ارزیابی مدل *ET-HS* در تعیین نیاز آبی محصول چغندرقند و کارایی مصرف آب در شرایط نیمه‌خشک اصفهان

Evaluation of ET-HS model for estimating water demand and water use efficiency of sugar beet in semi-arid condition of Isfahan

علی سلیمانی[1*]، پیام نجفی[2]، مهرداد دهنوی[3] و محمد حسام شاهرجبیان[3]

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۲

ع. سلیمانی، پ. نجفی، م. دهنوی و م.ح. شاهر جبیان. ۱۳۹۰. ارزیابی مدل ET-HS در تعیین نیاز آبی محصول چغندرقند و کارایی مصرف آب در شرایط نیمه‌خشک اصفهان. **مجله چغندرقند ۲۷(۲): ۱۸۳- ۱۶۹**

چکیده

روش هارگریوز- سامانی از جمله روش‌های محاسبه تبخیر و تعرق گیاه بوده که به حداقل داده‌های هواشناسی نیازمند است. به منظور ارزیابی مدل *ET-HS* در تعیین نیاز آبی محصول چغندرقند در منطقه اصفهان، تحقیقی در سال ۱۳۸٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان اصفهان اجرا درآمد. آزمایش تحقیق به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار مدیریت آبیاری در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری شامل: ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰ درصد نیاز آبی گیاه براساس مدل *ET-HS* و شاهد براساس ۹۰ میلی‌متر تبخیر از طشتک تبخیر کلاس *A* در طول فصل رشد بود. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر مقدار ماده خشک کل و عملکردریشه معنی‌دار بود. هم‌چنین در تیمار آبیاری معادل ۱۵۰ درصد نیاز آبی عملکردریشه افزایش پیدا کرد ولیکن درصدقند تا ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه افزایش (هر چند غیرمعنی‌دار) و پس از آن کاهش یافت. عملکرد شکرسفید تا ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه به میزان ۸/۷ تن در هکتار به صورت معنی‌داری افزایش و پس از آن با افزایش مصرف آب کاهش یافت. بالاترین کارایی مصرف آب برای عملکرد ریشه در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی حاصل شد. با توجه به دقت مدل *ET-HS* در تیمار شاهد می‌توان از این مدل برای آبیاری محصول چغندرقند در مناطقی مشابه اصفهان در طی فصل زراعی استفاده کرد و بدون استفاده از داده‌های تبخیر و تعرق و یا داده‌های تخلیه رطوبتی خاک و فقط براساس اطلاعات درجه حرارت هوا نسبت به تعیین نیاز آبی چغندقند اقدام کرد به طوری‌که محصول کاهش نداشته و با مصرف حداقل ممکن آب عملکرد مناسب شکر قابل استحصال را برداشت نمود.

واژه‌های کلیدی: چغندقند، مدل *ET-HS*، مناطق نیمه خشک، نیاز آبی

۱- دانشیارگروه زراعت و اصلاح نباتات- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان- اصفهان- ایران. * - نویسنده مسئول : a_soleymani@khuisf.ac.ir

۲- دانشیار گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان- اصفهان- ایران.

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

سطح زیر کشت چغندرقند در جهـان در سال ۲۰۰۱ بـرابر بـا ۶/۲۱۸ میلیـون هکـتار بـود (FAO 2002). چغندرقنـد قابلیـت رشـد در طیـف وسیعی از شرایط اقلیمی را دارا می‌باشـد (Hassanli et al. 2010; Sakellariou-Makrantonaki et al. 2002; Tognetti et al. 2003). این گیاه تحت شرایط آبیاری به‌عنوان گیاهی با مصرف بالای آب در نظر گرفته شده که به این علت در مناطقی که منـابع آبـی محـدود باشـد، کاشـت آن گـسترش نمـی‌یابـد (Fabeiro et al. 2003) و خشکی دلیل اصلی افـت عملکـرد آن مـی‌باشـد (Pidgeon et al. 2001; Tognetti et al. 2002). این امر متقارن با افـزایش تقاضای آب، مشکل اساسی در چگونگی حفـظ رونـد افزایشی تولیدات کشاورزی در راستای استفاده پایـدار از منابع آبی می‌باشـد (Ober et al. 2004). بـا ایـن وجود در شرایط کمبود آب به‌دلیل دوره رشـد رویـشی طولانی چغندرقند و عدم وجود مرحله گلدهی حساس، سیستم ریشه عمیق و ظرفیت تنظیم اسمزی بـالا در آن جزو گیاهان مقاوم به خشکی محـسوب مـی‌شـود (Amaducci et al. 1976). در آزمایـشی کـه در شرایط نیمه‌خشک و خاک دارای قابلیـت نفوذپـذیری کم بـا دوره‌هـای آبیـاری ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روزه صـورت گرفت، کاهش سه نوبت آبیاری در طول فـصل رشـد چغندرقند نتوانست کاهش چشمگیر در میزان محصول ریـشه ایجـاد نمایـد (Winter 1988). در زراعـت چغندرقندی که در معرض تـنش باشـد، درصـدقند بـا سرعت بیشتری افزایش می‌یابـد و در تحـت شـرایط تنش شدید، درصدقند می‌تواند پـنج درصـد بیـشتر از گیاهـان بـدون تـنش باشـد (Hang and Miller 1986). با این وجود گزارش شده است که تولید کـل و شاخص کیفیت صنعتی (*IQI*) چغندرقند تحت تأثیر حجم کل آب آبیاری قرار می‌گیرد (Fabeiro et al. 2003). اثر کلی آبیاری معمولاً افزایش جذب عناصـر غذایی بوده، اما ضرورتاً غلظت عناصر در داخـل گیـاه افزایش نیافته که علت آن ناشی از رشد اضافی بر اثر آبیاری می‌باشد (Winter 1990). به‌طور کلی شرایط محیطی بر عملکردقند و عملکردریشه بسیار تأثیرگذار اسـت (Hoffmann et al. 2009)، یکـی از ایـن شرایط محیطی مهم تنش آبی می‌باشـد (Shrestha et al. 2010).

برای استفاده بهتـر از آب آبیـاری، طراحـی و برنامـه‌ریـزی دقیـق لازم اسـت (Stegman and Bauer 1977). استفاده از مدل‌های جدید در تعیـین نیاز آبی و زمانبندی آبیاری در کنار کاهش حـساسیت چغندرقند به کمبود آب و هم‌چنین افزایش تحمل بـه خشکی از طریـق اصـلاح نباتـات (Pidgeon et al. 2001; Jones et al. 2003)، از مـدیریت‌هـای کارآمد در این زمینه می‌باشد. برخی از مـدل‌هـا بـرای تخمین مقادیر عملکرد در زمان استرس آبی (Geerts an Raes 2009) و برخی دیگر از این مدل‌ها مربوط به تغییرات اقلیمـی اسـت کـه ایـن تغییـرات سـالانه عملکرد را در زمان خشکی ارزیابی می‌کننـد (Jones et al. 2003). این مدل‌ها نیازمنـد دامنـه وسـیعی از

Archive of SID

www.SID.ir

داده‌ها و اطلاعات اقلیمی هستند که عمدتاً در مراکز تحقیقاتی جمع‌آوری شده و قبل از به‌کارگیری نیازمند به کالیبراسیون می‌باشند (Brisson et al. 2003; Eitzinger et al. 2004; Shrestha et al. 2010; Stockle et al. 2003). این مدل‌ها هم‌چنین در تعیین کارایی مصرف آب (*WUE*) که ارزیابی آن به‌طور مستقیم بسیار وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد، استفاده می‌شود (Rajabi et al. 2009). روش فائو(پنمن- مانتیث) به‌عنوان یک روش استاندارد معرفی شده و از طریق نرم‌افزار CropWat تبخیر و تعرق پتانسیل را ارزیابی می کند (Allen et al. 1998). از سوی دیگر، بررسی‌های انجام شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک نشان می‌دهد که معادلات متکی به درجه‌حرارت و تشعشع از دقت بالایی برخوردار است (Allen et al. 1998). از میان روش‌های متکی به درجه حرارت و تشعشع روش هارگریوز- سامانی از اعتبار جهانی برخوردار است (Hargraves and Samani 1985). بر این اساس معادله اصلاح شده هارگریوز- سامانی برای مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران از رابطه فائو دقت بیشتری دارد (Hargraves and Samani 1985). هم‌چنین با توجه به اعتبار بیشتر مدل هارگرویز- سامانی در میان سایر مدل‌ها در سطح جهان، این مدل می‌تواند ET_oرا با دقت بیشتری در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد ارزیابی قرار دهد. نجفی و طباطبائی (Najafi and Tabatabaei 2004) در مدل *ET-HS* از رابطه اصلاح شده هارگریوزنی - سامانی برای ارزیابی تبخیر و تعرق استفاده کردند.

$$ET_{(ij)} = \alpha\, j(T\max j - T\min j)\left(\frac{T\max j + T\min j}{۲} + ۱۷/۸\right)$$

در این رابطه ET تبخیر و تعرق محصول، α ضریب کالیبراسیون (که این عامل بستگی به شرایط آب و هوایی و خاک منطقه دارد) و Tmin, Tmax به‌ترتیب بیشینه و کمینه دمای روزانه می‌باشند که در ضمن تحقیق به‌دست می‌آیند. در واقع مدل *ET-HS* مدلی است که برای تعیین میزان آب آبیاری و تقویم آبیاری گیاهان مختلف طراحی شده است. (Najafi and Tabatabaei 2007). مدل *ET-HS* پس از کالیبراسیون برای منطقه موردنظر به متغیرهای اقلیمی کم و ساده‌ای یعنی صرفاً درجه حرارت حداقل و حداکثر روزانه نیاز دارد و اطلاعات مربوط به آن به‌راحتی در دسترس کشاورزان می‌باشد. هم‌چنین نجفی و طباطبایی (Najafi and Tabatabaei 2007) در آزمایش خود در رابطه با گیاهان گوجه‌فرنگی و بادمجان نتیجه گرفتند که مدل *ET-HS* برای تخمین نیاز آبی و برنامه‌ریزی آبیاری بسیار مفید می‌باشد.

از آن‌جایی که تعیین نیاز آبی محصول چغندرقند به‌صورت دقیق در برنامه‌ریزی‌های مدیریت آبیاری دارای اهمیت شایانی می‌باشد، نیاز به ارزیابی‌های مدل تبخیر و تعرق در چغندرقند وجود دارد، و در صورتی که مدیریت صحیح در مصرف آب خصوصاً در مراحل حساس رشد صورت گیرد منجر به

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش راندمان مصرف آب خواهد شد. در این تحقیق اهدافی هم چون تعیین مدیریت صحیح مصرف آب در مراحل حساس رشد چغندرقند و به حداقل رساندن مصرف آب به ازای تولید ماده خشک ریشه چغندرقند مدنظر قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

جهت ارزیابی مدل *ET-HS* در تعیین نیاز آبی محصول چغندرقند در منطقه اصفهان، آزمایشی در سال ۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان- اصفهان به اجرا در آمد. این مزرعه تحقیقاتی در ۱۰ کیلومتری شرق اصفهان در۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۴۸ دقیقه طول شرقی در ارتفاع ۱۵۵۵ متر از سطح دریا در منطقه خاتون‌آباد واقع شده است. براساس تقسیم‌بندی کوپن، اقلیم منطقه خشک بسیار گرم با تابستان‌های خشک و بر طبق تقسیم‌بندی پیشنهادی برای ایران، این منطقه دارای اقلیم خشک و گرم با زمستان‌های نسبتاً سرد می‌باشد. میانگین دراز مدت بارندگی سالانه ۱۲۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. خاک مزرعه آزمایشی با ۳۸/۵ درصد شن، ۱۰/۵ درصد سیلت و ۵۱ درصد رس دارای بافت رسی و از سری خاک‌های اصفهان می‌باشد (جدول۱). قالب آماری این آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار وسه تکرار بود. شش تیمار آبیاری از I_1، I_2، I_3، I_4، I_5 به‌ترتیب آبیاری براساس تأمین۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ درصد نیازی آبی گیاه براساس مدل *ET-HS* در طول فصل رشد و I_6 تیمار شاهد که آبیاری براساس ۹۰ میلی‌متر تبخیر از طشتک تبخیر کلاس *A* در طول فصل رشد و مطابق عرف آبیاری محلی می‌باشند. در مدل *ET-HS* که در این آزمایش به‌کار گرفته شده پارامترهای محل آزمایش شامل ارتفاع از سطح دریا، عرض جغرافیایی، ساعات روشنایی واقعی و سرعت متوسط باد، ضرایب رابطه مدل تعیین شده و کالیبراسیون برای منطقه خاتون‌آباد اصفهان انجام شد. پس از تعیین میزان تبخیر و تعرق پتانسیل براساس سایر پارامترهای مربوط به گیاه از جمله ضریب گیاهی در دوره‌های مختلف رشد، ارتفاع گیاه، عمق توسعه ریشه در طول دوره رشد، حداکثر آب قابل جذب به صورت سهل‌الوصول، حد آستانه تحمل گیاه به شوری، کلراید و سدیم قابل تبادل خاک و هم‌چنین پارامترهای مربوط به خاک شامل ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی محاسبه شد و کالیبراسیون مدل *ET-HS* نیز براساس پارامترهای خاک محل آزمایش و شرایط گیاه صورت گرفت. پس از ورود این اطلاعات و منظور نمودن راندمان آبیاری، درجه حرارت حداقل و حداکثر که به‌صورت روزانه در مزرعه اندازه‌گیری می‌شد در مدل *ET-HS*، وارد شده، زمان آبیاری و میزان آب آبیاری توسط مدل تعیین شد و مطابق تیمارهای به‌کار رفته در طرح آزمایشی طبق جدول ۲ مقدار آب مصرفی در طول فصل رشد در تیمارهای I_1، I_2، I_3، I_4، I_5 محاسبه و در کرت‌ها اعمال گردید. آبیاری تیمار I_6

Archive of SID

www.SID.ir

به‌عنوان تیمار شاهد براساس ۹۰ میلی‌متر تبخیر از طشتک تبخیر کلاس *A* در طول فصل رشد مطابق عرف آبیاری محلی انجام شد و مقدار آب مصرفی تیمار شاهد نیز اندازه‌گیری شد. در مدل *ET-HS* با محاسبه آب سهل‌الوصول و ظرفیت نگه‌داشت آب درخاک، زمان آبیاری نیز تعیین گردید. لذا مدل *ET-HS* از نظر کلیه عوامل موردنظر به‌صورت یک مدل کامپیوتری برای محل اجرای آزمایش طراحی گردیده که زمان آبیاری و هم چنین مقدار آب موردنیاز گیاه را تعیین می‌نماید که برای منطقه خاتون‌آباد اصفهان کالیبره گردید.

جهت تهیه بستری مناسب برای سبزشدن بذور چغندرقند، پس از شخم عمیق در پاییز دو دیسک عمود بر هم در اوایل بهار زده شد. هر کرت آزمایشی دارای شش خط کاشت به طول ۱۰ متر با فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی‌متر بود. بذر مورد استفاده رقم مولتی‌ژرم IC_2 بود. کاشت به‌صورت متراکم در ۲۴ اردیبهشت ۱۳۸۴ انجام شد. مقدار ۲۰۰ کیلوگرم فسفات‌آمونیم و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار قبل از کاشت با توجه به آزمون خاک مصرف گردید. در آبیاری خاک آب و پی‌آب در کل ۴۱۷ مترمکعب آب به تیمارهای آزمایشی به‌طور یکسان داده شد. در مرحله چهار تا شش برگی جهت دستیابی به تراکم ۸۰ هزار بوته در هکتار گیاهچه‌ها بر روی خطوط کاشت با فاصله ۲۵ سانتی‌متر تنک شدند و برای هر کرت آزمایشی معادل ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌صورت سرک مصرف شد. جهت مبارزه با علف‌های هرز پس از مرحله دو برگی چغندرقند پنج کیلوگرم در هکتار از سم پیرامین و پنج لیتر در هکتار بتانال به‌صورت مخلوط جهت کنترل علف‌های هرز نازک برگ و پهن برگ در مزرعه آزمایشی استفاده شد. برای مبارزه با سرخرطومی از سم سوبسیدین به نسبت دو در هزار استفاده گردید. هم‌چنین برای مبارزه با برگخواران چغندرقند از سم اکاتین به نسبت دو در هزار استفاده شد. در اوایل تابستان جهت مبارزه با سفیدک سطحی چغندرقند از سم کالیسین به نسبت دو در هزار استفاده گردید. آبیاری تمامی کرت‌ها در طول دوره رشد به‌صورت جداگانه طبق نقشه آزمایش برای تیمارهای I_1، I_2، I_3، I_4 و I_5 در زمان‌های موردنظر به‌وسیله لوله صورت گرفت و میزان آب مصرفی به‌وسیله کنتور آب مطابق مدل *ET-HS* اندازه‌گیری شد. برای تیمار شاهد نیز براساس ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A دور آبیاری مطابق عرف آبیاری محلی تعیین و میزان آب مربوطه به‌وسیله کنتور حجمی به‌طور دقیق اندازه‌گیری شد و با لوله به کرت آزمایشی شاهد در هر تکرار اختصاص داده شد.

جدول ۱ برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در دو عمق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر

عمق خاک (cm)	هدایت الکتریکی ds/m	درصد کربن آلی	درصد ازت کل	فسفر قابل جذب p.p.m	پتاسیم قابل جذب p.p.m	اسیدیته	ظرفیت تبادل کاتیونی Meq/100g	شن ٪	رس ٪	سیلت ٪	بافت خاک
۰ – ۳۰	۳/۹	۱/۶	۰/۱۶	۲۸	۴۵۰	۷/۸	۱۶/۳	۳۹	۵۰	۱۱	رسی
۳۰ – ۶۰	۳/۷	۱/۴	۰/۱۴	۲۲	۴۱۰	۷/۸	۱۶/۴	۳۸	۵۲	۱۰	رسی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲ مقدار آب مصرف شده در طول فصل رشد و تعداد آبیاری در تیمارهای مختلف (مترمکعب در هکتار)

تیمار	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
مقدار آب مصرفی * (مترمکعب در هکتار)	۶۸۰۰	۸۸۰۰	۱۰۸۰۰	۱۲۸۰۰	۱۳۵۰۰	۹۵۰۰
تعداد آبیاری	۱۸	۲۳	۲۸	۳۳	۳۵	۲۵

*- مقدار آب مصرفی بدون در نظر گرفتن آبیاری های اولیه تا سبز شدن گیاه منظور شده است.

جهت اندازه‌گیری عملکرد و برخی خصوصیات مهم کیفی ریشه چغندرقند در پایان فصل رشد خطوط کاشت یک و شش و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای خطوط هر کرت آزمایشی حذف و قسمت باقی‌مانده جامعه آماری آزمایش را تشکیل داد. عملکردریشه‌ها از مساحت معادل سه مترمربع با رعایت حاشیه تعیین شد. هم‌چنین ماده‌خشک و درصدقند و برخی خصوصیات کیفی به‌وسیله دستگاه بتاآنالیزر تعیین گردید. برای تعیین درصدقند قابل استحصال و عملکرد شکرسفید (تن در هکتار) به‌ترتیب از روابط ۱ و ۲ استفاده شد (Emsaki 1996).

(۱)

درصد قند ملاس – درصد عیار = درصدقند قابل استحصال

(۲)

عملکردریشه × درصدقند قابل استحصال= عملکرد شکرسفید

برای تحلیل آماری از نرم افزار MSTAT-C استفاده شد و مقایسه میانگین تیمارها براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

ماده خشک کل

اثر تیمار آبیاری بر ماده خشک کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بالاترین ماده خشک کل گیاه به میزان ۱۴۹۶/۶۷ گرم بر مترمربع در تیمار ۱۵۰ درصد نیاز آبی حاصل شد. با افزایش درصد نیاز آبی گیاه، ماده خشک کل گیاه افزایش یافت (جدول ۴). این موضوع نشان داد که هر چه گیاه آب بیشتری در دسترس داشته باشد، ماده خشک کل گیاه افزایش می‌یابد. اما در مطالعه حاضر از ۱۵۰ روز پس از کاشت این روند به علت کاهش ماده‌خشک اندام هوایی گیاه در اثر مواردی هم‌چون سرما، عدم امکان محاسبه ماده خشک اندام هوایی به‌دلیل زرد شدن و و ریزش برگ‌ها، موجب کاهش در میزان ماده خشک کل نهایی گردید که این عکس‌العمل توسط برخی از محققین نیز تأیید شده است (Rafiee 1995; Jahadakbar and Ebrahimiyan 1998).

عملکردریشه

اثر تیمار آبیاری بر عملکردریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). با افزایش درصد نیاز آبی گیاه، عملکردریشه به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. بالاترین عملکردریشه مربوط به تیمار ۱۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌میزان ۵۷/۰۲ تن در هکتار حاصل شده که با تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه اختلاف معنی‌داری از

Archive of SID

www.SID.ir

خود نشان داد. تیمار شاهد با تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه اختلاف معنی‌داری نداشت ولیکن با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد. تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد تأمین نیاز آبی که پایین‌ترین عملکردریشه را داشتند، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند لذا کم‌آبیاری موجب کاهش معنی‌دار عملکردریشه در این دو تیمار شده است (جدول ۴). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکردریشه با ماده خشک کل ($r= ۰/۹۵^{**}$) مشاهده شد که نشان‌دهنده آن است که با افزایش عملکردریشه، ماده خشک کل گیاه نیز افزایش می‌یابد. همبستگی عملکردریشه با درصد قند قابل استحصال منفی و معنی‌دار بود ($r= -۰/۵۷^{**}$)، این امر نشان داد که با افزایش عملکردریشه، درصد قند قابل استحصال کاهش می‌یابد. عملکردریشه با ناخالصی‌های ریشه اعم از سدیم ($r= ۰/۲۴^{ns}$)، پتاسیم ($r= ۰/۳۱^{ns}$) و نیتروژن مضره ($r= ۰/۰۷^{ns}$) همبستگی معنی‌داری نداشت. عملکردریشه با درصدقند ملاس نیز همبستگی معنی‌داری نشان نداد ($r= ۰/۰۹^{ns}$). عملکردریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد شکرسفید داشت ($r= ۰/۸۹^{**}$). این امر نشان‌دهنده تأثیر مثبت و معنی‌دار عملکردریشه بر عملکرد شکر سفید می‌باشد. کمپل (Campel 2002) نتیجه گرفت که بهبود وزن ریشه اثرات بیشتری را بر عملکرد قند در مقایسه با افزایش میزان قند به تنهایی دارد. اشنیدر و همکاران (Schneider et al. 2002) نشان دادند که عملکردقند به شدت با عملکردریشه و به مقدار کمتر با غلظت قند همبستگی دارد.

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس ماده خشک کل و عملکردریشه در اجرای آزمایش (۱۳۸۴)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		ماده خشک کل	عملکرد ریشه
تکرار	۲	۷۳۷۴/۰**	۳۳/۹۹**
آبیاری	۵	۴۴۰۰۷/۵**	۲۹۷/۸**
خطا	۱۰	۶۵۶/۲	۲/۹۵

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ٤ مقایسه میانگین ماده خشک کل و عملکردریشه در تیمارهای مختلف در اجرای آزمایش (۱۳۸۴)

تیمار (درصد تامین نیاز آبی گیاه براساس مدل ET-HS)	ماده خشک کل نهایی (گرم بر متر مربع)	عملکرد ریشه (تن در هکتار)
۵۰	۱۰۹۸/۰ d	۳۷/۸۳ d
۷۵	۱۱۹۳/۰cd	۳۸/۳۶ d
۱۰۰	۱۱۶۲/۳ cd	۴۵/۸۷ c
۱۲۵	۱۳۹۷/۲۷ ab	۵۵/۲۰ ab
۱۵۰	۱۴۹۶/۰ a	۵۷/۰۲ a
شاهد	۱۲۷۶/۶ bc	۵۰/۸۳ bc
LSD 5%	۱۲۲/۵۸۲	۵/۱۷

اعدادی که در هر ستون با حروف مشابه نمایش داده شده‌اند تفاوت معنی دار آماری با یکدیگر ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

درصد قند

اثر تیمار آبیاری بر درصدقند معنی‌دار نبود (جدول ۵). در عین حال بالاترین درصدقند در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به میزان ۱۷/۴۸ درصد حاصل شد و پایین‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد به میزان ۱۵/۱۲ درصد بود. پایین‌ترین درصدقند بعد از تیمار شاهد مربوط به تیمار ۱۵۰ درصد نیاز آبی به میزان ۱۵/۴۸ بود (جدول ۶). درصدقند فقط با سدیم ($r = -۰/۴۳^{**}$) و درصد قند ملاس ($r= -۰/۵۶^{**}$) همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. بدین معنی که هر چه درصدقند افزایش یابد، سدیم و درصدقند ملاس به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. این موضوع توسط جهاداکبر و ابراهیمیان (1998) نیز تأیید شد.

سدیم

تیمار آبیاری اثر معنی‌داری بر میزان سدیم نداشت (جدول ۵). با وجود این کمترین مقدار سدیم به میزان ۳/۴۵ میلی اکی‌والان گرم در ۱۰۰ گرم ریشه چغندرقند مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بود، بیشترین مقدار سدیم نیز به میزان ۴/۸۶ میلی‌اکی‌والان گرم در ۱۰۰ گرم مربوط به تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی بود (جدول ۶). همبستگی سدیم با درصد قند قابل استحصال منفی و معنی‌دار بود ($r= ۰/۷۷^{**}$)، یعنی با افزایش سدیم درصد قند قابل استحصال به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت. محققین دیگر نیز سدیم را از ناخالصی‌های مهم در ریشه چغندرقند معرفی نموده و اظهار داشتند که مقدار آن در ریشه با درصد قند قابل استحصال همبستگی منفی دارد (Cooke and Scott 1993).

پتاسیم

تیمار آبیاری اثر معنی‌داری بر مقدار پتاسیم ریشه نداشت (جدول ۵). با وجود این، بالاترین میزان پتاسیم و پایین‌ترین میزان پتاسیم به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و تیمار ۱۵۰ درصد نیاز آبی اختصاص داشت. میزان پتاسیم در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی، ۵/۸۲ میلی‌اکی والان گرم در ۱۰۰ گرم بوده که پس از تیمار شاهد بالاترین میزان پتاسیم را دارا بود (جدول ۶). پتاسیم با سایر ناخالصی‌های مورد آزمایش همبستگی مثبت و با درصد قند قابل استحصال همبستگی منفی داشت. کاک و اسکات (1993) نیز بیان داشتند عمدتاً ناخالصی‌های موجود در عصاره شربت با یکدیگر همبستگی مثبت دارند و با درصد قند قابل استحصال همبستگی منفی نشان می‌دهند.

نیتروژن مضره

اثر تیمار آبیاری بر نیتروژن مضره معنی‌دار نشد (جدول ۵). بالاترین ازت مضره به میزان ۷/۲۰ میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم مربوط به تیمار ۱۵۰ درصد نیاز آبی گیاه براساس مدل *ET-HS* بود و کمترین نیتروژن مضره نیز به میزان ۳/۳۵ میلی‌اکی‌والان گرم در ۱۰۰ گرم در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول ۶). نیتروژن مضره یکی از ناخالصی‌های مهم در چغندرقند بوده که با ارزش

Archive of SID
www.SID.ir

تکنولـوژیکی چغندرقنـد رابطـه تنگـاتنگی دارد. ارزش تکنولوژیکی چغندرقند نیز با مدیریت ازت مرتبط بوده و از دو راه یکی پایین آوردن خلوص شربت خام و ضریب کریستالیزاسیون در کارخانه و دیگری از طریق تحریک گیاه به رشد رویشی مجدد و مصرف ساکارز ذخیره شده در ریشه موجب خسارت می‌گردد (Cook and Scott 1993).

جدول ۵ تجزیه واریانس برخی از صفات کمی و کیفی اندازه گیری شده در اجرای آزمایش (۱۳۸۴)

منابع تغییر	درجه آزادی	مبانگین مربعات						
		درصد قند	سدیم	پتاسیم	نیتروژن مضره	قند ملاس	درصد قند قابل استحصال	عملکرد شکر سفید
تکرار	۲	۲/۴۲	۰/۰۳	۰/۷۲	۴/۲۷	۰/۲۹	۳/۰۷	۰/۵۷
آبیاری	۵	۱/۶۱	۰/۷۶	۰/۳۰	۲/۵۸	۰/۲۲	۲/۷	۲/۹۹
خطا	۱۰	۳/۷۸	۱/۸۹	۰/۲۳	۱/۷۳	۰/۳۸	۶/۳	۱/۷۲

جدول ٦ مقایسه میانگین برخی از صفات کمی وکیفی اندازه‌گیری شده در تیمارهای آزمایش (۱۳۸۴)

تیمار (درصد تأمین نیاز آبی گیاه براساس مدل ET-HS)	درصد قند	سدیم	پتاسیم	نیتروژن مضره	درصد قند ملاس	درصد قند قابل استحصال	عملکرد شکر سفید
		(میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم)					(تن در هکتار)
۵۰	۱۶/۲۳ a	۴/۶۵ a	۵/۴۳ a	۵/۲۵ a	۴/۲۴ a	۱۱/۹۹ a	۴/۵۵ a
۷۵	۱۶/۹۱ a	۴/۳۹ a	۵/۸۲ a	۶/۷۴ a	۴/۴۳ a	۱۲/۴۷ a	۴/۷۶ a
۱۰۰	۱۷/۴۸ a	۳/۴۵ a	۵/۵۵ a	۳/۳۵ a	۳/۳۲ a	۱۳/۵۹ a	۶/۱۲ a
۱۲۵	۱۶/۱۹ a	۴/۸۶ a	۵/۵۰ a	۵/۰۴ a	۳/۹۰a	۱۱/۸۷ a	۶/۵۵ a
۱۵۰	۱۵/۴۸ a	۴/۶۸ a	۵/۲۵ a	۷/۲۰ a	۴/۷۲ a	۱۰/۷۶ a	۶/۱۱ a
شاهد	۱۵/۱۲ a	۲۵/۴ a	۵/۹۳ a	۵/۱۸ a	۴/۲۵ a	۱۱/۵۵ a	۵/۸۷ a
LSD 5%	۳/۵۴	۳/۴۵	۰/۸۷۲	۳/۹۲	۱/۵۲۳	۴/۵۸۶	۲/۴۵۷

اعدادی که در هر ستون با حروف مشابه نمایش داده شده‌اند تفاوت معنی‌دار آماری با یکدیگر ندارند.

درصد قند ملاس

تیمار آبیاری اثر معنی‌داری بر درصد قند ملاس نداشت (جدول ۵). با وجود این همان‌گونه که در جدول ۶ ملاحظه می‌شود بالاترین درصدقند ملاس مربوط به تیمار ۱۵۰ درصد نیـاز آبـی براسـاس مـدل *ET-HS* و کمترین درصدقند نیز در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه براساس مدل *ET-HS* حاصل شد. این صفت از تفاوت درصد قند ناخالص(درصد قند کل) بـا درصـدقند قابـل استحصال به‌دست آمده است و شیرینی ملاس را تعیین می‌کند، هر چه مقدار درصد قند بیشتری در کارخانـه از دسترس خـارج شـود، درصـدقند مـلاس نیـز افـزایش می‌یابد (Emsaki 1996).

درصد قند قابل استحصال

تیمار آبیاری اثر معنی‌داری بر درصد قنـد قابـل استحصال نداشت (جدول ۵). بـا وجـود ایـن بـالاترین درصـدقند قابـل استحـصال بـه میـزان ۱۳/۵۹ درصـد

Archive of SID

www.SID.ir

مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه براساس مدل *ET-HS* بود پایین‌ترین درصد قند قابل استحصال نیز به میزان ۱۰/۷۶ درصد در تیمار ۱۵۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول ۶). علت این امر می‌تواند بزرگ بودن اندازه تک بوته در این تیمار نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه باشد که اندازه تک بوته در آن کوچکتر است. فابریو و همکاران (2003) نیز نشان دادند که با افزایش اندازه ریشه درصدقند قابل استحصال کاهش می‌یابد و با مصرف بیشتر آب، درصدقند کاهش می‌یابدکه با نتایج مطالعه حاضر تطابق دارد. در مطالعه حاضر درصدقند قابل استحصال تنها با سدیم ($r= -۰/۳۴^{**}$) و درصدقند ملاس ($r= -۰/۷۳^{**}$) همبستگی منفی و معنی‌داری داشت، بدین معنی که هرچه درصدقند قابل استحصال افزایش یابد، سدیم و درصد قند ملاس به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. این موضوع توسط جهاداکبر و ابراهیمیان (1998) نیز تأیید شده است. پاک نیت (Pakniyat 1999) گزارش داد که ایده‌ال است که عملکردقند و عملکردقند قابل استخراج بایکدیگر برابر باشند.

عملکرد شکر سفید

تیمار آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد شکر سفید نداشت (جدول ۵). در عین حال با افزایش درصد نیاز آبی گیاه تا ۱۲۵ درصد، نیاز آبی گیاه با بالاترین مقدار خود یعنی ۶/۵۵ تن در هکتار رسید، در حالی‌که با افزایش بیشتر مصرف آب، عملکرد قند سفید کاهش یافت (جدول ۶). تیمار ۱۵۰ درصد نیاز آبی گیاه با وجود این که پایین‌ترین درصد قند قابل استحصال را در بین تیمارهای مورد مطالعه داشت ولی به علت این که بالاترین عملکردریشه را دارا بود، عملکرد شکرسفید بالایی تولید نمود. این عکس‌العمل نشان می‌دهد که با زیادتر شدن مصرف آب اندازه تک بوته افزایش یافته است و بزرگ شدن اندازه تک بوته توانسته تا حدی جبران کننده کاهش درصدقند باشد.

کارایی مصرف آب براساس عملکرد ریشه

با بررسی مقادیر آب مصرف شده در این مطالعه در تیمارهای مدیریت مصرف آب براساس مدل *ET-HS* با تیمار شاهد، بالاترین مصرف آب در تیمار ۱۵۰ درصد مصرف آب براساس مدل *ET-HS* به‌دست آمد. در حالی که آب مصرفی تیمار شاهد بین تیمار ۱۰۰ و ۷۵ درصد مصرف آب براساس مدل *ET-HS* قرار داشت. بالاترین کارایی مصرف آب برای عملکردریشه در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی حاصل شده و به ازای مصرف یک مترمکعب آب ۵/۹۱ کیلوگرم ریشه حاصل شد، که با افزایش مصرف آب، کارایی مصرف آب برای عملکردریشه به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۷). این عکس العمل نشان داد که افزایش عملکرد ریشه نمی‌تواند جبران مصرف آب را بنماید. همچنین نشان دهنده آن است که در صورتی که آب ارزش واقعی خود را به‌دست آورد، تولیدکنندگان

Archive of SID
www.SID.ir

نمی‌توانند برای تولید ریشه بیشتر آب بیشتری مصرف کنند و باید کارایی مصرف آب برای عملکردریشه را به‌طور جدی در نظر داشته باشند (Najafi and Tabatabaei 2007; Najafi and Tabatabaei 2009).

جدول ۷ مقایسه کارایی مصرف آب برای عملکردریشه، عملکرد قند کل و عملکرد شکر قابل استحصال در اجرای آزمایش (۱۳۸۴)

تیمار (درصد تأمین نیاز آبی گیاه براساس مدل ET-HS)	عملکرد ریشه	کارایی مصرف آب * (کیلوگرم بر مترمکعب)	
		عملکرد قند کل	عملکرد شکر قابل استحصال
۵۰	۵/۹۱ a	۰/۹۶ a	۰/۷۱ a
۷۵	۴/۳۶ c	۰/۷۳ b	۰/۵۴ ab
۱۰۰	۴/۲۱ c	۰/۷۴ b	۰/۵۷ ab
۱۲۵	۴/۳۱ c	۰/۷۰ b	۰/۵۱ ab
۱۵۰	۴/۲۲ c	۰/۶۵ b	۰/۴۵ c
شاهد	۵/۳۵ b	۰/۸۵ ab	۰/۶۲ ab
LSD 5%	۰/۵۳۴۴	۰/۲۰۱۴	۰/۲۳۱۰

اعدادی که در هر ستون با حروف مشابه نمایش داده شده‌اند تفاوت معنی‌دار آماری با یکدیگر ندارند.

*- کارآیی مصرف اب برای دوره پس از سبز شدن منظور شده و آبیاری های اولیه برای سبز شدن در محاسبه نیامده است.

کارایی مصرف آب براساس عملکرد قند کل

عملکرد قند کل به‌دلیل این که معیار خرید چغندرقند بوده و در عملکردقند نقش اصلی را دارا می‌باشد برای تولیدکنندگان بسیار مهم می‌باشد (Pakniyat 1999). بالاترین کارایی مصرف آب برای عملکردقند به مقدار ۰/۹۶ کیلوگرم در مترمکعب در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد، یعنی به ازای مصرف یک مترمکعب آب ۰/۹۶ کیلوگرم قند ناخالص حاصل گردید که به جز تیمار شاهد با بقیه تیمارها تفاوت معنی‌دار آماری نشان داد، پایین‌ترین کارایی مصرف آب در تیمار ۱۵۰ درصد نیاز آبی حاصل شد. این عکس العمل نشان می‌دهد که در تیمار ۱۵۰ درصد نیاز آبی، آب بیشتری از نیاز گیاه مصرف شده و آب از دسترس گیاه خارج شده است، پس از تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، اختلاف بین سایر تیمارها از نظر کارایی مصرف آب براساس عملکردقند کل معنی‌دار نبود (جدول ۷).

کارایی مصرف آب براساس عملکرد شکر سفید

براساس روند تغییرات کارایی مصرف آب بر عملکرد شکر سفید مشخص می‌شود که به ازای چه مقدار آب، چه میزان قند قابل استحصال به‌دست می‌آید. بالاترین کارایی مصرف آب برای عملکرد شکر سفید در تیمارهای ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد که با تیمارهای شاهد، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه تفاوت معنی‌داری نداشت و تنها با تیمار ۱۵۰ درصد نیاز آبی گیاه تفاوت معنی‌داری حاصل گردید. این موضوع بیان‌گر این امر است که تنها تیمار ۱۵۰ درصد نیاز آبی، آب بیشتر از نیاز خود را مصرف کرده است.

Archive of SID

www.SID.ir

References: **منابع مورد استفاده:**

Allen RG, Pereira L S, Rase P, Smith A. Crop Evapotranspiration. FAO irrigation and drainage paper. 1998; 56:139-141.

Amaducci MT, Caliandro A, De Caro L, Venturi G. Effects of irrigation on different sugar beet varieties in different location and years. Proceedings of the 39th, Winter Congress of the International Institute for sugar beet Research, 1976;p 423-448.

Brisson D, Zimmer D, Sierra J, Bertuzzi P, Burger P, Bussiere F, Cabidoche YM, Cellier P, Debaeke P, Gandillere JP, Henault C, Maraux F, Seguin P, Sinoquet, H. An over-view of the crop model STICS. Eur. J. Agron. 2003; 18: 309-332.

Campel LG .Sugar beet breeding and improvement. In: M. S. Kang (ed.) Crop Improvement in the Twenty-first Century. Food Products Press, Binghamton, NY. 2002; pp. 221.

Cooke DA, Scott R.K . Sugar beet crop science into practice, published by Chapman and Hall, 1993; pp: 304.

Eitzinger J, Trnka M, Hosch J, Zalud Z, Dubrovsky M. Comparsion of CERES, WOFOST and SWAP models in simulating soil water content during growing season under different soil conditions. Ecol. Model. 2004; 171: 223-246.

Emsaki H. Effects of nitrogen fertilizer and irrigation on growth, quantity and quality characteristics of Sugar beet in Esfahan region. (MSc. thesis). Islamic Azad university, Khorasgan Branch; 1996. (in Persian, abstract in English).

Fabeiro C, martinde Santa Olalla F, Lopez R, Dominguez A. Production and quality of the sugar beet (*Beta Vulgaris* L.) cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. Agricultural Water Management. 2003; 62:215-227.

FAO . Statistical database (on line), http://apps.fao.org/page/collection?subset= agriculture and language= ES (consultation: 21 January 2002).

Geerts S, Raes D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agric. Water Manage. 2009; 96:1275-1284.

Archive of SID

www.SID.ir

Hang AM, Miller DE. Responses of sugar beet to deficit, high frequency sprinkler irrigation. Sugar beet development and portioning to root growth. Agron. J. 1986; 78:15-18.

Hargraves GH, Samani ZA. Reference crop evapotranspiration for temperature. Transactions of the ASCE, 1985;(2): 96-99.

Hassanli AM, Ahmadirad S, Beecham S. Evaluation of the influence of irrigation methods and water quality on sugar beet yield and water use efficiency. Agricultural Water Management. 2010; (97): 357-362.

Hoffmann CM, Huijbregts T, Van Swaaij N, Jansen R. Impact of different environments in Europe on yield and quality of sugar beet genotypes. Eur. J. Agron.2009;(30):17-26.

Jahadakbar MR, Ebrahimiyan HR. Evaloatin three agro management and six cultivars for irrigation management in sugar beet. Proceedings of the 5th Agronomy and Plant Breeding; 1998, Sep 6-10; Seed and Plant Improvement institute, Karaj, Iran;1998. P. 284. (in Persian, abstract in English)

Jones PD, Lister DH, Jaggard KW, Pidgeon JD. Future climate change impact on the productivity of sugar beet (*Beta Vulgaris* L.) in Europe. Climatic Change. 2003;(58): 93-108.

Najafi P, Tabatabaei A. Effects of using subsurface drip irrigation and ET-HS model to increasing WUE in Irrigation of some crop, land and water management: Decision tools and practices. 2004; (1): 34-41.

Najafi P, Tabatabaei SH. Effect of using subsurface drip irrigation and ET-HS model to increase WUE in irrigation of some crops. Irrigation and Drainage. 2007; (56): 477-486.

Najafi P, Tabatabaei SH. Comparsion of different Hargreaves-Samani methods for estimating potential evapotranspiration in arid and semi-arid regions of Iran. Research on Crops. 2009; 10: 441-447.

Ober ES, Clark CJA, Le Bloa M, Royal A, Jaggard KW, Pidgeon JD. Assessing the genetic resources to improve drought tolerance in sugar beet: agronomy triats of diverse

Archive of SID

www.SID.ir

genotypes under droughted and irrigated conditions. Field Crops Research. 2004;(90): 213-234.

Pakniyat H. Genetics and Breeding of Sugarbeet, Shiraz University Publisher, 1999; pp.437. (in Persian)

Pidgeon JP, Werker AR, Jaggard KW, Richter GM, Lister DH, Jones PD. Climatic impact on the productivity of sugar beet in Europe. Agricultural and Forest Meteorology. 2001; 109: 27-37.

Rafiee M. Assessment of salinity tolerance in different cultivars of sugar beet. (MSc thesis). Isfahan University of Technology; 1995. (in Persian, abstract in English).

Rajabi A, Ober ES, Griffiths H. Genotypes variation for water use efficiency, carbon isotope discrimination , and potential surrogate measures in sugar beet. Field Crops Research. 2009; 112: 172-181.

Sakellariou-Makrantonaki M, Kal fountzos D, Vyrlas P. Water saving and yield increase of sugar beet with subsurface drip irrigation. Global Nest. Int. J. 2002; 4: 85-91.

Schneider K, Schafer-Pregl R, Borchardt DC, Salamini F. Mapping QTLs for sucrose content, yield and quality in a sugar beet population fingerprinted by EST-related markers. Theor. Appl. Genet. 2002; 104:1107-1113.

Shrestha N, Geerts S, Raes D, Horemans S, Soentjens S, Maupas F, Clouet P. Yield response of sugar beets to water stress under Western European conditions. Agricultural Water Management. 2010; 97: 346-350.

Stegman EC, Bauer A. Sugar beet response to water stress in sandy soils. Transaction of the American Society of Agriculture Engineering. 20: 469-472.

Stockle CO, Donatelli M, Nelson R. Cropsyst, a cropping system simulation model. Eur. J. Agron. 2003; 18: 289-307.

Archive of SID

www.SID.ir

Tognetti R, Palladino M, Minnocci A, Delfine S, Alvino A. The response of sugar beet to drip and low-pressure sprinkler irrigation in Southern Italy. Agricultural Water Management. 2003; 60: 135-155.

Winter SR. Suitability of sugarebeet for limited irrigation in a semi-arid climate. Agron J. 1988; 72: 118-123.

Winter SR. Sugar beet response to nitrogen as affected by seasonal irrigation. Agron J. 1990;(82): 984-988.

Archive of SID

www.SID.ir