت‌های یکبار خرد شده که در آن مراحل مختلف رشد چغندرقند 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 دو سال (۱۳۸۳ و۱۳۸۴) در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان، انجام شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در دو سال زراعی درجدول یک ارائه شده است. مراحل مختلف رشد چغندرقند 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.1.4]

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 (Va = Vm =۱۰۰) . 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 بیماری‌ها 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 Va حجم آب آبیاری تیمارهای آزمایشی و Vm حجم آب آبیاری حداکثر است (Sagardoy *et al*., 1986).

$$Va \geq 0.5\ Vm \qquad (1)$$

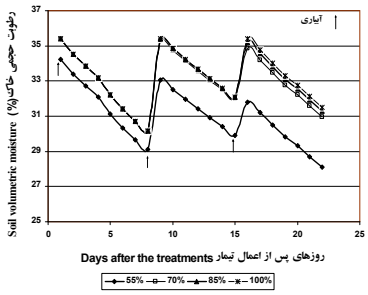
سایر تیمارهای آبیاری همزمان با تیمار آبیاری کامل و بر اساس مقادیر ذکر شده آبیاری شدند. تیمارهای آبیاری با استفاده از سیستم بابلر نصب شده در داخل جویچه‌ها که یکی در ابتدای شیار و دیگری در فاصله ۵ متری (وسط شیار) از ابتدای شیار قرار داشت، اعمال و حجم آب آبیاری با کنتور حجمی سه چهارم اینچ اندازه‌گیری شد. استفاده از سیستم بابلر فقط به منظور اعمال دقیق‌تر 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 چغندرقند در فاصله بین دو آبیاری محاسبه شد و با توجه به درصدهای ذکر شده برای اعمال کم آبیاری، 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. در۲-۳ آبیاری اول برای سبز شدن بذر چغندرقند 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 اندازه‌گیری شد. تغییرات درصد رطوبت حجمی خاک به تفکیک مراحل رشد چغندرقند در تیمارهای آبیاری در شکل‌های 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 مترمربع انجام و عملکرد اندام هوایی و وزن ریشه‌ها، اندازه‌گیری شدند. ریشه‌های برداشت شده توزین و پس از شستشو، نمونه خمیر با استفاده از دستگاه اره تهیه شد. مقادیر نیتروژن مضره، پتاسیم، سدیم ومیزان 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 اندازه‌گیری شدند. برای تعیین نیتروژن مضره از روش رنگ سنجی که به روش عدد آبی معرف است استفاده گردید (Shikholeslami, 1997). تجزیه واریانس مرکب داده‌های 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 نرم‌افزار آماری Mstat-C انجام شد.

نتایج و بحث

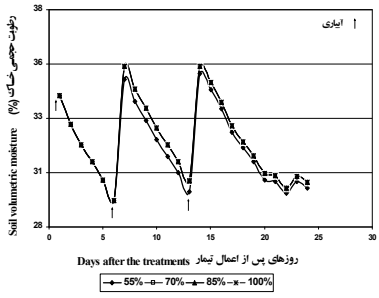
نتایج نشان داد که بین مراحل چهارگانه رشد چغندرقند از نظر عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند قابل استحصال تفاوت معنی داری درسطح احتمال یک درصد وجود داشت. از لحاظ میزان قند و میزان

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-24]

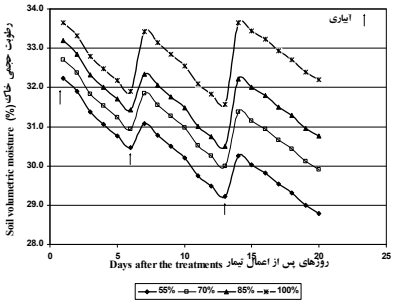
[DOR: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.1.4]



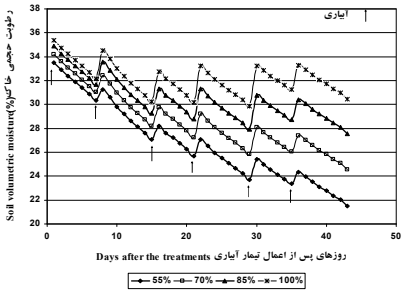
B. Second growth stage ب- مرحله دوم رشد



A. First growth stage الف- مرحله اول رشد



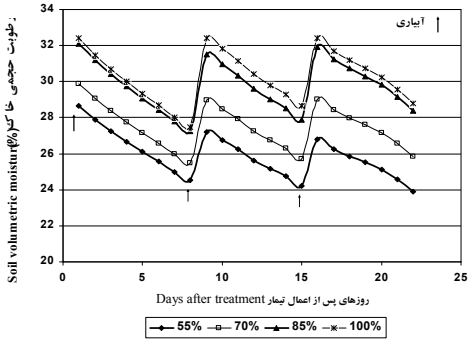
D. Fourth growth stage د- مرحله چهارم رشد



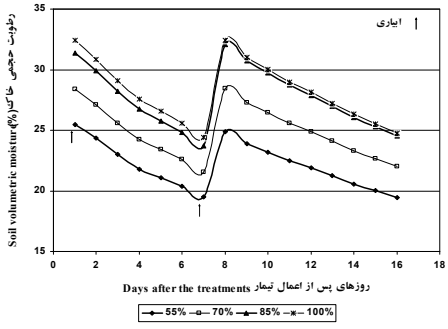
C. Third growth stage ج- مرحله سوم رشد

شکل ۱- تغییرات درصد رطوبت حجمی خاک درتیمارهای آبیاری و مراحل مختلف رشد چغندرقند در سال ۱۳۸۳

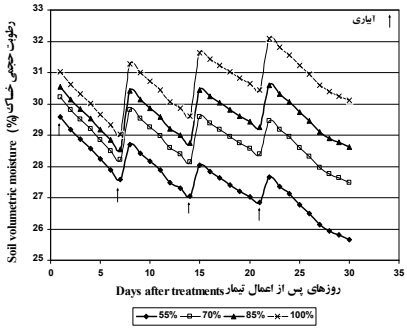
Fig. 1. Volumetric moisture change at irrigation levels and growth stages of sugar beet in 2004



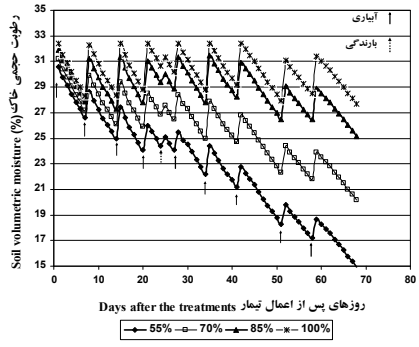
B. Second growth stage ب- مرحله دوم رشد



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 درتیمارهای آبیاری و مراحل مختلف رشد چغندرقند در سال ۱۳۸۴

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.1.4]

جدول۱- خصوصیات فیزیکی وشیمیایی 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 ($g.cm^{-3}$)	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 خنثی‌شونده T.N.V(%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)
2004	0.42	10.5	1.0	350	10.5
2005	0.70	6.0	0.7	235	4.0

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

با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل دو تیمار مراحل چهارگانه رشد چغندرقند و سطوح آبیاری برای عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند قابل استحصال، تجزیه واریانس مرکب تکمیلی به صورت برش دهی سطوح آبیاری در هریک از مراحل رشد جداگانه انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان دادکه در مرحله سوم رشد چغندرقند برای هر سه صفت مذکور بین تیمارهای آبیاری در سطح یک درصد تفاوت معنی‌دار بود، لیکن در سه مرحله دیگر بین تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین بین تیمار های مختلف آبیاری در مرحله سوم رشد نشان داد که تیمار آبیاری ۵۵ درصد(I_1) و ۷۰ درصد(I_2) نسبت به آبیاری کامل (I_4) بدلیل کم آبیاری طولانی مدت، منجر به کاهش معنی‌دار 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_3) و ۱۰۰ درصد (I_4)) کاهش معنی‌داری در عملکرد ریشه و عملکرد قند بوجود نیامد. بین سطوح مصرف آب برای عملکرد ریشه و عملکرد قند در مرحله اول، دوم وچهارم تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۴). بنابراین می توان در مرحله، دوم وچهارم تا ۴۵ درصد و مرحله سوم تا ۱۵ درصد، آبیاری کمتری انجام داده و در مصرف آب چغندرقند صرفه‌جویی نمود، زیرا درصد افت محصول کمتر از درصد آب کسر شده می باشد. این موضوع با نتایج الکایسی و برونر (Al – Kaisi 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 هریک از مراحل رشد در شکل ۳ ارائه شده است. حجم آب مصرفی در مرحله سوم رشد با سطح آبیاری ۵۵ درصد (I_1) (۷۶۵۷ متر مکعب در هکتار)کمترین میزان مصرف آب را بین تیمار ها داشت، درحالیکه سطح آبیاری ۱۰۰ درصد (I_4) 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.1.4]

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

			میانگین مربعات (MS)										
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	عملکرد ریشه Root yield	میزان قند Sugar content	پتاسیم K	سدیم Na	نیتروژن 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^{ns}	22.72**	5.44**	29.49**	264.90**	0.01^{ns}	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^{ns}	0.01^{ns}	1.53*	4.13^{ns}	7.12**	8.02^{ns}	0.08^{ns}	16.08**	13.97**
Y×A	مراحل رشد × سال	3	44.79^{ns}	3.71*	0.09^{ns}	0.06^{ns}	0.24^{ns}	0.64^{ns}	4.08*	2.85^{ns}	0.02^{ns}	0.31^{ns}	0.17^{ns}
$Error_a$	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^{ns}	0.13^{ns}	0.01^{ns}	0.26^{ns}	2.34*	0.73^{ns}	0.80^{ns}	0.03^{ns}	9.02**	6.91**
Y×B	آبیاری× سال	3	30.82^{ns}	0.82^{ns}	0.15^{ns}	0.01^{ns}	0.17^{ns}	1.80^{ns}	0.76^{ns}	1.01^{ns}	0.04^{ns}	1.38^{ns}	1.05^{ns}
B×A	آبیاری× مراحل رشد	9	62.65*	0.21^{ns}	0.09^{ns}	0.01^{ns}	0.16^{ns}	1.29^{ns}	0.20^{ns}	0.64^{ns}	0.02^{ns}	3.01*	2.39*
	Y×B×A	9	55.26^{ns}	0.60^{ns}	0.13^{ns}	0.01^{ns}	0.17^{ns}	1.47^{ns}	0.63^{ns}	0.82^{ns}	0.02^{ns}	2.38^{ns}	1.81^{ns}
$Error_b$	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

ns : غیر معنی‌دار

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

* و **: معنی‌دار درسطوح احتمال پنج و یک درصد

:

جدول۳- 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

			میانگین مربعات (MS)											
			مرحله اول (S1)			مرحله دوم (S2)			مرحله سوم (S3)			مرحله چهارم (S4)		
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد قند Sugar yield	عملکرد قند قابل استحصال White sugar yield	عملکردریشه 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^{ns}	24.57^{ns}	16.32^{ns}	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^{ns}	0.84^{ns}	0.72^{ns}	53.25^{ns}	1.44^{ns}	1.01^{ns}	329.10**	13.65**	10.46**	35.55^{ns}	1.29^{ns}	1.18^{ns}
Y×B	سال×آبیاری	3	30.10^{ns}	0.63^{ns}	0.55^{ns}	49.23^{ns}	1.74^{ns}	1.29^{ns}	38.12^{ns}	1.99^{ns}	1.39^{ns}	39.21^{ns}	2.26^{ns}	1.80^{ns}
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

ns : غیر معنی دار :

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

* و **: معنی‌دار درسطوح احتمال پنج و یک درصد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.1.4]

جدول۴- مقایسه میانگین عملکرد وکیفیت 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

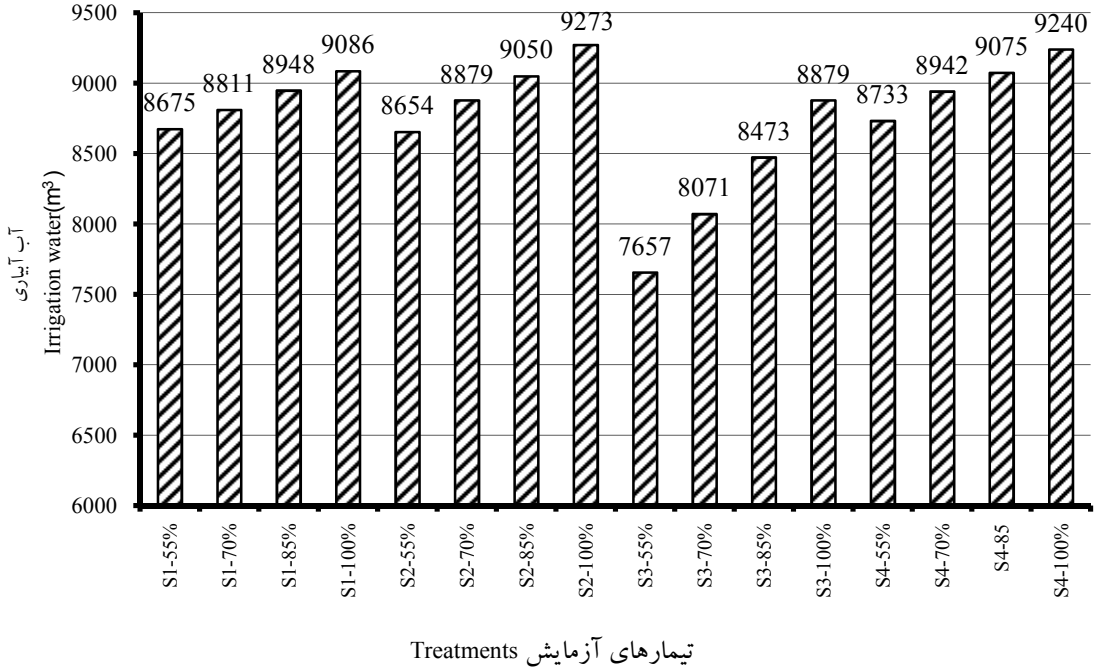
	مرحله اول (S1)			مرحله دوم (S2)			مرحله سوم (S3)			مرحله چهارم (S4)		
تیمارهای آبیاری Irrigation	عملکرد ریشه Root yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد قند Sugar yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد قند قابل استحصال White sugar yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد ریشه Root yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد قند Sugar yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد قند قابل استحصال White sugar yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد ریشه Root yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد قند Sugar yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد قند قابل استحصال White sugar yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد ریشه Root yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد قند Sugar yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد قند قابل استحصال White sugar yield ($t.ha^{-1}$)
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

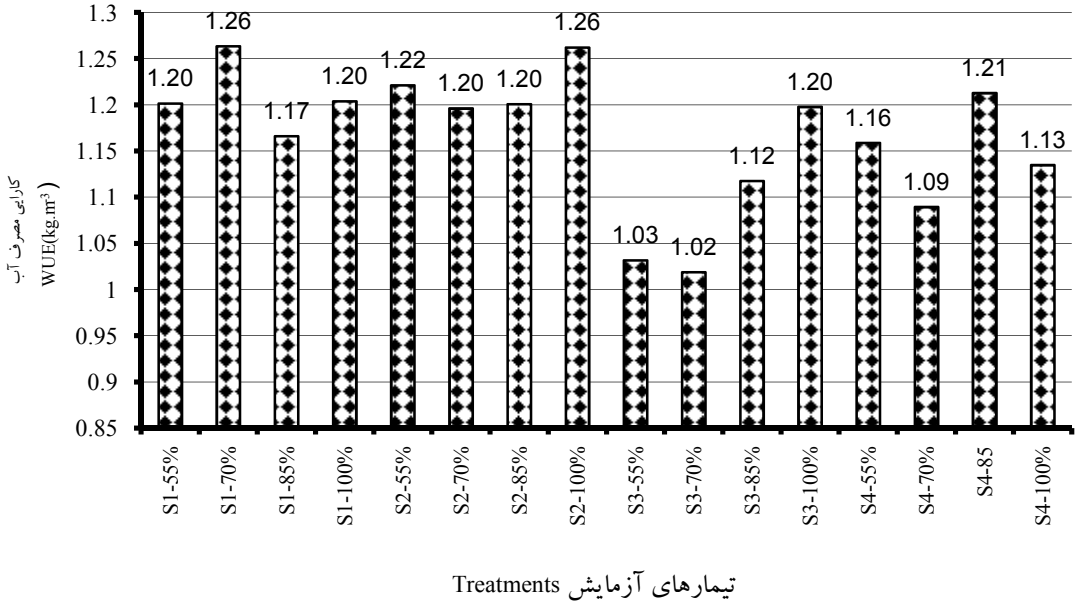
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.1.4]



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



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

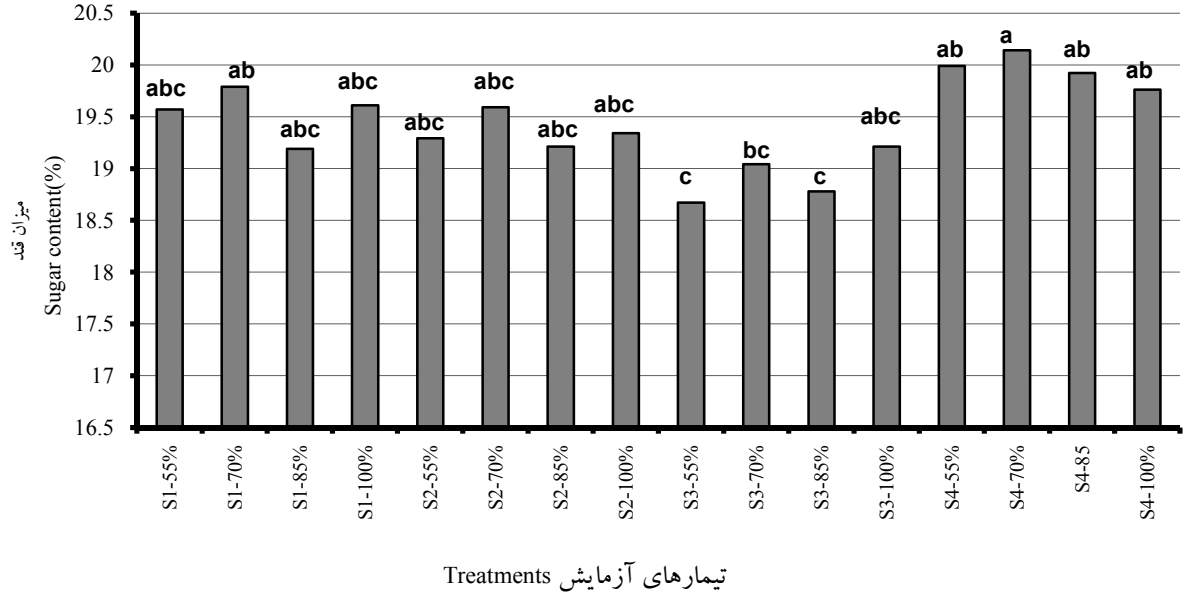
صدمات ناشی از کمبود آب گردید. این موضوع با نتایج کردا (Kirda, 2002) مطابقت داشت. کاهش مصرف آب وتفاوت ناچیز وغیر معنی دار در عملکرد ریشه وعملکرد قند، باعث افزایش کارایی مصرف آب

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.1.4]

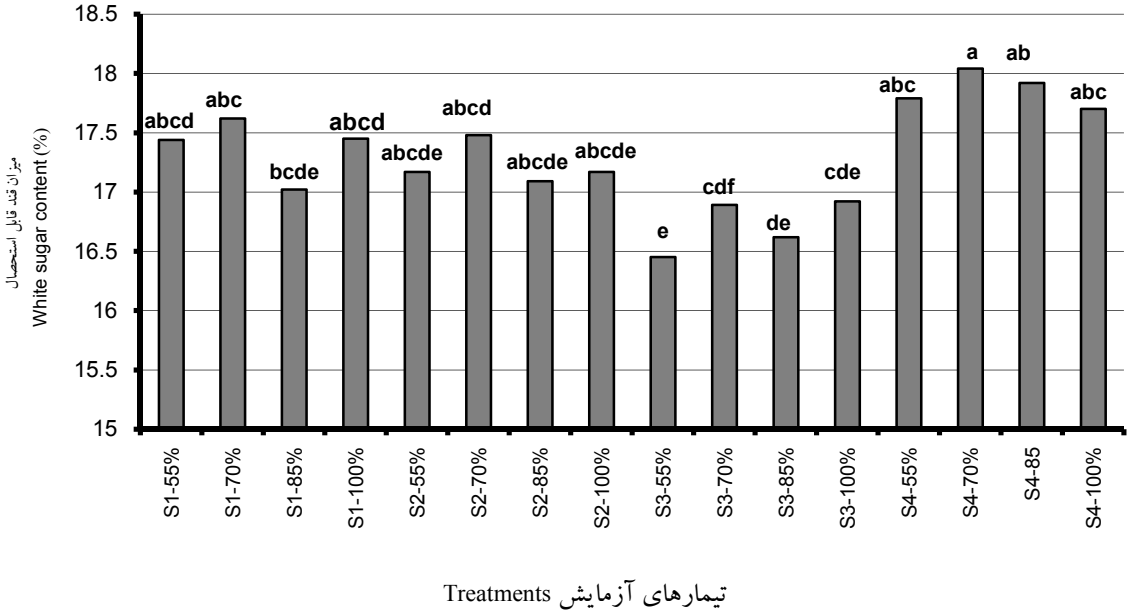
و افزایش عملکرد به ازاء هر واحد آب آبیاری شد. این موضوع با نتایج ارائه شده توسط کردا (Kirda, 2002) مطابقت داشت.

هرچند کاهش آب آبیاری در مرحله سوم بیشترین کاهش عملکرد ریشه وعملکرد قند را به همراه داشته لیکن این کاهش در اثر حساسیت بیشتر این مرحله به تنش نبوده، بلکه بدلیل طولانی بودن این مرحله از نظر طول دوره رشد ومتعاقب 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



شکل ۵- مقایسه میانگین میزان قند درتیمارهای کم آبیاری در مراحل چهار گانه رشد چغندرقند

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



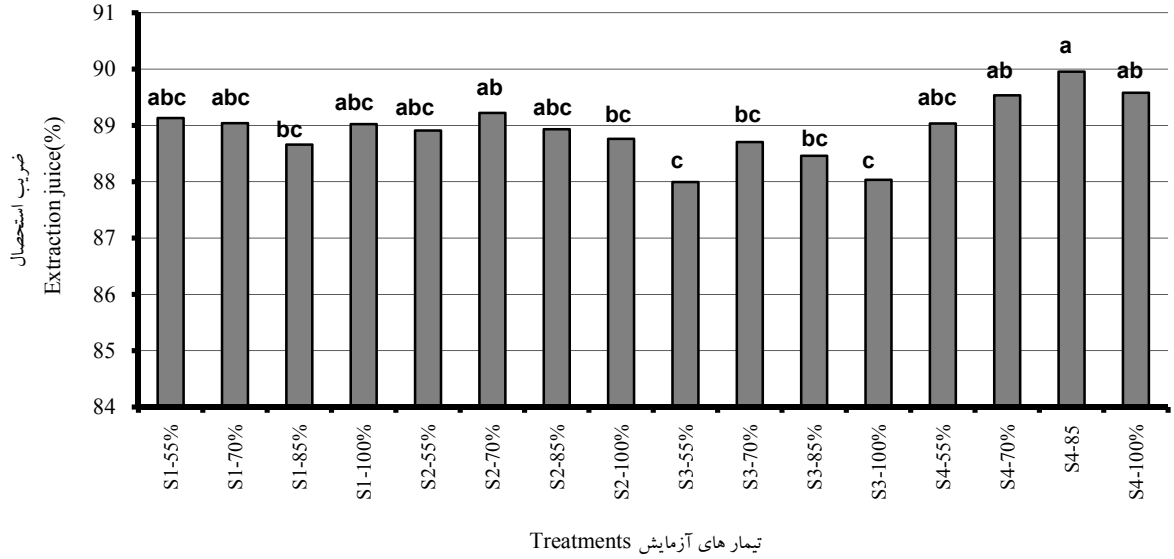
شکل ۶- مقایسه میانگین میزان قند قابل استحصال درتیمارهای کم آبیاری در مراحل چهار گانه رشد چغندرقند

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-24]

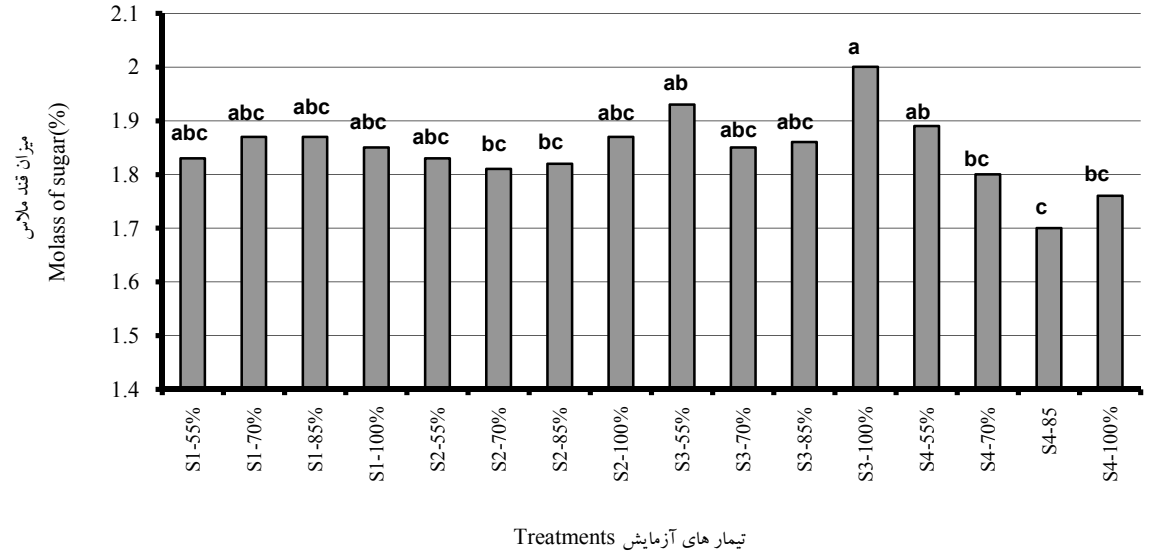
[DOR: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.1.4]

وکسام (Doorenbos and Kassam,1979) مطابقت داشت، اما با گزارش یوکان وجنگلان (Ucan and.Gencoglan, 2004) و حقیقت و همکاران (Haghighat *et al*., 1999) مغایرت داشت. از لحاظ کارایی مصرف آب نیز بدلیل کاهش معنی‌دار عملکرد قند در مرحله سوم رشد، سطح آبیاری ۵۵ درصد (I_1) نسبت به سطح آبیاری ۱۰۰ درصد (I_4)، ۱۴ درصد کاهش داشت (شکل ۴). مقایسه میانگین تیمارها برای میزان قند، میزان قند سفید و ضریب استحصال نشان داد که میانگین تیمارها در گروه‌بندی‌های متفاوتی قرار گرفتند. بیشترین میزان قند و میزان قند سفید مربوط به تیمار ۷۰ درصد در مرحله S_4 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_3 به ترتیب



شکل ۷- مقایسه میانگین ضریب استحصال درتیمارهای کم آبیاری در مراحل چهار گانه رشد چغندرقند

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



شکل ۸- مقایسه میانگین قند ملاس درتیمارهای کم آبیاری در مراحل چهار گانه رشد چغندرقند

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.1.4]

با ۱۸/۶۷ و ۱۶/۴۵ درصد در گروه آماری مختلف قرار گرفتند (شکل‌های ۵ و۶). تیمارهای کم آبیاری در مرحله سوم رشد باعث کاهش کیفیت عصاره ریشه چغندرقند گردید.

بالاترین میزان ضریب استحصال به تیمار ۸۵ درصد در مرحله S_4 و کمترین آن به مرحله سوم مربوط بود (شکل ۷). مقایسه میانگین ناخالصی‌های پتاسیم، سدیم و آلفا آمینو نیتروژن نشان داد که کمترین ناخالصی مربوط به تیمار ۸۵ در مرحله S_4 مربوط بود. بیشترین ناخالصی به تیمار ۵۵ درصد در مرحله S_3 تعلق داشت. به طور کلی مرحله چهارم به غیر از تیمار ۵۵ درصد مرحله S_4، کمترین ناخالصی‌ها را در عصاره ریشه رشد چغندرقند نسبت به سه مرحله دیگر باعث افزایش ناخالصی‌های ریشه چغندرقند از جمله پتاسیم و چغندرقند 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 چغندرقند در مرحله یک، دو، سه وچهارم برای عملکرد ریشه به ترتیب ۱/۰۵، ۰/۸۲، ۰/۹ و۰/۷۷ محاسبه شد. ضریب حساسیت چغندرقند در مرحله یک، دو، سه وچهارم برای عملکرد شکر به ترتیب ۱/۲۳، ۱/۰۲، ۱/۰۶ و۰/۸۴ بود. ضریب حساسیت چغندرقند در کل دوره رشد برای عملکرد ریشه وشکر به ترتیب ۰/۸۸و۱/۰۳ بدست آمد. بنابراین مشخص می شود که مرحله اول رشد چغندر قند حساس‌ترین مرحله رشد به کم آبیاری می باشد. این موضوع با نتایج تحقیقات سایر پژوهشگران ازجمله الکایسی و برونر (Al – Kaisi and Broner, 2002) و دورنباس وکسام (Doorenbos and Kassam,1979) مطابقت دارد. علت تفاوت در مقدار ضریب حساسیت بالاتر در مرحله اول نسبت به مرحله سوم وعدم وجود تفاوت معنی‌دار در عملکرد در مرحله اول که بایستی 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 وحداکثر تبخیر وتعرق 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 وتعرق واقعی، نسبت به کمبود نسبی عملکرد به کمبود نسبی تبخیر و تعرق واقعی در نظر گرفته می‌شود و فقط عملکرد ملاک مقدار حساسیت نمی‌باشد. بنابراین مقدار حساسیت واقعی بین مراحل مختلف رشد را با توجه به رابطه بین کمبود نسبی عملکرد به کمبود نسبی تبخیر و تعرق واقعی می‌توان بهتر ارزیابی و مقایسه نمود.

نتیجه گیری

در برخی از مراحل رشد گیاه چغندر قند می‌توان 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 شبکه‌های آبیاری، با افزایش منطقی سطح زیر کشت با ثابت نگه‌داشتن مصرف مقدار مشخصی آب، می‌توان میزان تولید را افزایش داد. به عبارت دیگر می‌توان با اعمال کم آبیاری و کاهش میزان معینی از آب مورد نیاز در مرحله‌ای 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 معنی‌دار در عملکرد قند قابل استحصال، در زراعت چغندر قند قابل توصیه می باشد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.1.4]

References **منابع مورد استفاده**

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 – Kaisi, M. M. and I. Broner. 2002 . Crop water use and growth stages. In 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., 7th 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 multigerm sugar beet resistant to bolting in Dezfoul. Proceedings of 4th Iranian Crop Science, Isfehan, 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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.1.4]

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

Mirzaei, M. R.[1] and S. M. Rezvani[2]

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 × 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1391.14.2.1.4]