

بررسی برخی صفات کمی و کیفی چغندر قند در پاسخ به محلول پاشی متانول و تنش خشکی

ایمان نادعلی^{۱*}، مهرداد یارنیا^۲، فرزاد پاک‌نژاد^۳، فرهاد فرح‌وش^۴

۱. دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز و عضو باشگاه پژوهشگران جوان، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی کرج.

۲. دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. ۳. دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

۴. استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۵/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۴/۲۵

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی متانول و تنش خشکی بر عملکرد و برخی خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند (رقم رسول) آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در اردیبهشت سال ۱۳۹۱ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج واقع در ماهدشت کرج به اجرا درآمد. عامل محلول پاشی متانول با پنج سطح، شاهد (بدون محلول پاشی) و ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ درصد حجمی متانول بود. عامل آبیاری نیز دارای سه سطح بود، آبیاری نرمال (آبیاری پس از ۴۰٪ تخلیه رطوبتی قابل دسترس)، تنش ملایم (آبیاری پس از ۶۰٪ تخلیه رطوبتی قابل دسترس) و تنش شدید (آبیاری پس از ۷۰٪ تخلیه رطوبتی قابل دسترس). محلول پاشی سه بار طی فصل رشد گیاه و با فواصل ۱۴ روزه روی گیاه صورت گرفت. اولین محلول پاشی ۸۰ روز پس از کاشت انجام شد. در این آزمایش صفات کمی و کیفی نظیر عملکرد ریشه، عملکرد بخش اندام هوایی، عملکرد شکر سفید، درصد ماده خشک ریشه، مقدار درصد قند، مقدار سدیم و پتاسیم و نیتروژن مضره، درصد قند ملاس، ضریب استحصال شکر سفید و درصد قند قابل استحصال مورد ارزیابی قرار گرفتند. بین سطوح مختلف متانول اختلاف معنی‌داری در عملکرد ریشه، عملکرد بخش هوایی، عملکرد شکر سفید، ضریب استحصال شکر سفید، درصد ماده خشک ریشه، ملاس و میزان سدیم و نیتروژن مضره مشاهده شد. بهترین سطح عملکرد ریشه و عملکرد بخش هوایی و عملکرد شکر سفید متعلق به تیمار ۷ درصد حجمی متانول به ترتیب با ۶۲/۶۲، ۷۶/۷۶ و ۹/۹۱ تن در هکتار بود. بین سطوح آبیاری نیز اختلاف معنی‌داری در صفاتی مانند عملکرد ریشه، عملکرد بخش هوایی، درصد قند، درصد قند قابل استحصال، ضریب استحصال شکر سفید، عملکرد شکر سفید، پتاسیم و نیتروژن مضره و درصد ماده خشک ریشه مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: سدیم، عملکرد ریشه، عملکرد شکر سفید، ملاس، نیتروژن.

مقدمه

هنکس (Davidoff and Henks, 1989) اظهار کردند می‌توان با اعمال سیستم‌های کم‌آبیاری یا اعمال تنش خشکی بدون آنکه باعث افت معنی‌داری در کیفیت و عملکرد چغندر قند شود، به نتیجه‌ی دلخواه رسید. ولی به گفته‌ی بیشتر محققین برای رسیدن به عملکرد مطلوب در چغندر قند اتخاذ راهکارهایی که بتواند اثرات تنش خشکی را در کنار دیگر تکنیک‌های زراعی کاهش دهد بسیار حائز اهمیت است (Hsaio, 2000).

چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) از گیاهان زراعی ردیفی است که نیاز آبی بالایی دارد، به همین خاطر در مناطقی نظیر ایران که از نظر منابع آبی با محدودیت مواجه هستند توسعه‌ی رشدی آن با مشکل روبه‌رو است و این در شرایطی است که این گیاه از مهم‌ترین گیاهان صنعتی ایران به شمار می‌رود. در حال حاضر با توجه به کمبود آب و افزایش جمعیت ایران استفاده‌ی بهینه از آب و سیستم‌های آبیاری با راندمان بالا (آبیاری نواری- قطره‌ای) مورد توجه‌ی جدی قرار گرفته است (Firoozabadi et al., 2003). داویدف و

سبب افزایش وزن ریشه و برگ‌های چغندر قند شود، این در حالی است که دمرز-درکز و همکاران (Demeres-Derks et al., 1996) نیز با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن افزایش مجموع ماده خشک را بیشتر به نفع ماده خشک ریشه و محتوای ساکارز مشاهده کردند. بنابراین بکار بردن موادی که بتواند سبب افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در گیاه شود موجب تثبیت عملکرد در گیاهان می‌شود. محققان دیگر نیز افزایش عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید را بعد از محلول‌پاشی متانول گزارش کردند (Nadali et al., 2010). طبق پژوهش‌های مخدوم و همکاران (Makhdom et al., 2002) افزایش سطح برگ بر اثر محلول‌پاشی متانول سبب افزایش فتوسنتز و نهایتاً عملکرد در پنبه شد. بررسی همینگ و همکاران (Hemming et al., 1995) حاکی از افزایش کارایی تبدیل کربن و افزایش سرعت فتوسنتز در فلفل و گوجه‌فرنگی بعد از قرار گرفتن بافت برگی در معرض متانول بود. یکی از آنزیم‌های کلیدی کنترل فعالیت سیکل احیای کربن در فتوسنتز آنزیم فروکتوز ۱-۶ بیس فسفات فسفاتاز (FBPase) است. این آنزیم که بیوسنتز ساکارز در برگ‌ها را نیز از طریق چند مکانیسم و چند آنزیم دیگر بر عهده دارد با تیمار کردن گیاه با متانول فعال‌تر شد. متانول با خاصیت هیدروفوبی خود اتصال هیدروفوبی بین آنزیم فروکتوز ۱-۶ بیس فسفات فسفاتاز (FBPase) را با سایر پروتئین‌های متصل به غشا افزایش داده و در نتیجه سبب فعالیت بیشتر این آنزیم می‌شود (Andres et al., 1990). افزایش چشمگیر عملکرد نخود بعد از ۳ بار محلول‌پاشی متانول توسط بعضی از محققان گزارش داده شده است (Nadali et al., 2010; Soghani et al., 2011). آب‌وهوا به‌عنوان مهم‌ترین عامل خارجی مؤثر در عملکرد و کیفیت تکنولوژیکی چغندر قند نقش مهمی دارد (Cooke and Scott, 1993) و در این بین تنش خشکی سبب افزایش مواد محلول غیر قندی در ریشه نظیر پنتاسیم، سدیم و ترکیبات نیتروژنه نظیر آمینواسیدها و بتائین گلیسین می‌شود که این مواد مانع از استحصال شکر می‌شوند و عملکرد شکر سفید را کاهش می‌دهند (Abdollahian-Noghabi et al., 2002). در بررسی فیروزآبادی و همکاران (Firoozabadi et al., 2003) مقدار عملکرد ریشه در شرایط نرمال، تنش ملایم و شدید که به‌صورت مداوم طی فصل رشد اعمال شد به ترتیب ۵۸/۶، ۴۵/۸ و ۳۴/۷ تن در هکتار بود. معمولاً تنش خشکی سبب

طبق گزارش‌های زیبک و همکاران (Zbiec et al., 1999) افزایش غلظت دی‌اکسید کربن می‌تواند اثر ناشی از تنش خشکی را خنثی کند. یکی از راهکارهای افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در گیاهان استفاده از الکل‌ها می‌باشد که در این بین متانول از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (Nonomura and Benson, 1992). متانول الکلی است تک کربنه و بسیار فرار و به‌واسطه‌ی عامل متیل خود سریع از طریق کوتیکول برگ جذب می‌شود. اهمیت متانول به این دلیل است که این ماده محصول بعضی از واکنش‌های درون گیاهی است و کاملاً برای آن‌ها شناخته‌شده بوده و می‌تواند پس از تولید توسط بافت‌های گیاهی متابولیزه شده و در نهایت دی‌اکسید کربن در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (Gout et al., 2000). متانول در مقایسه با مولکول CO₂ کوچک‌تر است که می‌تواند به‌راحتی توسط گیاهان سه کربنه برای افزایش عملکرد ماده خشک و به‌عنوان منبع کربن درون گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ramirez et al., 2006). مهم‌ترین فایده متانول جلوگیری و کاهش اثر تنش‌های القاء شده به گیاهان زراعی در اثر انجام تنفس نوری در آن‌هاست؛ به‌عبارت‌دیگر متانول می‌تواند تنفس نوری را کاهش دهد (Safarzade Vishekaei, 2007). زیبک و همکاران (Zbiec et al., 2003) علت کاهش تنفس نوری را در گیاهان تیمار شده با متانول اکسیداسیون سریع متانول به دی‌اکسید کربن و ترکیب شدن آن با ریبولوز ۵-۱- بیس فسفات و کم شدن رقابت اکسیژن می‌دانند. همچنین طبق مطالعات همینگ و همکاران (Hemming et al., 1995) متانول می‌تواند ماهیت تنفس نوری را تغییر دهد یعنی از یک واکنش کاتابولیک به یک واکنش آنابولیک تبدیل می‌شود. در شرایط معمول یک سرین در تنفس نوری تولید می‌شود اما گیاهان تیمار شده با متانول در شرایطی که به مسیر تنفس نوری می‌روند ۲ مولکول سرین در میتوکندری خود می‌سازند که این منجر به دو برابر شدن ساکارز تولیدی می‌شود (Hemming et al., 1995). بررسی‌های نانومورا و بنسون (Nonomura and Benson, 1992) نشان می‌دهد بعد از محلول‌پاشی متانول گیاه باید برای القای تنفس نوری حتماً در معرض نور قرار بگیرد و در غیر این صورت گیاه می‌تواند با صدمات برگی روبه‌رو شود چون متانول متابولیزه نمی‌شود و منجر به سمیت می‌شود. در آزمایشی، فورد و تورن (Ford and Thorne, 1967) اظهار داشتند که افزایش غلظت دی‌اکسید کربن می‌تواند

افزایش درصد عیار قند می‌شود که علت آن از دست رفتن آب ریشه و همچنین کوچک بودن ریشه‌های چغندر قند می‌باشد که گاهی این افزایش، جبران‌کننده‌ی کاهش عملکرد ریشه در حصول به عملکرد شکر سفید بالا می‌باشد (Ranji et al., 2000).

هدف از این تحقیق ارزیابی اثر محلول پاشی متانول و تنش خشکی روی عملکرد و برخی خصوصیات کیفی و کمی نظیر عملکرد ریشه، عملکرد اندام هوایی، درصد عیار قند، درصد ماده خشک، میزان سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره، ضریب استحصال شکر سفید، ملاس، درصد مقدار شکر سفید یا شکر قابل استحصال و عملکرد شکر سفید در چغندر قند (رقم رسول) بود.

مواد و روش‌ها

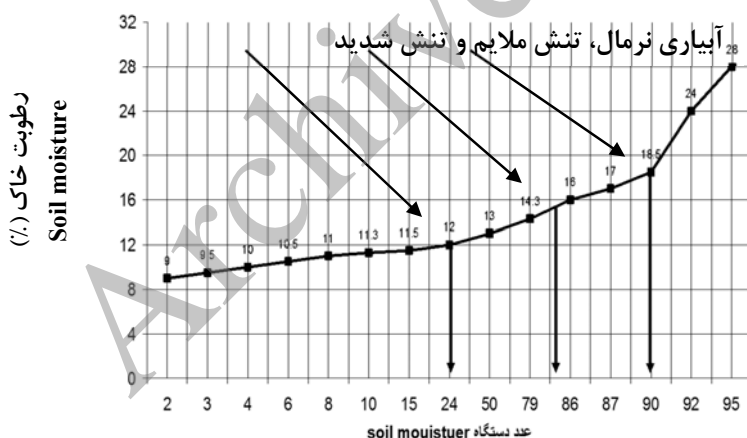
این تحقیق در سال ۱۳۹۱ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج (واقع در ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی به ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا) انجام شد. بافت خاک لوم رسی با

افزایش درصد عیار قند می‌شود که علت آن از دست رفتن آب ریشه و همچنین کوچک بودن ریشه‌های چغندر قند می‌باشد که گاهی این افزایش، جبران‌کننده‌ی کاهش عملکرد ریشه در حصول به عملکرد شکر سفید بالا می‌باشد (Ranji et al., 2000).

هدف از این تحقیق ارزیابی اثر محلول پاشی متانول و تنش خشکی روی عملکرد و برخی خصوصیات کیفی و کمی نظیر عملکرد ریشه، عملکرد اندام هوایی، درصد عیار قند، درصد ماده خشک، میزان سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره، ضریب استحصال شکر سفید، ملاس، درصد مقدار شکر سفید یا شکر قابل استحصال و عملکرد شکر سفید در چغندر قند (رقم رسول) بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۱ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج (واقع در ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی به ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا) انجام شد. بافت خاک لوم رسی با



شکل ۱. منحنی کالیبراسیون آبیاری توسط بلوک‌های گچی

Fig. 1. Calibration curve by chalk blocks

کرت شامل ۶ خط کاشت به طول ۵ متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. فاصله بوته‌ها روی خط کاشت ۲۰ سانتیمتر و تراکم بعد از اعمال تنک در هر کرت ۱۰ بوته در مترمربع بود. در پائیز جهت تهیه بستر کاشت نسبت به شخم عمیق اقدام گردید. در ادامه عملیات

محلول پاشی روی اندام هوایی سه بار طی فصل رشد و با فواصل ۱۴ روزه انجام گرفت. اولین محلول پاشی ۸۰ روز پس از کاشت انجام شد. زمان محلول پاشی ساعت ۱۶ تا ۱۹ بعد از ظهر بود. محلول پاشی بوته‌ها تا زمان جاری شدن قطره‌های محلول مورد استفاده از روی گیاه ادامه یافت. هر

[۱] $(0.06 + \text{ملاس})$ - درصد قند = شکر قابل استحصال ضریب استحصال شکر (مقدار شکر سفید قابل استحصال از ساکارز موجود در ریشه چغندر قند) نیز از طریق فرمول زیر محاسبه شد (واحد درصد):

ضریب استحصال شکر = (شکر قابل استحصال ÷ درصد قند) × ۱۰۰ [۲]

ضایعات شکر کارخانه قند معادل 0.06 در نظر گرفته شد. مقدار قند ملاس بر اساس مقدار پتاسیم، سدیم و نیتروژن مضره به وسیله یکی از فرمول‌های تجربی متداول برآورد می‌شود (Kunz et al., 2002).

[۳] عملکرد ریشه × درصد قند = عملکرد شکر سفید داده‌های جمع‌آوری شده بر اساس آزمایش کرت‌های یک‌بار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با کمک نرم‌افزار SAS تجزیه شد و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و در سطح 5% انجام گرفت.

نتایج و بحث

بررسی اثر متانول بر روی صفات کمی و کیفی چغندر قند متانول اثر معنی‌داری در سطح 1% روی صفاتی نظیر نیتروژن و درصد ماده‌ی خشک و همچنین در سطح 5% روی عملکرد ریشه، عملکرد اندام هوایی، عملکرد شکر سفید، درصد قند ملاس و میزان سدیم دارد (جدول ۱). بین سطوح مختلف متانول برای عملکرد ریشه اختلاف معنی‌دار وجود داشت و بیشترین عملکرد ریشه در سطح 7 درصد حجمی متانول به دست آمد که با سطوح 21 و 28 درصد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). سطح 7 درصد حجمی متانول با $76/62$ تن در هکتار بیشترین و سطح شاهد نیز با $61/33$ تن در هکتار کمترین عملکرد ریشه را داشتند. متانول سبب افزایش 23 درصدی عملکرد ریشه شد. در یک بررسی که روی چغندر قند انجام شد نتایج نشان داد محلول 21 درصد حجمی متانول سبب افزایش 30 درصدی عملکرد ریشه گردیده است (Nadali et al., 2010). روی برگ اکثر گیاهان زراعی باکتری‌های متیلوتروفیک زندگی می‌کنند، این باکتری‌ها قادرند در محیط‌های حاوی کربن زندگی کنند که محیط حاوی متانول یکی از بارزترین آن‌هاست. متیلوتروفیک‌ها به وسیله‌ی همزیستی با گیاهان، موجب ساخته شدن هورمون‌های رشد مانند اکسین و سیتوکینین شده و سبب افزایش رشد در گیاهان می‌شوند (Lee et al., 2006). همچنین متانول با

خاک‌ورزی در بهار نسبت به اجرای شخم سبک، دیسک و تسطیح و خط‌کشی اقدام گردید. کود نیتروژن در دو قسمت یک نوبت همزمان با کاشت و نوبت بعدی پس از تنک و وجین و استقرار کامل بوته‌ها (مرحله ۶ برگی) در مزرعه مورد استفاده قرار گرفت. مقدار کل مصرف کود نیتروژن 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره بود. همچنین همزمان با کاشت 200 کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به زمین داده شد و زمان کاشت بذر 16 اردیبهشت و رقم مورد استفاده رقم رسول بود. از آنجائی که چغندر قند به تنش‌های محیطی نظیر تنش خشکی در مراحل اولیه رشد حساس است بنابراین در مرحله جوانه‌زنی تا استقرار کامل گیاه آبیاری به اندازه کافی انجام شد و از مرحله ۸ برگی به بعد با توجه به تخلیه رطوبت تیمار تنش خشکی اعمال شد. سیستم آبیاری مورد استفاده نواری - قطره‌ای (Tape) بود. برداشت نهایی در اواخر آبان ماه 1391 از خطوط چهار و پنج هر کرت و با صرف نظر کردن از 0.5 متر از انتهای هر خط کاشت در سطح $4/8$ متر مربع انجام شد. نمونه‌ها پس از جدا کردن اندام هوایی در مزرعه جهت تجزیه کیفی به آزمایشگاه منتقل شدند. ریشه‌های برداشت شده از هر کرت شسته شده و پس از توزین به‌طور تصادفی از مجموع آن‌ها توسط دستگاه و نما خمیر تهیه و در ظروف مخصوص قرار داده شد. پس از گذاشتن پوشش نایلونی روی سینی‌های مخصوص حاوی نمونه‌ها، آن‌ها بلافاصله به فریزر منتقل و تا زمان تجزیه کیفی در دمای $20-$ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

برای تجزیه کیفی هر نمونه پس از خارج شدن از حالت انجماد از هر نمونه 26 گرم خمیر با 177 میلی‌لیتر سواستات سرب در همزن ریخته و به مدت 3 دقیقه مخلوط شد. پس از انتقال مخلوط به قیف صافی شربت زلالی حاصل گردید. در شربت حاصله درصد قند به روش پلاریمتری توسط دستگاه ساکاریمتر و سدیم و پتاسیم به روش فلیم فتومتری و نیتروژن مضره به روش عدد آبی و استفاده از دستگاه بتالایزر اندازه‌گیری شد (Kunz et al., 2002).

با توجه به غلظت ناخالصی‌های موجود مقدار شکر سفید یا شکر قابل استحصال برحسب گرم شکر در 100 گرم چغندر قند و درصد قند ملاس برحسب گرم شکر در 100 گرم چغندر قند و عملکرد شکر سفید برحسب تن در هکتار بر مبنای روابط زیر محاسبه شد: (Abdollahian-Noghabi et al., 2005).

نیترژن اثر رشدی بهتری روی گیاه دارد تا سدیم سلولها با خاصیت جذب انتخابی خود بیشتر میل به جذب نیترژن داشته‌اند و سطح ۷٪ بین سدیم و نیترژن، نیترژن را بیشتر جذب کرده است. درصد قند ملاس نیز تحت تأثیر محلول پاشی متانول در سطح ۵٪ قرار گرفت (جدول ۱) و سطح شاهد بیشترین مقدار را داشت (جدول ۲) و با توجه به اینکه نمک سدیم نقش مهم‌تری را نسبت به نیترژن از نظر هدر رفتن قند از طریق ملاس ایفا می‌کند (Ober, 2001) و در این تحقیق سطح شاهد نیز در جذب سدیم بیشترین مقدار را داشت، پس افزایش ملاس در سطح شاهد منطقی به نظر می‌آید. متانول اثر معنی‌داری روی درصد قند قابل استحصال داشت و سطح ۷٪ نسبت به شاهد افزایش ۱۱٪ داشت (جدول ۲ و ۱). احتمالاً دلیل این افزایش کم بودن ملاس سطح ۷٪ نسبت به سطح شاهد است که بیشترین مقدار قند ملاس را داشته است (جدول ۲). ضریب استحصال شکر نیز در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). سطح ۷٪ بیشترین و شاهد کمترین مقدار ضریب استحصال شکر را داشتند (جدول ۲). افزایش ضریب استحصال یعنی اینکه سطح ۷٪ با جذب کمتر ناخالصی‌ها و کاهش قند ملاس خود کریستاله شدن ساکارز را تسهیل کرده است. با توجه به فرمول ضریب استحصال شکر بین این صفت و درصد قند قابل استحصال یک رابطه‌ی مستقیم وجود دارد. بین سطوح مختلف متانول افزایش معنی‌داری در سطح ۷٪ حجمی متانول در درصد ماده خشک ریشه دیده شد و نسبت به شاهد افزایش ۱۴ درصدی داشت. از آنجایی که متانول به‌عنوان یک منبع کربن در اسیمیلایون گیاه نقش بارزی دارد و ۹۵٪ دی‌اکسید کربن که به‌عنوان منبع کربن است صرف تولید ماده خشک می‌شود، پس می‌توان گفت متانول سبب افزایش ماده‌ی خشک از طریق افزایش منبع کربن بوده است. اثر متانول بر عملکرد شکر سفید نیز در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). سطح ۷٪ درصد حجمی متانول بیشترین مقدار عملکرد شکر سفید را داشت و با سطوح ۲۱، ۱۴ و ۲۸ درصد حجمی متانول اختلاف معنی‌داری نداشت. سطح ۷٪ حجمی متانول با ۹/۹۱ تن در هکتار بیشترین مقدار عملکرد شکر سفید و سطح شاهد با ۶/۷۴ تن در هکتار کمترین مقدار را داشت (جدول ۲). سطح ۷ درصد حجمی متانول نسبت به شاهد افزایش ۴۷ درصدی در عملکرد شکر سفید داشت. از آنجاکه عملکرد شکر سفید تابعی از درصد شکر قابل استحصال و عملکرد

تأخیر در پیری برگ‌ها سبب فعالیت فتوسنتزی بیشتر در برگ‌ها شده و این سبب افزایش عملکرد می‌شود (Ramirez et al., 2006). بیشترین عملکرد برگ متعلق به سطح ۷ درصد حجمی با ۶۱/۷۲ تن در هکتار و کمترین مقدار را نیز سطح شاهد با ۴۹/۲ تن در هکتار داشت (جدول ۲). متانول سبب افزایش ۲۴ درصدی اندام هوایی در سطح ۷ درصد حجمی متانول شد. احتمالاً افزایش شاخص سطح برگ گیاهان تیمار شده با متانول یکی از علل افزایش عملکرد برگ در گیاهان می‌باشد (Makhdum et al., 2002). یکی دیگر از دلایل افزایش عملکرد در گیاهان تیمار شده با متانول افزایش دوره‌ی فعال فتوسنتزی برگ‌هاست که در اثر به تعویق افتادن پیری آن‌ها صورت می‌گیرد. طبق بررسی‌های انجام‌شده الکل‌های زنجیره کوتاه با ممانعت از ساخته‌شدن پیش ماده‌ی تولید اتیلن از تولید این هورمون بازدارنده جلوگیری می‌کنند (Heins et al., 1980). همچنین متانول باعث افزایش فشار آماس سلول در برگ‌ها می‌شود که به رشد و توسعه‌ی برگ‌ها نیز کمک می‌کند (Zbiec et al., 2003). در بررسی دیگر محققین افزایش ۳۱ درصدی عملکرد برگ را در چغندر قند بعد از محلول پاشی متانول گزارش کردند (Nadali et al., 2010). میزان درصد عیار قند تحت تأثیر سطوح مختلف متانول قرار نگرفت، علت این امر می‌تواند افزایش معنی‌دار (سطح ۱٪) میزان نیترژن مضره در سطوح محلول پاشی شده باشد (جدول ۲) چون این املاح از تجمع ساکارز در بافت پارانشیمی جلوگیری کرده و میزان عیار قند را کم می‌کنند (Cooke and Scott, 1993). سطح ۷ درصد حجمی متانول بیشترین میزان جذب نیترژن را داشت و سطح شاهد نیز کمترین مقدار را به خود اختصاص داد (جدول ۲). علت این افزایش احتمالاً به دلیل جذب عناصر برای تنظیم فشار اسمزی در گیاه چغندر قند به‌منظور افزایش آماس و رشد و تجمع ماده‌ی خشک می‌باشد (Arnon, 1996). با توجه به زیاد بودن مقدار نیترژن مضره در سطح ۷ درصد حجمی متانول، افزایش عملکرد ریشه و برگ در این سطح مؤید این است که احتمالاً همین نیترژن سبب تحریک رشد رویشی شد. میزان سدیم نیز در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۱) و شاهد بیشترین و سطح ۷ درصد کمترین مقدار را داشتند (جدول ۲)، گیاهان پس از محلول پاشی متانول برای رشد بهتر به جذب بیشتر عناصر تمایل پیدا می‌کنند (Zbiec et al., 2003)، به نظر می‌رسد با توجه به اینکه

ریشه است، بنابراین افزایش هرکدام منجر به افزایش عملکرد شکر سفید خواهد شد (Firoozabadi et al., 2003). در این آزمایش سطح ۷٪ حجمی متانول سبب

جدول ۱. تجزیه واریانس برای صفات کمی و کیفی چغندر قند

Table 1. Analysis of variance quantitative and quality traits in sugar beet

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	Mean squares			میانگین مربعات	
			عملکرد شکر سفید WSY	درصد قند ملاس MSC	درصد شکر قابل استحصال WSC	ضریب استحصال شکر ECS	درصد قند SC
Block	بلوک	2	6.231 ^{ns}	1.559 ^{**}	2.583 ^{ns}	0.1398 ^{ns}	74.31 [*]
Irrigation (I)	آبیاری	2	5.22 ^{ns}	0.367 ^{ns}	11.337 [*]	10.01 [*]	62.08 ^{ns}
Error a	خطای الف	4	5.99	0.47	12.109	9.74	67.83
Methanol (M)	متانول	4	10.616 [*]	0.631 [*]	6.27 [*]	3.49 ^{ns}	57.66 [*]
M×I	آبیاری × متانول	8	1.617 ^{ns}	0.454 ^{ns}	1.652 ^{ns}	0.807 ^{ns}	24.62 ^{ns}
Error b	خطای ب	24	2.83	0.246	3.853	3.063	24.54
CV (%)	ضریب تغییرات (%)	-	18.58	13.9	15.8	10.55	6.67

Table 1. Continued

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	Mean squares			میانگین مربعات		
			عملکرد نیتروژن N	عملکرد پتاسیم K	عملکرد سدیم Na	درصد ماده خشک ریشه DM	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد برگ Shoot yield
Block	بلوک	2	4.969 ^{**}	0.677 ^{ns}	10.841 ^{**}	117.8 ^{ns}	1880 ^{ns}	6.54 [*]
Irrigation (I)	آبیاری	2	4.462 [*]	1.392 [*]	1.66 ^{ns}	1076.2 ^{**}	1085.3 ^{**}	9.45 [*]
Error a	خطای الف	4	2.477	0.237	4.872	39.38	47.79	10.23
Methanol (M)	متانول	4	1.864 ^{**}	0.071 ^{ns}	5.193 [*]	163.05 [*]	272.06 [*]	13.63 ^{**}
M×I	آبیاری × متانول	8	0.5837 ^{ns}	0.378 ^{ns}	2.43 ^{ns}	136.1 ^{ns}	95.31 ^{ns}	0.58 ^{ns}
Error b	خطای ب	24	0.3538	0.353	1.619	50.02	76.15	2.43
CV (%)	ضریب تغییرات (%)	-	20.12	12.33	19.12	12.82	12.57	6.54

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ns: غیر معنی‌دار

* and **: significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non-significant

SC= Sugar content, WSC= White sugar content, MSC= Molasses sugar content, WSY= White sugar yield.

هکتار بیشترین عملکرد ریشه را داشت و سطح تنش خشکی شدید نیز کمترین مقدار را به خود اختصاص داد (جدول ۲). بین سطوح تنش خشکی ملایم و شدید اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). از آنجاکه رشد سلول وابسته به

بررسی اثر سطوح آبیاری بر روی صفات کمی و کیفی چغندر قند بین سطوح مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد (جدول ۱) و سطح آبیاری نرمال با ۸۰/۱۳ تن در

تنش خشکی جذب سدیم کاهش می‌یابد و علت آن به دلیل قابلیت جایگزینی پتاسیم با سدیم است (Ober, 2001). جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد (جدول ۱) بین سطوح مختلف آبیاری روی صفت درصد قند قابل استحصال اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود داشت و با افزایش روند تنش خشکی درصد قند قابل استحصال افزایش یافت (جدول ۲). با کم شدن میزان آب قابل دسترس، گیاه می‌تواند درصد قند قابل استحصال را افزایش دهد (Firoozabadi et al., 2003)، با توجه به اینکه درصد قند قابل استحصال ارتباط مستقیم با درصد عیار قند و میزان ملاس دارد، بنابراین افزایش درصد قند قابل استحصال در شرایط تنش خشکی در این تحقیق با توجه به اینکه در این تحقیق مقدار ملاس تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری قرار نگرفته است احتمالاً به دلیل افزایش درصد عیار قند می‌باشد. درصد ماده خشک ریشه نیز تحت شرایط تنش خشکی افزایش معنی‌داری در سطح ۵٪ نشان داد (جدول ۱) و تنش خشکی شدید بیشترین مقدار را داشت (جدول ۲). تحت شرایط تنش خشکی میزان آب بافت ریشه کم می‌شود و ماده خشک آن زیاد می‌شود و علت افزایش درصد عیار قند نیز در شرایط تنش خشکی به همین علت است (Mirzaei et al., 2007). بین سطوح مختلف آبیاری نیز در صفت ضریب استحصال شکر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ مشاهده شد (جدول ۱) و در تنش خشکی شدید بیشتر بود هرچند با تنش ملایم اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). با توجه به فرمول ضریب استحصال شکر چون بین درصد قند قابل استحصال و ضریب استحصال شکر یک رابطه‌ی مستقیم وجود دارد و در این بررسی درصد قند قابل استحصال در شرایط تنش خشکی شدید افزایش پیدا کرده است پس روند این دو صفت کاملاً شبیه به هم هستند. بین سطوح مختلف تنش خشکی و آبیاری نرمال در صفت عملکرد شکر سفید اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). احتمالاً دلیل این موضوع افزایش معنی‌دار درصد قند قابل استحصال در شرایط تنش خشکی شدید و ملایم بوده است و اثربخشی این صفت روی عملکرد شکر سفید از عملکرد ریشه بیشتر بوده است. با توجه به جدول آبیاری در سال اول آزمایش پس می‌توان با صرفه جویی در آب مصرفی و از طریق افزایش قند قابل استحصال به عملکرد شکر سفید مناسبی رسید.

آماس سلول است پس تحت شرایط تنش خشکی رشد سلولی کاهش یافته و عملکرد ریشه کاهش می‌یابد (Gardner et al., 1985). بر اساس گزارش‌های سرمندیا و کوچکی (۱۳۷۱) کاهش میزان آب قابل دسترس باعث تغییرات مورفولوژیک در گیاهان مانند کاهش تعداد و اندازه برگ و نهایتاً توقف رشد برگ‌ها و ریزش آن‌ها می‌گردد. در مطالعه تأثیر تنش خشکی بر چغندر قند توسط وزان و همکاران (۱۳۸۱) روشن شد که تحت تأثیر تنش خشکی محتوای پرولین و آبسزیک اسید سریعاً افزایش یافته و میزان رشد گیاه و عملکرد کاهش یافته است. بین سطوح نرمال و سطوح تنش نیز در عملکرد برگ اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود داشت و سطح نرمال مقدار اندام هوایی بیشتری داشت (جدول ۲). تنش سبب تأخیر در ظهور برگ، توسعه کندتر برگ و کاهش تولید مواد فتوسنتزی و تسریع پیری می‌شود (Clover et al., 1998). اثر سطوح آبیاری بر مقدار درصد قند معنی‌دار بود (جدول ۱). در شرایط تنش خشکی مقدار عیار قند افزایش معنی‌داری در سطح ۵٪ نشان داد و در شرایط تنش شدید عیار قند بیشتری مشاهده شد که نسبت به سطح آبیاری نرمال افزایش ۱۳ درصدی داشت (جدول ۲). بالا بودن عیار قند در شرایط تنش خشکی بیشتر به علت از دست رفتن آب ریشه و کوچک بودن ریشه‌ها تحت این شرایط می‌باشد (Ranji et al., 2000). یکی از سازوکارهای گیاهان در شرایط تنش خشکی شکستن پلی‌ساکاریدها به مونوساکاریدها و در نتیجه افزایش غلظت مواد قندی در سلول است (Shore et al., 1982). تنش خشکی سبب افزایش میزان پتاسیم در سطح ۵٪ و نیتروژن مضره در سطح ۱٪ شد (جدول ۱) که بیشترین میزان متعلق به سطح تنش خشکی شدید و کمترین متعلق به سطح آبیاری نرمال بود (جدول ۲). یکی از خصوصیات مقاومت به خشکی در گیاهان تصحیح اسمزی است که گیاه طی آن می‌تواند پتانسیل اسمزی آب درون سلولی را از طریق تجمع مواد محلول در سلول کاهش دهد تا در مقابله با تنش خشکی با از دست رفتن آماس سلولی بتواند نیرویی مضاعف برای جذب آب در ریشه ایجاد کند مثلاً در چغندر قند سلول شروع به ساخت ترکیب‌های نیتروژن دار تنظیم‌کننده‌ی فشار اسمزی مانند بتائین در برگ کرده و سپس آن‌ها را به ریشه انتقال می‌دهد (Firoozabadi et al., 2003). تنش خشکی اثر معنی‌داری روی جذب سدیم نداشت و اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۱). تحت شرایط

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات کمی و خصوصیات کیفی چغندر قند

Treatment	تیمار	عملکرد شکر		درصد شکر قابل استحصال		نیترژن		پتاسیم		سدیم		عملکرد برگ		عملکرد ریشه		درصد ماده خشک		
		WSY (تن در هکتار)	سفید (تن در هکتار)	MSC (%)	WSC (%)	N (meq. 100 g sugar ⁻¹)	K (meq. 100 g sugar ⁻¹)	Na (meq. 100 g sugar ⁻¹)	SC (%)	Shoot yield (T/ha)	Root yield (T/ha)	DM (%)	عملکرد شکر	عملکرد ریشه	عملکرد برگ	عملکرد ریشه	عملکرد شکر	عملکرد ریشه
Metanol																		
Control	شاهد	6.74b		4.06a	10.75b	1.9c	5.4a	6.61a	15.48a	49.29c	61.33c	69.35b	22.04c					
7%	۷٪	9.91a		3.54ab	12.96a	2.83a	5.48a	4.37b	17.15a	61.72a	76.62a	75.13a	25.18a					
14%	۱۴٪	8.68a		3.26b	12.77a	2.81ab	5.26a	5.034b	16.62a	52.88bc	68.05bc	76.51a	24.5ab					
21%	۲۱٪	8.66a		3.61ab	12.11ab	2.05bc	5.4a	5.47ab	16.37a	57.44ab	73.03ab	73.8ab	23.4bc					
28%	۲۸٪	8.64a		3.4b	12.43ab	2.12abc	5.3a	4.95b	16.49a	56.27ab	69.48ab	75.4a	24ab					
	Lsd(5%)	1.54		0.508	1.54	0.764	0.62	1.34	1.716	6.68	7.78	4.91	1.57					
Irrigation																		
Normal	شاهد	9.03a		3.73a	11.094b	2.039b	5.11b	5.58a	15.46b	65.95a	80.13a	71.5b	22.7b					
Mild stress	تنش ملایم	8.07a		3.49a	12.25ab	2b	5.33ab	5.38a	16.33ab	49.2b	65.11b	74.43ab	24.11a					
Severe stress	تنش شدید	8.47a		3.46a	13.2a	2.99a	5.66a	4.9a	17.5a	51.4b	63.8b	76.13a	24.68a					
	Lsd(5%)	1.197		0.394	1.481	0.592	0.483	1.03	1.32	5.17	6.1	3.8	1.22					

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل که دارای یک حرف مشابه هستند، بر اساس LSD آزمون تفاوت معنی‌داری ندارند. Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using LSD test. SC= Sugar content, WSC= White sugar content, MSC= Molasses sugar content, WSY= White sugar yield.

سیستم کم آبیاری هم هزینه‌ی آبیاری را کم کرد و هم به کشاورزی پایدار نزدیک شد؛ (۳) از آنجایی که اثرات متقابل متانول و تنش خشکی معنی‌دار نشده است و فرض صفر رد نشد پس نمی‌توان از این ماده به‌عنوان یک ماده‌ی ضد تنشی در شرایط خشکی استفاده کرد و اثر تنش خشکی را خنثی کرد اما می‌توان به‌عنوان یک منبع کربن در افزایش عملکرد ریشه، برگ و شکر سفید استفاده می‌شود.

نتیجه‌گیری نهایی

می‌توان به‌طور کلی نتیجه‌گیری کرد که (۱) آبیاری کامل بالاترین میزان عملکرد ریشه را به دنبال داشت اما عیار قند کاهش داشت؛ (۲) در سیستم کم آبیاری اگرچه عملکرد ریشه کاهش می‌یابد اما میزان عملکرد شکر سفید به‌عنوان عملکرد اقتصادی نسبت به آبیاری نرمال تغییری نمی‌کند چون میزان عیار قند افزایش پیدا کرده است، پس می‌توان با

منابع

- Abdollahian-Noghabi, M., Sadeghian, S.Y., 2002. Change in the concentrations of glycinebetaine, glutamine and sugars in sugar beet subjected to soil moisture deficit. Pp. 375-382. In: Proceedings of the 65th IIRB Congress, February 2002, Brussels, Belgium.
- Abdollahian-Noghabi, M., Sheykhoul Eslami, R., Babayi, B., 2005. Terms and definitions of quality and quantity of sugar beet, technological, technical abbreviations. *Sugar Beet*. 21(1), 101-104. [In Persian with English Summary].
- Andres, R.J., Lazaro, A., Chueca, R., Hermoso, L., Gorge, L., 1990. Effect of alcohols on the association of photosynthetic fructose- 1, 6-bisphosphatase to thylakoid membranes. *Plant Physiology*. 78, 409-413.
- Aron, I., 1996. Crop production in dry regions. Leonard Hill, London. 650p.
- Clover, G., Smith, H., Jaggard, K., 1998. The crop under stress. *British Sugar Beet Review*. 66(3), 17-19.
- Cooke, D., Scott, R., 1993. *The Sugar Beet Crop: Science into Practice*. Chapman and Hall, New York. 195p.
- Davidof, B., Hanks, R., 1989. Sugar beet production as influenced by limited irrigation. *Irrigation Science*. 133(1), 1-17.
- Demmers-Derks, H., Mitchel, R.A.C., Mitchell, V.J., Driscoll, S.P., Gibbard, C., Lawlor, D.W., 1996. Sugar beet under climatic change: photosynthesis and production. *Aspect Applied Biology*. 45, 163-170.
- Firoozabadi, M., Abdollahian-Noghabi, M., Rahimzadeh, F., Moghadam, M., Parsaeyan, M., 2003. Effects of different levels of continuous water stress on the yield quality of three sugar beet lines. *Sugar Beet*. 19(2), 133-142. [In Persian with English Summary].
- Ford, M., Thorne, G., 1967. The effect of CO₂ concentration on the growth of sugar beet, barely, kale, maize. *Annals of Botany*. 31, 630-644.
- Gardner, F., Brentpearce, R., Mitchell, R., 1985. *Crop Physiology*. Iowa States University Press. 404p.
- Gout, E., Aubert, S., Blingy, R., Rebeille, Nonomura, A.R., 2000. Metabolism of methanol in plant cells. Carbon-13 nuclear magnetic resonance studies. *Plant Physiology*. 123, 287-296.
- Heins, R., 1980. Inhibition of ethylene synthesis and senescence in carnation by ethanol. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 105(1), 141-144.
- Hemming, D., Criddle, R., 1995. Effects of methanol on plant respiration. *Journal of Plant Physiology*. 146, 193-198.
- Hsiao, T.C., 2000. Leaf and root growth in relation to water status. *Horticultural Science*. 35, 1051-1058.
- Kunz, M., Martin, D, Puke, H., 2002. Precision of beet analyses in Germany explained for polarization. *Zuckerindustrie*. 127, 13-21.
- Lee, H.S., Madhaiyan, C.W., Kim, S.J., Choi, K.Y., Chung, T.M., 2006. Physiological enhancement of early growth of rice seedling (*Oryza sativa* L.) by production of phytohormone of N₂-fixing methylotrophic isolated. *Bio fertilizer Soils*. 42, 402-408.
- Makhdum, M.I., Malik, M.N.A., Din, S.U., Ahmad, F., Chaudhry, F.I. 2002. Physiology response of cotton to methanol foliar

- application. Journal of Agriculture Research. 13, 37-43.
- Mirzaei, M., Rezvani, M., 2007. Effects of water deficit on quality of sugar beet at different growth stages. Sugar Beet. 23(1), 29-42. [In Persian with English Summary].
- Nadali, I., Paknejad, F., Moradi, F., Vazan, S., Tookalo, M., Jami Al-Ahmadi, M., Pazoki, A., 2010. Effect of foliar application of methanol on sugar beet (*Beta vulgaris*). Australian Journal of Crop Science. 4(6), 398-401.
- Nadali, I., Paknejad, F., Soghani, M., Elahipanah, F., Ghafari, M., 2010. Effect of methanol on yield, yield component and growth indices in chick pea. Journal of Crop Ecophysiology. 2(3), 176-184. [In Persian with English Summary].
- Nonomura, A.M., Benson, A., 1992. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America. 89, 9794-9798.
- Nonomura, A.M., Andrew, A., Benson, A., 1997. Method and composition for enhancing carbon fixation in plants. Proceedings of the National Academy of Sciences. 9, 36-60.
- Ober, E., 2001. The search for drought tolerance in sugar beet. British Sugar Beet Review. 69(1), 40-43.
- Paknejad F., Majidi heravan, E., Noormohammadi, Q., Siyadat, A., Vazan, S., 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. American Journal of Biochemistry and Biotechnology. 5(4), 162-169.
- Ramirez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A., Pen a-cortes, H., 2006. Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of Arabidopsis, Tobacco and tomato plants. Plant Growth Regulation. 25, 30-44.
- Ranji, Z., Chegini, M., Tohidloo, G.H., Abdollahian-Noghabi, M., 2000. Investigation of drought stress tolerance on physiological traits in sugar beet related to nitrogen and potassium. Reports in part of breeding research. Sugar Beet Research Institute. [In Persian].
- Safarzade Vishkaei, M., 2007. Effects of methanol on growth and yield of peanut. Ph.D thesis. Sciences and Research unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran, 232p. [In Persian].
- Shore, M., Dutton, J.V., Houghton, B.J., Bowler, G., 1982. How much is that extra nitrogen fertilizer costing you? British Sugar Beet Review. 50, 54-55.
- Soghani, M., Paknejad, F., Nadali, I., Elahipanah, F., Ghafari, M., 2011. Effect of methanol on yield and yield component in chickpea. Journal of Crop and Weed Ecophysiology. 15(17), 79-88. [In Persian with English Summary].
- Zbiec, I.I., Karczmarczyk, S., Koszanski, Z., 1999. Influence of methanol on some cultivated plants. Department of Plant Production and Irrigation, Agricultural University of Szczecin Poland. 73, 217-220.
- Zbiec, I., Karczmarczyk, S., Podsiadlo, C. 2003. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. 6(1),1-7.