

تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی چغندر قند

Effect of drought stress in different growth stages on yield and some physiological properties of sugar beet

محمد رضا میرزایی^۱، سید معین الدین رضوانی^۱ و جواد گوهری^۲

م.م. میرزایی، م.ا. رضوانی و ج. گوهری. ۱۳۸۴. تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی چغندر قند. چغندر قند ۲۱(۱): ۱۴-۱

چکیده

به منظور تعیین اثرات تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد چغندر قند و استفاده بهینه از آب، تحقیقی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و چهار تکرار از بهار سال ۱۳۷۹ به مدت دو سال در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات کشاورزی استان همدان اجراء شد. یکی از فاکتورها، قطع آبیاری در سه مرحله رشد (S_1 تا S_3) و فاکتور دیگر تعداد دفعات قطع آبیاری در چهار سطح (I_1 تا I_4) بود. علاوه بر دوازده تیمار ترکیبی مذکور، یک کرت شاهد بدون تنش نیز منظور شد. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر متقابل مراحل مختلف رشد در سال از نظر عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند قابل استحصال در سطح پنج درصد و اثر متقابل تعداد دفعات قطع آبیاری در سال از لحاظ صفت عملکرد ریشه معنی‌دار بود. اثر متقابل رطوبت نسبی برگ و درصد رطوبت وزنی خاک در سال در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل مراحل مختلف رشد در سال از نظر صفات کارایی مصرف آب برای عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند قابل استحصال در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین دوساله کارایی مصرف آب در برداشت نهایی نشان داد که بالاترین کارایی مصرف آب مربوط به تیمار S_1I_2 (دو بار قطع آبیاری در مرحله رشد برگ) و حداقل آن مربوط به تیمار S_2I_4 (چهار بار قطع آبیاری در مرحله رشد ریشه) بود. هم‌چنین مشخص گردید که قطع آبیاری بیش از یک مرحله در مراحل مختلف رشد چغندر قند، باعث کاهش عملکرد کمی چغندر قند می‌شود. به طور کلی، تنش رطوبتی باعث کاهش کمی عملکرد ریشه و عملکرد قند شد. البته مقدار تأثیر تنش خشکی بستگی به زمان و شدت تنش داشت. کاهش عملکرد ریشه و قند ناشی از تنش در مرحله رشد ریشه و مرحله ذخیره‌سازی قند شدیدتر بود.

واژه‌های کلیدی: آب نسبی برگ، تنش آبیاری، چغندر قند، درصد رطوبت خاک، عملکرد، کیفیت، کارایی مصرف آب، ماده خشک اندام هوایی، مراحل رشد

۱ - عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان

۲ - عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات چغندر قند

مقدمه

در شرایط آب و هوایی ایران مصرف بهینه آب در تولید محصولات کشاورزی به عنوان یکی از مهمترین عوامل محیطی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان از اهمیت خاصی برخوردار است (جهاداکبر و ابراهیمیان ۱۳۷۷). مقدار آب در خاک برای رشد مطلوب گیاه باید در حد بهینه باشد و کمبود آب، رشد گیاه را کاهش می‌دهد. محدودیت رطوبت در خاک از طریق کاهش سطح برگ و متعاقب آن کاهش فتوسنتز و کاهش انتقال مواد بر رشد گیاهان زراعی مؤثر خواهد بود (سرمندیا و کوچکی ۱۳۶۸).

کم آبیاری یکی از راه‌های به حداکثر رساندن کارایی مصرف آب و بالابردن عملکرد به ازاء یک واحد آب مصرفی می‌باشد. در روش کم آبیاری، محصول در یک مرحله خاص رشد و یا در تمام فصل رشد تحت تنش آبی قرار می‌گیرد (Kirda 2002). در تنش خشکی، سیستم ریشه لایه‌های سطحی خاک را خشک می‌نماید (۹۹٪ آب قابل استحصال در ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک در تابستان به وسیله ریشه‌ها جذب می‌شود)، در نتیجه جذب آب به تدریج از قسمت‌های پایین‌تر پروفیل خاک صورت خواهد گرفت. در این شرایط، ریشه‌های نزدیک سطح خاک می‌میرند، لیکن با مرطوب شدن دوباره خاک ریشه‌های جدیدتر به سرعت رشد می‌کنند و جذب آب دوباره شروع می‌شود. وقتی که تمام آب قابل استفاده از قسمتی از خاک گرفته شود، مواد غذایی در این قسمت از پروفیل خاک غیرقابل استفاده می‌گردد (کوک و اسکات ۱۳۷۷). چغندر قند از

نظر نیاز آبی به سه مرحله‌ی رشد برگ، رشد ریشه و تشکیل قند تقسیم می‌شود (Delibaltov and Sarkizov 1974). حدود پتانسیل ماتریک جهت آبیاری چغندر قند به منظور نیل به حداکثر تولید بین ۴۰- تا ۶۰- سانتی‌بار گزارش شده است (Hanks and Ashcroft 1980). در صورتی که تنش رطوبتی در مرحله‌ای از رشد و یا کل دوره رشد گیاه به وجود آید، بخشی از فعالیت‌های فیزیولوژیکی آن مختل شده و منجر به کاهش محصول می‌گردد (رحیمیان ۱۳۷۷).

در سال ۱۹۹۱ در انگلستان نه رژیم متفاوت آبیاری - شامل تیمار بدون آبیاری تا تیماری که در آن کمبود رطوبت خاک از ۳۵ میلی‌متر تجاوز نمی‌کرد- با رقم رجینای چغندر قند در خاک‌های شنی لومی مورد ارزیابی قرار گرفت. عملکرد قند از ۶/۸۲ تن در هکتار در تیمار بدون آبیاری به ۱۰/۷۸ تن در هکتار در تیمار با حداکثر میزان آبیاری رسید. عملکرد ارتباط نزدیکی با آب مصرفی و تبخیر و تعرق داشت (Croves and Bailey 1994). در مطالعه‌ای روی چغندر قند که تحت سه رژیم آبیاری و کاربرد NPK (۱۲۰+۹۰+۹۰، ۱۲۰+۱۲۰+۱۲۰ + ۱۸۰ و ۱۸۰ + ۱۸۰ + ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) انجام شد، بیشترین میزان آبیاری در ترکیب با کمترین میزان NPK، درصد قند ملاس را کاهش داد و در نهایت عملکرد شکر قابل استحصال افزایش یافت (Andonov 1984).

آبیاری بر اساس ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد تبخیر از تشتک کلاس A و چهار سطح کود نیتروژنه (صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار) بررسی کردند. نتایج نشان داد اثر مقادیر کود نیتروژنه از صفر الی ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار بر روی درصد قند و عملکرد ریشه معنی‌دار نبود. اما تأثیر رژیم‌های آبیاری بر روی عملکرد ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد ریشه با مصرف ۸۶۰ میلی‌متر آب بر اساس ۸۰ درصد تبخیر از تشتک در طول فصل رشد به دست آمد. علی‌رغم این نتیجه، درصد قند و عملکرد قند خالص با کاهش آب آبیاری تا ۶۰۰ میلی‌متر تغییری نیافت و عملکرد قند ناخالص با مصرف آب بیشتر (۸۶۰ میلی‌متر) افزایش یافت.

توکلی و فرداد (۱۳۷۵) در مطالعه‌ی خود، بهینه‌سازی کم آبیاری براساس توابع تولید، هزینه و قیمت چغندر قند در کرج را بررسی و بیان کردند که آبیاری کامل، بالاترین میزان عملکرد ریشه (۵۹/۱ تن در هکتار) را به دنبال داشت، اما به دلیل بالا رفتن هزینه‌ها و کاهش عیار قند، سود خالص کاهش می‌یابد. در کم آبیاری، با کاهش ۳۱/۳ درصد آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل، اگرچه عملکرد به میزان ۱۳/۸ درصد کاهش یافت؛ اما سود خالص نهایی تغییر معنی‌داری نداشت و اعمال این روش بالاترین میزان درآمد خالص به ازاء هر واحد آب مصرفی را تولید کرد. اکبری (۱۳۷۷) در مطالعه‌ای اثر کم آبیاری بر عملکرد چغندر قند را بررسی کرد و نتیجه گرفت با کاهش ۳۰ درصد آب مصرفی، میزان

در تحقیق دیگری تأثیر تیمارهای بدون آبیاری و آبیاری به میزان ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه، روی تشکیل بافت ذخیره‌ای چغندر قند، مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که تعداد سلول‌ها در بین لایه‌های کامبیوم و لایه قهوه‌ای خارجی در تیمار آبیاری شده نسبت به تیمار بدون آبیاری بیشتر بود. اما بین توسعه بافت پارانشیمی و استفاده از آب همبستگی وجود نداشت (Crivineanu 1994).

در انگلستان دو تنش خشکی زود هنگام (خرداد و تیر) و دیر هنگام (نیمه مرداد تا نیمه مهر) در مزرعه چغندر قند اعمال شد. تنش زود هنگام، سیستم ریشه را تحت تأثیر قرار داد و بسیاری از ریشه‌ها تا عمق ۶۰ سانتی‌متر عمق خاک از بین رفتند و توسعه سیستم ریشه زیر این عمق به آرامی صورت گرفت. هم‌چنین توسعه سایه‌انداز کند شده و دریافت تشعشع کاهش یافت. تنش دیر هنگام تقریباً اثر کمی روی ریشه داشت به جز ریشه‌هایی که در قسمت سطحی خاک قرار گرفته بودند. مقدار آب قابل استفاده در لایه‌های مختلف خاک خیلی زود تخلیه شد که نتیجه این تنش کم آبی، ریزش زود هنگام برگ‌ها بود. اندازه جذب تشعشع نور خورشید و عملکرد ماده خشک در هر دو تیمار تنش کاهش یافت. تنش زود هنگام بیشترین کاهش در جذب نور و هم‌چنین کاهش عملکرد قند را باعث شد (Brown 1987).

حقیقت و همکاران (۱۳۷۸) در مطالعه‌ای تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر چغندر قند را در سه سطح

فاکتور دوم تعداد دفعات قطع آبیاری در هر مرحله از رشد چغندر قند شامل یک تا چهار مرحله قطع آبیاری (I_1 تا I_4) نسبت به شاهد، بود.

علاوه بر دوازده تیمار مذکور یک تیمار شاهد بدون تنش در نظر گرفته شد. زمان آبیاری تیمار شاهد بر اساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر وقتی مقدار آن بین دو آبیاری به ۸۰-۶۰ میلی‌متر رسید، تعیین گردید. ارتفاع آب آبیاری بر اساس اندازه‌گیری رطوبت خاک در تیمار شاهد و رساندن آن به ظرفیت مزرعه محاسبه و اعمال شد. میزان آب ورودی و خروجی در هر مرحله آبیاری به وسیله فلوم‌های W.S.C اندازه‌گیری شد. اندازه هر واحد آزمایشی ده خط کشت به طول ده متر و فاصله خطوط ۶۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. رقم مورد استفاده بذر منورژم تکنیکی ۷۲۳۳ بود. تاریخ و میزان بارندگی از زمان کشت تا برداشت یادداشت برداری شد. رطوبت خاک در هر یک از تیمارهای تنش پس از اعمال آن و قبل از آبیاری با نمونه‌گیری از خاک در عمق ۵۰-۰ سانتی‌متر به وسیله آگر تعیین گردید. نمونه‌گیری از برگ‌های میانی بوته‌های تیمار تحت تنش آب نیز قبل از آبیاری به منظور تعیین رطوبت نسبی برگ (RWC) (Relative Water Content) انجام شد.

به منظور تعیین رطوبت نسبی برگ، ابتدا قرص‌هایی به قطر تقریباً یک سانتیمتر (به وسیله چوب‌پنبه سوراخ‌کن فلزی) تهیه و قرص برگ‌های تهیه شده توزین، سپس قرص برگ‌ها را در داخل یک بشر قرار داده و بر روی آن به اندازه کافی آب مقطر ریخته شد و به مدت چهار ساعت در این حالت باقی

عملکرد ۱۰ درصد کاهش یافت، اما با افزایش درصد قند، کاهش محصول ریشه جبران شد، به طوری که عملکرد قند تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشت.

وزیری (۱۳۷۷) اثر مقدار و دور آبیاری بر عملکرد چغندر قند و کیفیت آن را مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه آبیاری پس از ۵۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک کلاس A انجام و رطوبت خاک تا عمق مؤثر ریشه (۶۰ سانتی‌متر) به حد ظرفیت مزرعه رسانیده شد. نتایج نشان داد که اثر آبیاری بر عملکرد ریشه چغندر قند در سطح پنج درصد معنی‌دار بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق از بهار سال ۱۳۷۹ به مدت دو سال در یک قطعه زمین در ایستگاه اکباتان در مرکز تحقیقات کشاورزی همدان که نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در جدول شماره یک آمده است، به صورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد.

فاکتور اول اعمال تنش آبی در مراحل مختلف رشد چغندر قند شامل:

S₁- مرحله رشد برگ (۱۰-۸ برگی یا تقریباً تا شش هفته پس از کشت)

S₂- مرحله رشد ریشه (بعد از ۱۰-۸ برگی)

S₃- مرحله ذخیره‌سازی قند در ریشه (اواخر دوره رشد)

رشد ریشه (S_2) و مرحله ذخیره‌سازی قند (S_3) بود (شکل ۱). افزایش رطوبت نسبی برگ با افزایش تعداد قطع آبیاری ممکن است در اثر بسته شدن روزنه‌ها برای جلوگیری از تعرق صورت گرفته باشد. البته بسته شدن روزنه‌ها حرکت گازها را در دو جهت تحت تأثیر قرار می‌دهد. ورود دی‌اکسیدکربن برای عمل فتوسنتز و خروج آب به صورت تعرق هر دو به تدریج کاهش می‌یابند (کوک و اسکات ۱۳۷۷). نتایج تجزیه واریانس مرکب در پایان رشد برگی (برداشت مرحله اول)، نشان داد که اثر متقابل تیمار در سال از نظر عملکرد کمی ریشه چغندر قند شامل عملکرد ریشه (RY)، عملکرد قند (SY) و عملکرد قند قابل‌استحصال (WSY) معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین اثر متقابل تیمار در سال در مرحله رشد برگی از نظر عملکرد اندام هوایی و درصد ماده خشک آن در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. اما از لحاظ درصد ماده خشک ریشه اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۳).

عملکرد ریشه، قند و قند قابل‌استحصال با افزایش تعداد دفعات قطع آبیاری کاهش یافت و در گروه‌های مختلف آبیاری قرار گرفتند (شکل‌های ۲ و ۳). نتایج تجزیه مرکب در پایان مرحله رشد ریشه (برداشت مرحله دوم) نشان داد که صفات کمی شامل عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند قابل‌استحصال بین تیمارها در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. بین تیمارها از نظر عملکرد اندام هوایی و درصد ماده خشک آن تفاوت معنی‌داری وجود

ماند. بعد از این مرحله، قرص برگ‌ها را از بشر خارج و جهت آبیاری جزئی در داخل آبکش قرار داده و سپس توزین شد.

جهت تعیین وزن خشک، نمونه‌ها را در داخل آون در دمای 85°C به مدت ۴۸ ساعت قرار داده، سپس نمونه‌ها از آون خارج و توزین شدند. رطوبت نسبی برگ توسط فرمول زیر محاسبه شد (حبیبی ۱۳۷۲):

$$\text{رطوبت نسبی برگ} = \frac{\text{وزن خشک گیاه} - \text{وزن تر گیاه}}{\text{وزن خشک گیاه} - \text{وزن آماس شده گیاه}} \times 100$$

در هنگام برداشت در هر مرحله پس از حذف ریشه‌های حاشیه، نمونه‌گیری از اندام هوایی و ریشه هریک از تیمارها پس از اعمال تنش در سه مرحله تهیه و اندازه‌گیری مربوط به وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه و هم چنین پولپ ریشه جهت تعیین عیار قند، تهیه شد. سطح نمونه‌گیری در مرحله اول و دوم پس از حذف حاشیه، از یک خط به طول هشت متر بود به منظور به دست آوردن تأثیر تنش خشکی در برداشت مرحله سوم (نهایی) از دو خط وسط کرت به طول هشت متر انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه مرکب دو ساله داده‌های آزمایش باتوجه به تصادفی بودن اثر سال و ثابت بودن اثر تیمار با محاسبه امید ریاضی، نشان داد که اثر متقابل رطوبت نسبی برگ و درصد رطوبت وزنی خاک در سطح یک درصد، معنی‌دار بود (جدول ۲). رطوبت نسبی برگ در مرحله رشد برگی (S_1) بیشتر از مرحله

قند و قند قابل‌استحصال معادل ۲/۷۴، ۰/۵۴ و ۰/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب و حداقل آن مربوط به تیمار S_2I_4 به ترتیب با کارایی مصرف آب عملکرد ریشه، قند و قند قابل‌استحصال معادل ۱/۹۹، ۰/۳۴۲ و ۰/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود.

عملکرد کمی چغندر قند شامل عملکرد ریشه، عملکرد قند، عملکرد قند قابل‌استحصال و عملکرد اندام‌هوایی در تمام مراحل مختلف رشد چغندر قند با افزایش تعداد دفعات قطع آبیاری کاهش معنی‌دار نشان دادند. اما این میزان کاهش عملکرد کمی در مرحله رشد ریشه (S_2) بیشتر بود. با توجه به نتایج حاصل، سرعت رشد در اجزاء مختلف چغندر قند متفاوت است و قسمتی از گیاه که سرعت تجمع ماده خشک بیشتری دارد، عکس‌العمل آن به تیمارهای تنش شدیدتر بود. به عنوان مثال، کاهش عملکرد ریشه و قند در مرحله رشد ریشه در تیمار S_2I_4 (به ترتیب ۳۰/۵۱، ۵/۲۹ تن‌درهکتار) نسبت به S_2I_1 (به ترتیب ۴۱/۲۵ و ۸/۰۵ تن‌درهکتار) شدیدتر بود. کوک و اسکات (۱۳۷۷) بیان کردند که در زمان تنش خشکی، تغییراتی در برگ‌ها ایجاد می‌شود که شامل تأخیر در ظاهر شدن، توسعه کند، کاهش در فرآورده‌های فتوسنتزی و تسریع در پیری است. عرضه هیدروکربن‌ها از برگ‌ها به ریشه به عنوان عامل اصلی تعیین کننده رشد ریشه محسوب می‌شود. زمانی که تنش میزان آن را کاهش دهد ناگزیر رشد ریشه تنزل می‌یابد. همچنین براون در سال ۱۹۸۷ نیز بیان کرد که تنش زودهنگام، بیشترین کاهش عملکرد را

نداشت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها به روش LSD نشان داد که عملکرد ریشه، قند و قند قابل‌استحصال بین تیمارهای S_1I_1 ، S_1I_2 و S_2I_1 با تیمار شاهد معنی‌دار نبود، اما بین تیمار شاهد و بقیه‌ی تیمارها در سطح پنج درصد از لحاظ صفات مذکور اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (شکل‌های ۴ و ۵).

در برداشت مرحله نهایی (برداشت مرحله سوم)، اثر متقابل مراحل مختلف رشد در سال از نظر صفات عملکرد قند و عملکرد قند قابل‌استحصال در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). اثر متقابل تعداد دفعات قطع آبیاری در سال تنها از لحاظ صفت عملکرد ریشه معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح پنج درصد نشان داد که بیشترین عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند قابل‌استحصال مربوط به تیمار S_1I_1 به ترتیب با ۴۶/۸۰، ۹/۱۳ و ۷/۹۳ و کمترین مقدار به تیمار S_2I_4 به ترتیب با ۳۰/۵۱، ۵/۲۹ و ۴/۳۱ تن در هکتار تعلق داشت (شکل‌های ۶ و ۷).

تجزیه واریانس مرکب دو ساله نشان داد که اثر متقابل فاکتور مراحل مختلف رشد چغندر قند در سال بر کارایی مصرف آب، عملکرد ریشه و عملکرد قند قابل‌استحصال در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

مقایسه میانگین دو ساله کارایی مصرف آب در برداشت نهایی به روش دانکن در سطح پنج درصد نشان داد بالاترین کارایی مصرف آب مربوط به تیمار S_1I_2 به ترتیب با کارایی مصرف آب عملکرد ریشه،

چغندر قند باعث تنش رطوبتی در گیاه می‌شود و روند رشد فیزیولوژیکی گیاه را مختل می‌کند که صدمات وارد شده بر گیاه تا پایان فصل رشد قابل جبران نیست.

نسبت به تنش دیرهنگام داشته است که در واقع، نتیجه این تحقیق را تأیید می‌کند. بنابراین، کاهش عملکرد قند و قند قابل استحصال که محصول نهایی چغندر قند محسوب می‌شود، با قطع آبیاری بیش از یک مرحله در هر یک از مراحل مختلف رشد

جدول ۱ نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در دو سال زراعی
Table 1 Results of soil analysis in 0-30 cm depth of experimental farm, in two years

سال Year	بُر B	منگنز Mn	مس Cu	روی Zn	آهن Fe	بافت Texture	پتاسیم قابل جذب K _{ava.} (mg/kg)	فسفر قابل جذب P _{ava.} (mg/kg)	ازت کل N-Total (%)	کربن آلی O.C (%)	درصمواد خشی شونده T.N.V (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (ds/m)
1379	0.68	16.2	2.32	0.78	6.2	L*	280	10.5	0.09	0.92	8.4	7.85	0.72
1380	0.66	14.4	2.40	1.00	6.4	L*	310	25.6	0.04	0.36	8.5	8.3	0.55

* -Loam

جدول ۲ تجزیه واریانس مرکب رطوبت نسبی برگ (%RWC) و درصد وزنی رطوبت خاک (%SWC)

Table 2 Combined analysis of variance of leaf relative water content and soil water percentage

منابع تغییرات S. o. v		درجه آزادی Df	درصد رطوبت نسبی برگ %RWC(leaf)	درصد رطوبت وزنی خاک %W.C.(soil)
Year	سال	1	1234.07**	0.52 ^{ns}
Error1	اشتباه (۱)	6	8.20	1.22
Factor A	تیمار	12	174.41 ^{ns}	14.36**
Y*A	تیمار*سال	12	117.61**	12.98**
Error2	اشتباه (۲)	72	6.89	0.91
CV %			4.84	18.10

***, ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار.

***, **, ns: significant at %1, %5 level and non significant, respectively .

جدول ۳ تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده چغندر قند در برداشت مرحله اول (۸۰-۱۳۷۹)

Table 3 Combined analysis of variance of different traits of sugar beet at first harvesting stage (2000-2001)

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عملکرد اندام هوایی	درصد ماده خشک اندام هوایی	درصد ماده خشک ریشه	عملکرد قند	عملکرد قند قابل استحصال	
S. o. v	Df	R.Y.	L.W	L.D.M(%)	R.D.M(%)	S.Y.	W.S.Y.	
Year	سال	1	150.11*	0.44 ^{ns}	5.17*	46.94 ^{ns}	2.03**	0.75**
Error	اشتباه	6	11.96	8.35	0.86	17.18	0.11	0.05
Factor A	تیمار	4	68.33 ^{ns}	31.08 ^{ns}	2.91 ^{ns}	19.72 ^{ns}	0.88 ^{ns}	0.42 ^{ns}
Y*A	تیمار*سال	4	27.34*	15.26*	1.60*	21.10 ^{ns}	0.27*	0.09 ^{ns}
Error	اشتباه	24	8.99	4.66	0.56	27.81	0.10	0.05

***, **, ns به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار

***, **, ns: significant at %1, %5 level and non significant, respectively

جدول ۴ تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده چغندر قند در برداشت مرحله دوم (۸۰-۱۳۷۹)

Table 4 Combined analysis of variance for different traits of sugar beet at second harvesting stage (2000-2001)

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عملکرد اندام هوایی	درصد ماده خشک اندام هوایی	درصد ماده خشک ریشه	عملکرد قند	عملکرد قند قابل استحصال	
S. o. v	df	R.Y.	L.W.	L.D.M(%)	R.D.M(%)	S.Y.	W.S.Y.	
Year	سال	1	4027.56**	3.17 ^{ns}	13.53*	116.33	36.26**	10.61*
RY	تکرار*سال	6	84.83	13.18	1.74	6.09	1.79	1.36
Factor A	تیمار	8	278.87*	137.76 ^{ns}	3.91 ^{ns}	1.94 ^{ns}	6.99*	4.72*
YA	تیمار*سال	8	64.72 ^{ns}	62.39*	1.66 ^{ns}	2.97 ^{ns}	1.78 ^{ns}	1.08 ^{ns}
Error	اشتباه	48	41.24	25.55	1.05	1.97	1.11	0.74

***, **, ns به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار

***, **, ns: significant at %1, %5 level and non significant respectively

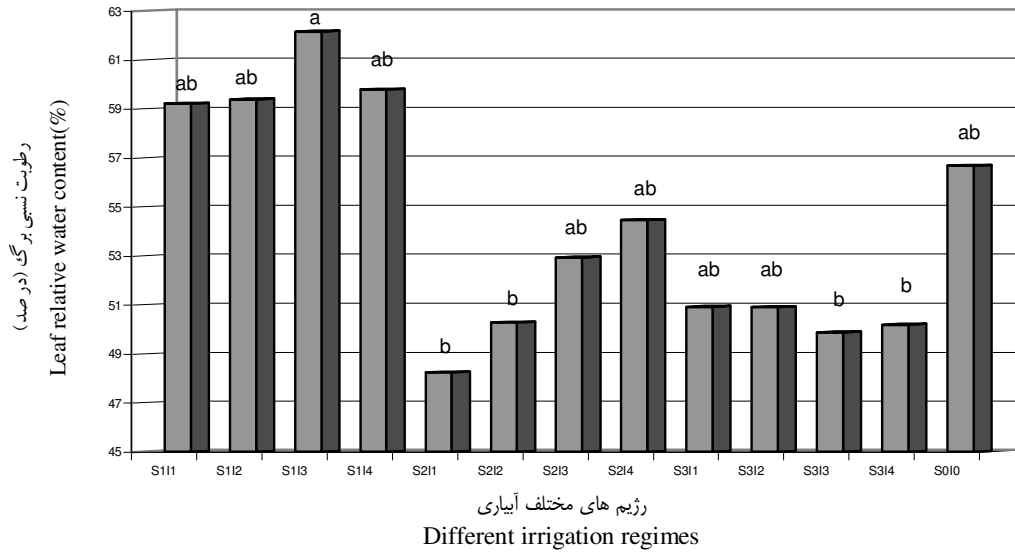
جدول ۵ تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف اندازه‌گیری شده چغندر قند در برداشت نهائی (۸۰-۱۳۷۹)

Table 5 Combined analysis of variance of sugar beet different measured traits (2000-2001)

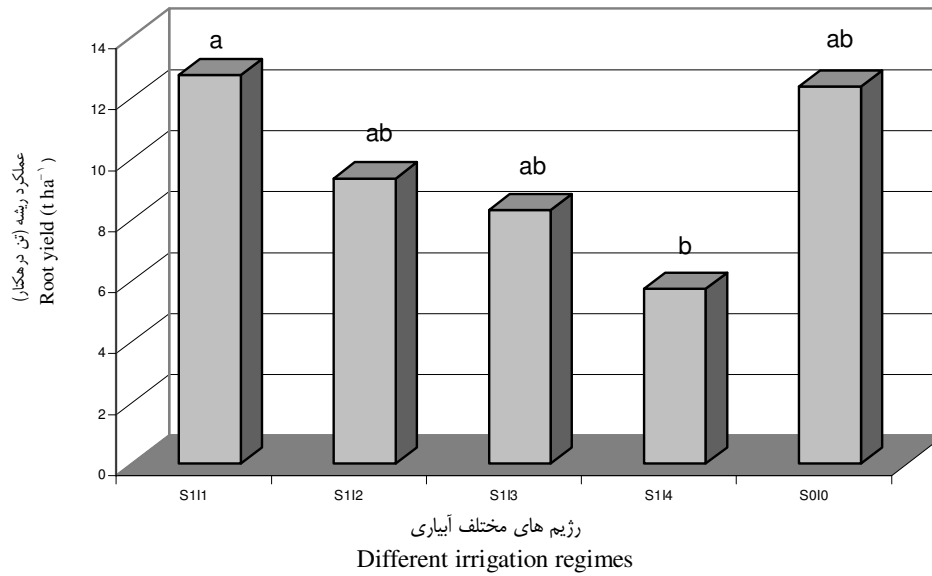
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عملکرد اندام هوایی	درصد ماده خشک اندام هوایی	عملکرد قند	عملکرد قند قابل استحصال	کارایی مصرف آب براساس عملکرد ریشه	کارایی مصرف آب براساس عملکرد قند	کارایی مصرف آب براساس عملکرد قند قابل استحصال	
S. o. v	df	R.Y.	L.W.	L.D(%)	SY	WSY	WUE(RY)	WUE(SY)	WUE(WSY)	
Year	سال	1	4083.97**	17.77 ^{ns}	0.61 ^{ns}	157.83**	84.67*	63.63**	2.34**	1.47**
R*Y	تکرار*سال	6	101.94	21.09	2.42	6.84	6.31	0.41	0.03	0.03
Factor A	مراحل رشد	2	298.49 ^{ns}	30.18 ^{ns}	2.29 ^{ns}	14.66 ^{ns}	12.59 ^{ns}	1.76 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.09 ^{ns}
YA	سال*مراحل رشد	2	182.39 ^{ns}	27.63 ^{ns}	1.84 ^{ns}	8.37*	6.75*	1.48**	0.07**	0.06**
Factor B	دفعات قطع آبیاری	3	606.91 ^{ns}	52.12 ^{ns}	0.10 ^{ns}	29.14 ^{ns}	25.88 ^{ns}	0.56**	0.03 ^{ns}	0.03 ^{ns}
YB	سال*دفعات قطع آبیاری	3	141.51*	22.24 ^{ns}	2.31 ^{ns}	5.17 ^{ns}	3.68 ^{ns}	0.42 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}
AB	مراحل رشد*دفعات قطع آبیاری	6	18.41 ^{ns}	53.18 ^{ns}	1.23 ^{ns}	0.96 ^{ns}	0.74 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}
YAB	سال*مراحل رشد*دفعات قطع آبیاری	6	25.08	34.31 ^{ns}	1.49 ^{ns}	1.14 ^{ns}	1.03 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}
Error	اشتباه	66	50.07	16.61	1.47	2.36	1.96	0.20	0.01	0.01

***, **, ns به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار

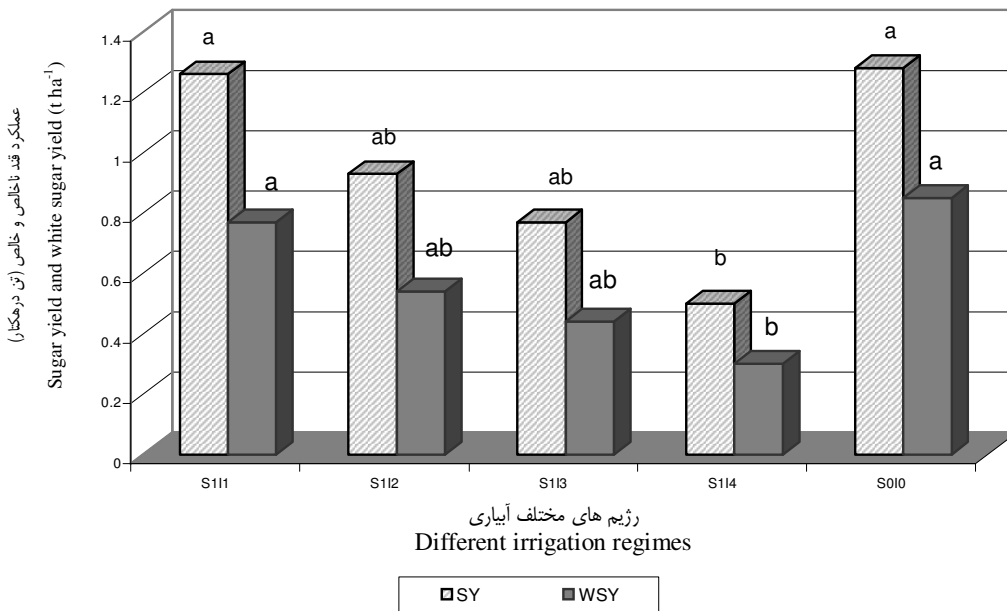
***, **, ns: significant at %1, %5 levels and non significant, respectively



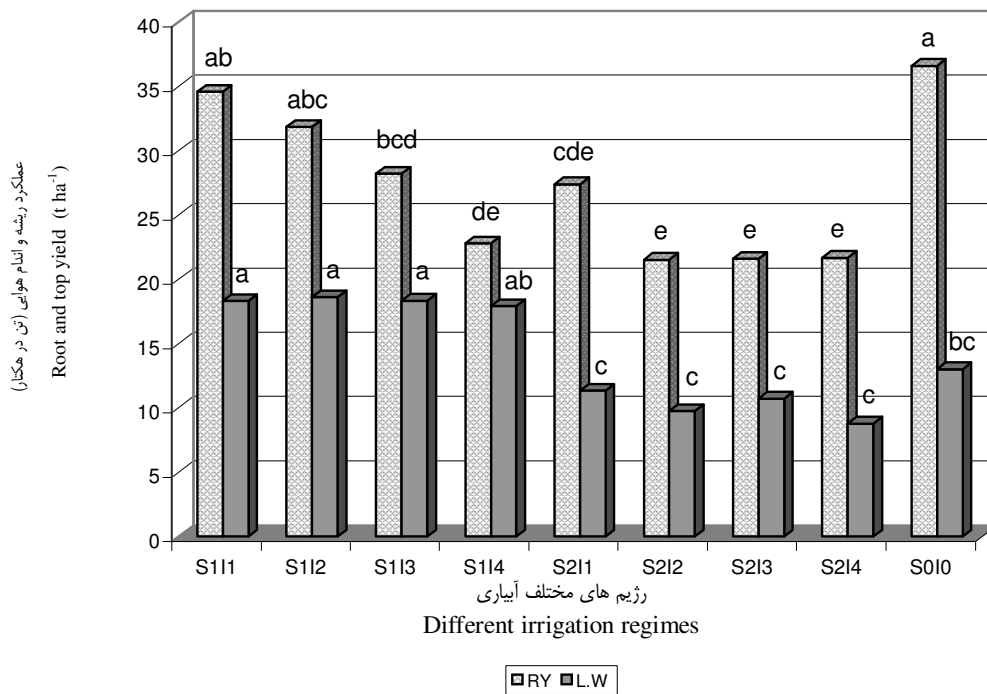
شکل ۱ تغییرات میانگین درصد رطوبت نسبی برگ در رژیم‌های مختلف آبیاری
Fig. 1 Comparison of means for leaf relative water content



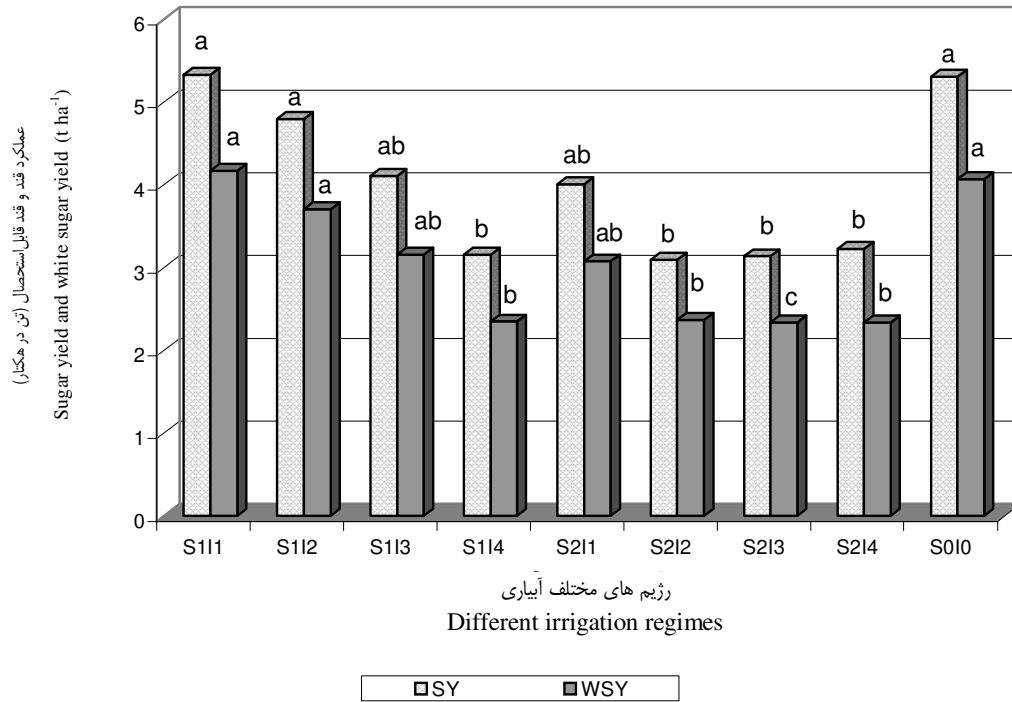
شکل ۲ تغییرات میانگین عملکرد ریشه در مرحله رشد برگ در تعداد دفعات قطع آبیاری
Fig. 2 Variation of means of root yield means in the leaf growing stage



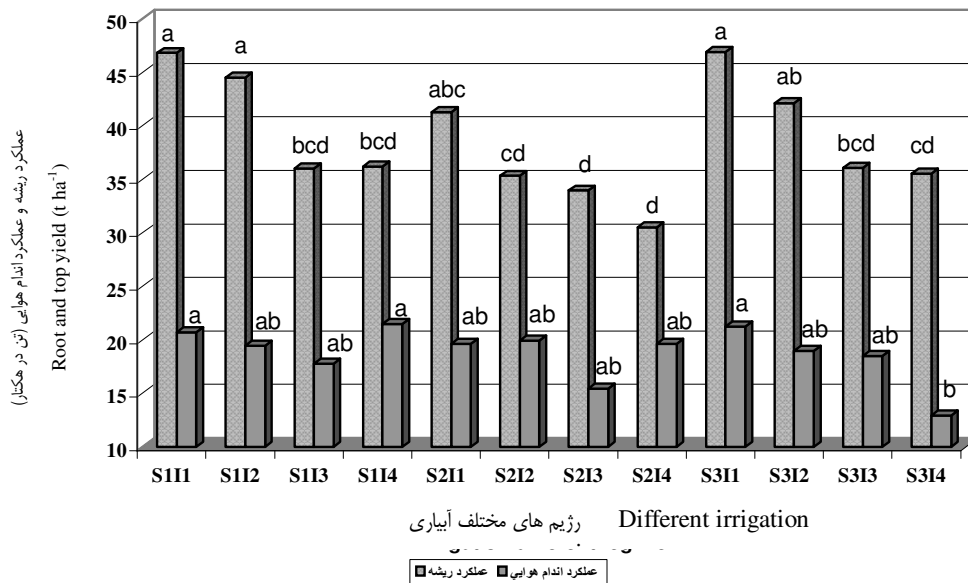
شکل ۳ تغییرات میانگین عملکرد قند ناخالص و خالص در مرحله رشد برگ در تیمارهای مختلف قطع آبیاری
Fig. 3 Variation means of sugar and white sugar yield in the leaf growing stage



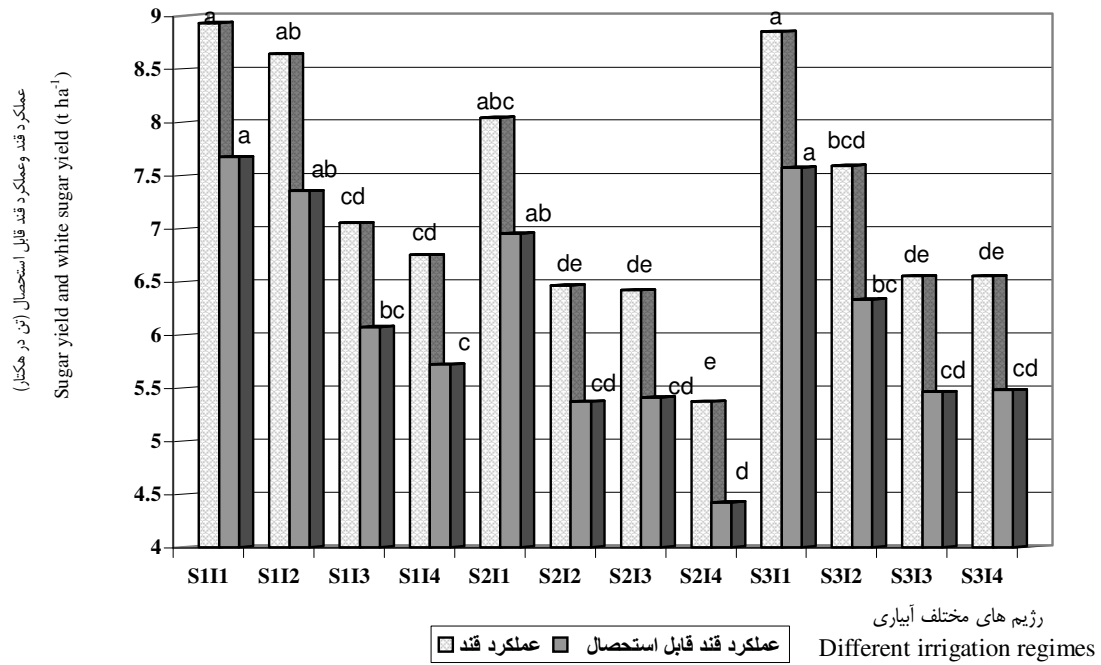
شکل ۴ تغییرات میانگین عملکرد ریشه و وزن اندام هوایی در مرحله رشد ریشه در تیمارهای مختلف
Fig. 4 Variation means of root and top yield in the root growing stage



شکل ۵ تغییرات میانگین عملکرد قند و قند قابل استحصال در مرحله رشد ریشه در تیمارهای قطع آبیاری
Fig. 5 Variation means of sugar and white sugar yield in the root growing stage



شکل ۶ تغییرات میانگین عملکرد ریشه و عملکرد اندام هوایی در برداشت نهایی در تیمارهای مختلف
Fig. 6 Variation means of root and top yield at the last growing stage



شکل ۷ تغییرات میانگین عملکرد قند و عملکرد قند قابل استحصال در برداشت نهایی در تیمارهای مختلف

Fig. 7 Mean variation of sugar and white sugar yield means at final harvest

References:**منابع مورد استفاده:**

- اکبری، م. ۱۳۷۷. تأثیر کم آبیاری بر عملکرد چغندر قند. نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران. ص ۱۸۹ - ۱۷۷.
- سرمدنیا، غ. ح و کوچکی، ع. ۱۳۶۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی. فصل چهارم. ص ۱۵۲-۱۲۳.
- توکلی، ع. ر و فرداد، ح. ۱۳۷۵. بهینه سازی کم آبیاری بر اساس توابع تولید، هزینه و قیمت چغندر قند در کرج. دومین کنگره ملی مسایل آب و خاک کشور. ۲۷-۳۰ بهمن. تهران. صفحه ۳۶۹-۳۵۴.
- جهاد اکبر، م. ر و ابراهیمیان، ح. ر. ۱۳۷۷. ارزیابی سه مدیریت زراعی و شش رقم بذر چغندر قند جهت صرفه جویی آب در سه ماهه اول سال. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۱۳-۹ شهریور. کرج ص ۲۸۴.
- حبیبی، د. ۱۳۷۲. انتخاب پروژنی های مقاوم به شوری و خشکی چغندر قند در مراحل اولیه رشد. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. ص ۸۵-۸۲.
- حقیقت، ا. ستار، م. و رئیس، ف. ۱۳۷۸. تأثیر رژیم های آبیاری و مقادیر مختلف ازت بر روی عملکرد و عیار چغندر قند. هفتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. ۱۲-۱۰ اسفند. کرمان. صفحه ۱۱۲ - ۱۰۹.
- رحیمیان، م. ح. ۱۳۷۷. تأثیر تنش آبی بر چغندر قند و تعیین تابع تولید و ضریب گیاهی. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۱۳-۹ شهریور. کرج. ص ۲۷۸.
- کوک، دی. ای و اسکات، آر. کی. ۱۳۷۷. چغندر قند از علم تا عمل. ترجمه مؤسسه تحقیقات چغندر قند. نشر علوم کشاورزی. فصل ششم ص ۲۵۲-۹۱ و فصل هشتم ص ۳۰۰-۲۹۳.
- وزیری، ژ. ۱۳۷۷. بررسی اثر مقدار و دور آبیاری بر عملکرد چغندر قند و کیفیت آن. نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۵-۶ اسفند. تهران. صفحه ۲۶۹ - ۲۵۷.

Andonov D (1984) Effect of irrigation regime and fertilizer level on some criteria for the evaluation of sugar beet technological qualities. *Rasteniev, dni-Nauki*. 21(3):49-56

Brown KF (1987) Effect of drought on growth and water use of sugar beet. *Journal of Agricultural Science UK*. 109(3): 421-435

Crivineanu C (1994) Research on the influence of the irrigation regime on the formation of storage tissue in sugar beet. *Lucrari Scintifice Universitatea de stiinte Agronomice Bucuresti seria A - Agronomice*. 37: 45-51

Croves SJ, Bailey RY (1994) Efficiency of water use in crop systems, Reading, UK. 6-8 July

Aspects of Applied Biology. No. 38, 201-207

Delibaltov L, Sarkizov M (1974) Effect of the irrigation regime on sugar beet yields.

Rasteniev, dni Nauki. 2: 109-118

Hanks R J, Ashcroft GL (1980) Applied soil physical. P. 32

Kirda C (2002) Deficit irrigation practices : Deficit irrigation scheduling based on plant

growth stages showing water stress tolerance. FAO.

<http://www.fao.org/docrep/004/Y3655E/Y3655E00.htm>.