



واکنش خصوصیات کمی و کیفی چغندرقد به محلول پاشی متانول در شرایط مختلف رطوبت قابل دسترس[†]

The response of quantitative and qualitative characteristics of sugar beet to foliar application of methanol under drought stress

مهدی صادقی شعاع^{*۱} و فرزاد پاک‌نژاد^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۲

نوع مقاله: پژوهشی

DOI:10.22092/JSB.2024.353612.1264

م. صادقی شعاع و ف. پاک‌نژاد. ۱۴۰۲. واکنش خصوصیات کمی و کیفی چغندرقد به محلول پاشی متانول در شرایط مختلف رطوبت قابل دسترس. چغندرقد، ۳۹(۱): ۳۶-۲۵.

چکیده

با توجه به محدودیت‌هایی که تنش کم‌آبی بر روی گیاهان ایجاد می‌کند، استفاده از راهکارهایی که باعث کنترل یا کاهش اثرات سوء ناشی از کم‌آبی گردد، می‌تواند مدنظر قرار گیرد. به منظور بررسی اثر محلول پاشی متانول بر برخی از صفات کمی و کیفی چغندرقد در شرایط مختلف رطوبت قابل دسترس، آزمایش مزرعه‌ای طی دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران، به صورت اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول، میزان آبیاری در دو سطح (S1: نرمال (آبیاری بعد از ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس) و S2: تنش (آبیاری بعد از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس) و فاکتور دوم، غلظت‌های مختلف متانول با سه سطح (شاهد)، ۱۴ و ۲۸ درصد حجمی متانول بودند که فاکتور اول در پلات اصلی و فاکتور دوم در پلات فرعی قرار گرفتند. صفات مورد بررسی شامل عملکرد ریشه، عیار قند، سدیم، پتاسیم، نیتروژن، آلکالیت، درصد قند قابل استحصال، قند ملاس، عملکرد شکر و عملکرد شکر سفید بود. نتایج نشان داد که متانول بدون در نظر گرفتن مقدار رطوبت قابل دسترس می‌تواند باعث افزایش میزان عملکرد ریشه، عملکرد شکر و عملکرد شکر سفید گردد؛ به طوری که بیشترین عملکرد ریشه مربوط به سطح ۱۴ و ۲۸ درصد حجمی متانول به ترتیب با ۷۰/۱۲ و ۶۸/۸۷ تن در هکتار بود که این دو از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، چغندرقد، خصوصیات کیفی، عملکرد ریشه، عملکرد شکر سفید، متانول

†- این مقاله مستخرج از پایان نامه دانشجویی کارشناسی ارشد تحت عنوان «تاثیر محلول پاشی متانول و میزان آب قابل دسترس بر عملکرد و اجزای عملکرد چغندرقد» از دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج می‌باشد.

۱- استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. * - نویسنده مسئول
mehdi.sadeghishoae@gmail.com



۲- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران.

مقدمه

از راهکارهای کاهش اثر سوء تنش خشکی: حفظ تثبیت دی‌اکسید کربن، کاهش میزان تعرق و همچنین کاهش تنفس نوری در این شرایط است، از طرفی پدیده‌های غیرروزنه‌ای ناشی از تأثیر تنش کم‌آبی بر صفات فیزیولوژیکی گیاه مانند شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، وزن مخصوص برگ و کارایی مصرف منابع از جمله کارایی مصرف آب می‌باشد (Earl Davis 2003). گزارش‌ها نشان داده است که محلول پاشی متانول بر اندام‌های هوایی گیاهان باعث افزایش عملکرد، تسریع رسیدگی، کاهش اثر تنش خشکی و کاهش نیازآبی گیاهان تیمار شده می‌شود (Benson Nonomura 1992). در گیاهانی که با تنش خشکی مواجه هستند، محلول پاشی متانول سبب جلوگیری از کاهش بیوماس در آنها می‌شود و همچنین متانول باعث خنک شدن برگ‌ها در هوای گرم می‌گردد (Heins 1980).

مطالعات دولین و همکاران (Devlin et al. 1994) نشان‌دهنده‌ی این مطلب بود که محلول پاشی متانول باعث افزایش میزان وزن کل گیاه، ماده خشک، عملکرد و شاخص برداشت در گیاهان مختلف گردید، آنها پیشنهاد دادند که متانول به‌عنوان یک منبع کربن در فتوسنتز و همچنین کاهش میزان تنفس نوری در گیاهان اثرات مثبت می‌گذارد. بر اساس گزارش‌ها، به‌طور عادی ۳۰-۲۵ درصد از مواد فتوسنتزی در فرآیند تنفس نوری مصرف شده و حدود ۳۰ درصد ماده خشک خالص به‌عنوان محصول تولید می‌شود (Boyer 1982). محلول پاشی متانول همچنین باعث تأخیر در پیری برگ‌ها از طریق تأثیر آن بر روی محرک‌های تولید اتیلن در گیاه می‌گردد (Heins 1980). گزارش‌های زیادی نیز مبنی بر افزایش سطح برگ در اثر محلول پاشی متانول وجود دارد (Mirakhori et al. 2009; Makhdum et al. 2002).

استفاده از متانول باعث تولید دی‌اکسید کربن در برگ‌ها و در نتیجه سرعت بخشیدن فتوسنتز در گیاه چغندر قند می‌شود، به‌خصوص در شرایط تنش کم‌آبی که روزه‌ها بسته می‌شوند، دی‌اکسید کربن به دلیل اینکه مولکول نسبتاً بزرگی است نمی‌تواند عبور کند، بنابراین گیاه دچار کمبود دی‌اکسید کربن می‌گردد و به مکانیزم دفاعی تنفس نوری پناه می‌برد، از طرفی متانول که مولکول کوچکی نسبت به دی‌اکسید کربن تلقی می‌شود، در این شرایط به راحتی از روزه‌ها عبور کرده و در آنجا به دی‌اکسید کربن متابولیزه می‌گردد، بنابراین گیاه با کاهش دی‌اکسید کربن مواجه نمی‌گردد، این مسئله در شرایط تنش خشکی و هوای گرم بسیار حائز اهمیت است (Zbiec et al. 1999).

محلول پاشی متانول باعث تحریک باکتری‌های متیلوتروف می‌شود، باکتری‌های متیلوتروف در لایه فیلوسفر برگ زندگی می‌کنند و با تولید اکسین و سایتوکینین و همچنین ویتامین B₁₂، می‌توانند در رشد و نمو گیاهان اثر مثبت بگذارند (Ivanova et al. 2001). طبق گزارش‌های ایوانوا و همکاران (Ivanova et al. 2000) محلول پاشی متانول باعث افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز به میزان ۵۰ درصد در گوجه فرنگی و چغندر قند شد. قابل ذکر است که محلول پاشی متانول سبب تخریب کلروفیل در بافت گیاهی می‌شود که برای حل این مشکل به هریک از محلول‌های متانول بایستی مقدار دو گرم در لیتر گلاسیسین اضافه کرد، همچنین گلاسیسین میزان سمیت نوری را در زمان محلول پاشی به حداقل میزان خود می‌رساند (Rajala et al. 1998).

صادقی شاع و همکاران (Sadeghi Shoaie et al. 2012) طی آزمایشی که بر روی چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) با عوامل محلول پاشی متانول و فواصل محلول پاشی انجام دادند، گزارش کردند که متانول باعث افزایش عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید در چغندر قند می‌شود. همچنین طی گزارش

۶ دقیقه طول شرقی به ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا انجام گردید. بافت خاک لومی رسی و شوری در عمق ۳۰-۰ سانتی متری خاک برابر ۵/۵۵ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته آن ۷/۶ بود. این آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول، میزان آبیاری با دو سطح (S1: نرمال (آبیاری پس از ۴۰٪ تخلیه رطوبتی قابل دسترس) و S2: تنش کم‌آبی (آبیاری پس از ۷۰٪ تخلیه رطوبتی قابل دسترس)) و فاکتور دوم شامل غلظت متانول با سه سطح (M1: شاهد (بدون محلول پاشی)، M2: ۱۴ و M3: ۲۸ درصد حجمی متانول) بود که به هر کدام از سطوح ۲ گرم در لیتر گلابسین اضافه شد؛ به طوری که فاکتور سطوح آبیاری در پلات اصلی و فاکتور غلظت متانول در پلات فرعی قرار گرفت. رقم مورد استفاده، رقم منورژم رسول، تراکم مورد نظر یکصد هزار بوته در هکتار و زمان کشت ۲۰ اریب‌هشت‌ماه بود. اولین محلول پاشی در ۳۰ تیرماه و ۷۰ روز پس از کاشت انجام شد. زمان محلول پاشی بین ساعات ۱۷ تا ۲۰ بعد از ظهر بود. محلول پاشی بوته‌ها تا زمان جاری شدن قطره‌های محلول از برگ‌ها ادامه یافت.

زمان آبیاری به وسیله بلوک گچی بر اساس تخلیه رطوبتی خاک مشخص شد و آبیاری انجام گرفت. بلوک‌ها قبلاً مورد آزمایش واسنجی قرار گرفته بود و از منحنی تخلیه رطوبتی قابل دسترس که توسط پاک‌نژاد و همکاران (Paknejad et al. 2007) در مزرعه دانشگاه به دست آمده بود، استفاده شد (شکل ۱).

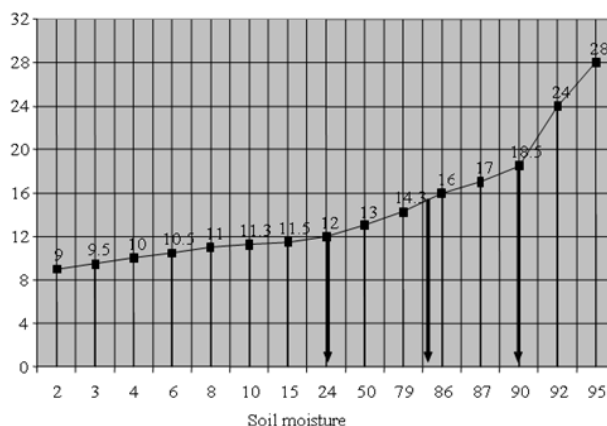
نمونه‌ها پس از جدا کردن اندام هوایی در مزرعه، جهت تجزیه کیفی به آزمایشگاه منتقل گردید. ریشه‌های برداشت شده از هر کرت شسته شده و پس از وزن کردن از مجموع آنها به طور تصادفی توسط دستگاه اتوماتیک خمیر تهیه گردید و در ظروف مخصوص قرار داده شد و روی نمونه‌ها با پوشش نایلونی پوشیده شد و سینی‌های مخصوص بلافاصله به فریزر و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منتقل گردید.

صادقی شعاع و همکاران (Sadeghi Shoaie et al. 2012) محلول پاشی متانول بر روی عملکردها، عملکرد شاخه و برگ و عملکرد پروتئین دانه در گیاه ماش (*Vigna radiata*) تأثیر مثبتی داشت. در گیاه چغندر قند، سطح ۲۱ درصد حجمی متانول موجب افزایش عملکرد ریشه، وزن برگ، عملکرد شکر سفید و عملکرد شکر در سطح احتمال یک درصد شد و سطح درصد حجمی متانول نیز بیشترین مقدار درصد قند و درصد شکر قابل استحصال را داشت و اختلافات در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (Nadali et al. 2010).

طبق تحقیقات میراخوری و همکاران (Mirakhori et al. 2009) تیمار ۱۴ و ۲۱ درصد حجمی متانول در سویا (*Glycine max*)، شاخص سطح برگ، میزان رشد محصول، عملکرد نیام، عملکرد دانه و وزن هزار دانه را افزایش داد. همچنین پاک‌نژاد و همکاران (Paknejad et al. 2009) نیز گزارش دادند که استعمال متانول روی قسمت‌های هوایی سویا بر روی صفاتی همچون درصد عملکرد دانه، رطوبت نسبی، محتوای کلروفیل برخی پارامترهای فلورسانس تأثیر معنی داری گذاشت، اما نتایج به دست آمده از محلول پاشی متانول روی گیاهانی نظیر پرتقال (Idso et al. 1995)، سیب زمینی (Field et al. 2001)، یولاف و کلزا (Rajala et al. 1998)، گندم پاییزه (Albrecht et al. 1995)، ذرت و نخود فرنگی (McGiffen Manthey 1996)، گوجه و خیار گلخانه‌ای (Mortensen 1995) نشان دهنده عدم تأثیر متانول بر گیاهان فوق بود. هدف از اجرای این آزمایش بررسی اثر متانول بر صفات کمی و کیفی چغندر قند در شرایط مختلف میزان آب قابل دسترس بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت مزرعه‌ای و طی دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج واقع در ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و



شکل ۱ کالیبراسیون و تغییرات هدایت الکتریکی بلوک‌های گچی (Paknejad et al. 2007)

صفات مورد بررسی شامل وزن خشک کل، عملکرد ریشه، مقدار درصد قند، عملکرد شکر، عملکرد شکر سفید، مقدار سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره، درصد قند قابل استحصال، راندمان استحصال، درصد قند ملاس و آلکالیته بودند. آزمون بار تلت بر روی داده‌های جمع‌آوری شده انجام شد و سپس با کمک نرم‌افزار SAS آنالیز گردید و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

اثرات میزان آبیاری

نتایج تجزیه مرکب عملکرد ریشه در دو سال زراعی نشان داد که اثر میزان آبیاری بر روی عملکرد ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). به طوری که تیمار S1 (آبیاری بعد از ۴۰٪ تخلیه رطوبت قابل دسترس) با ۷۹/۳۱ تن در هکتار عملکرد ریشه بیشتری نسبت به تیمار S2 (آبیاری بعد از ۷۰٪ تخلیه رطوبت قابل دسترس) با ۵۹/۹۶ تن در هکتار داشت (جدول ۲). میزان پایین آب قابل دسترس گیاه رشد چغندر قند را کاهش می‌دهد، به خصوص باعث کم شدن آماس سلول و افزایش پتانسیل خاک می‌شود که این کمبود علت کاهش عملکرد تحت شرایط تنش کم‌آبی می‌باشد (Cooke Scott 1993). رشد گیاهان در اثر کمبود آب با تغییراتی در

برای تجزیه کیفی هر نمونه خمیر، پس از قرار دادن آنها در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و خارج شدن از حالت انجماد از هر نمونه ۲۶ گرم خمیر را با ۱۷۷ میلی‌لیتر سواستات سرب مخلوط کرده و پس از اینکه در دستگاه و نامدل G2 این مخلوط خوب هم‌زده شده عصاره شفاف حاصل از آن پس از عبور از فیلترهای خاص تهیه گردید. عصاره صاف‌شده در لیوان‌های مخصوص ریخته شده و توسط مکنده دستگاه تجزیه کیفی چغندر قند (بتالایزر) به درون آن مکیده و مقدار قند عصاره به روش پلاریمتری (Polarymetry) توسط ساکارومتر (Saccharometer) و میزان سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فوتومتر و نیتروژن مضره از طریق عدد آبی و به وسیله دستگاه بتالایزر (Betalyzer) اندازه‌گیری شد (Payne 1968). قند موجود در ملاس با استفاده از فرمول راین فیلد و

همکاران (Reinfeld et al. 1974) از رابطه ۱ به دست آمد:

$$MS = 0.0343(K^+ + Na^+) + 0.094(N) - 0.31 \quad (1)$$

همچنین درصد شکر قابل استحصال از رابطه (۲) به دست آمد:

$$WSC = SC - (MS + 0.6) \quad (2)$$

میزان ضایعات شکر کارخانه قند معادل ۰/۶ در نظر گرفته شد و همچنین عملکرد شکر سفید از رابطه (۳) به دست آمد:

$$WSY = RY \times WSC \quad (3)$$

قدرت مکانیکی خاک خشک، می‌تواند رشد ریشه‌ذخیره‌ای و سیستم‌ریشه را محدود سازد (Clover *et al.* 1998). عامل اصلی تعیین کننده رشد ریشه، عرضه‌ی کربوهیدرات‌ها از برگ‌ها به ریشه است. وقتی تنش، این عرضه را کاهش دهد، رشد ریشه به‌طور اجتناب‌ناپذیری نقصان می‌یابد (Cooke and Scott 1993).

تظاهر ژن که باعث سنتز یا عمل پروتئین‌های تازه می‌شود تحت تأثیر قرار می‌گیرد، تحت شرایط تنش خشکی به‌علت افزایش اسید آسبیزیک در مسیرهای مزوفیل، روزنه‌ها بسته می‌شوند و هدایت روزنه‌ای در برگ کاهش می‌یابد و نفوذ دی‌اکسید کربن در گیاه برای آسیمیلاسیون کاهش می‌یابد، در نتیجه آماس سلول نیز کاهش می‌یابد، کاهش آماس و افزایش

جدول ۱ جدول تجزیه واریانس داده‌های صفات کمی و کیفی ریشه

میانگین مربعات											
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عیارقند	سدیم	پتاسیم	نیترژن مضره	آلکالیه قابل استحصال	درصد قند	قند ملاس	عملکرد عملکرد	شکر سفید
سال	۱	۷۳/۶۷*	۱/۴۸ ^{NS}	۳/۸۰ ^{NS}	۶/۱۰ ^{NS}	۱۹/۹۳**	۵/۶۸ ^{NS}	۹/۸۷*	۳/۷۰**	۴/۴۷ ^{NS}	۸/۹۶ ^{NS}
بلوک (سال)	۴	۳۸۰/۱۸**	۰/۴۲*	۵/۶۰ ^{NS}	۱/۴۲ ^{NS}	۰/۸۴ ^{NS}	۰/۶۷ ^{NS}	۰/۸۸ ^{NS}	۰/۱۳ ^{NS}	۷/۱۱ ^{NS}	۲/۹۱ ^{NS}
میزان رطوبت خاک	۱	۳۳۶۹/۰۲**	۷/۲۰**	۹/۵۰ ^{NS}	۰/۱۱ ^{NS}	۲/۵۰**	۲/۶۴ ^{NS}	۱۳/۸۵*	۱/۰۷*	۴۸/۷۴**	۱۲/۸۴*
سال × رطوبت خاک	۱	۰/۶۵ ^{NS}	۰/۰۲ ^{NS}	۰/۱۸ ^{NS}	۰/۰۳ ^{NS}	۲/۲۵ ^{NS}	۱/۱۸ ^{NS}	۰/۰۱ ^{NS}	۰/۰۲ ^{NS}	۰/۰۹ ^{NS}	۰/۱۱ ^{NS}
بلوک × رطوبت خاک (سال)	۴	۷/۶۶ ^{NS}	۰/۳۷ ^{NS}	۱/۷۶ ^{NS}	۰/۲۰ ^{NS}	۰/۷۲ ^{NS}	۱/۰۵ ^{NS}	۱/۰۳ ^{NS}	۰/۲۹ ^{NS}	۰/۲۶ ^{NS}	۰/۴۳ ^{NS}
متانول	۲	۹۳۳/۰۴*	۰/۸۶ ^{NS}	۱/۶۱ ^{NS}	۰/۱۶ ^{NS}	۰/۳۰ ^{NS}	۰/۷۸ ^{NS}	۱/۹۱ ^{NS}	۰/۲۷ ^{NS}	۲۶/۱۳**	۱۴/۸۵*
سال × متانول	۲	۳۹/۱۳ ^{NS}	۲/۹۹ ^{NS}	۲/۴۲ ^{NS}	۰/۵۱ ^{NS}	۰/۱۶ ^{NS}	۰/۳۹ ^{NS}	۴/۹۷ ^{NS}	۰/۳۸ ^{NS}	۲/۵۹ ^{NS}	۳/۱۶ ^{NS}
رطوبت خاک × متانول	۲	۱/۸۳ ^{NS}	۰/۴۷ ^{NS}	۰/۲۸ ^{NS}	۰/۲۸ ^{NS}	۰/۷۶ ^{NS}	۰/۵۸ ^{NS}	۰/۷۷ ^{NS}	۰/۲۱ ^{NS}	۰/۳۱ ^{NS}	۰/۲۹ ^{NS}
سال × رطوبت × متانول	۲	۳۶/۵۰ ^{NS}	۰/۰۱ ^{NS}	۰/۲۹ ^{NS}	۰/۳۴ ^{NS}	۰/۵۹ ^{NS}	۰/۲۱ ^{NS}	۰/۰۷ ^{NS}	۰/۱۶ ^{NS}	۰/۴۸ ^{NS}	۰/۱۰ ^{NS}
خطای کل	۱۹	۵۵/۲۸	۰/۳۷	۰/۸۴	۰/۵۳	۰/۴۳	۰/۳۸	۰/۸۵	۰/۱۷	۱/۱۸	۰/۷۶
ضریب تغییرات (%)	-	۲۰/۶۷	۱۳/۹۹	۲۰/۵۳	۱۸/۴۰	۱۶/۵۸	۲۵/۴۸	۱۸/۷۰	۱۰/۲۸	۱۹/۲۵	۱۷/۲۹

NS، *، ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد.

افزایش وزن ریشه و درصد قند وجود دارد، بنابراین افزایش درصد قند در تیمارهای تحت تنش قابل توجیه می‌باشد (Demeres- Derks *et al.* 1996).

اثرات میزان آبیاری در سطح احتمال یک درصد برای نیترژن مضره ریشه معنی‌دار شد (جدول ۱). به طوری که براساس جدول ۲ تیمار S2 دارای نیترژن بالاتری نسبت به تیمار S1 بود. علت این افزایش احتمالاً ساخت ترکیب‌های نیترژن‌دار تنظیم‌کننده اسمزی مانند بتاین در برگ و سپس انتقال آن به ریشه می‌باشد که باعث افزایش آمینونیترژن در ریشه می‌شود (Clover *et al.* 1998).

همچنین نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از اثرات معنی‌دار میزان آبیاری در مورد عیار قند بود (جدول ۱). تیمار S2 با عیار قند ۱۵/۷۳ درصد در سطح بالاتری نسبت به تیمار S1 با عیار قند ۱۴/۸۴ درصد قرار گرفت (جدول ۲). یکی از ساز و کارهای گیاهان در شرایط تنش کم‌آبی شکستن پلی‌ساکاریدها به مونوساکاریدها و در نتیجه افزایش موادقندی در سلول گیاهان می‌باشد (Cooke and Scott 1993). این مطلب بیان‌گر این است که عیار قند چغندر قند در اثر تنش کم‌آبی افزایش می‌یابد که ممکن است در اثر کوچک بودن ریشه‌ها، کاهش آب ریشه و افزایش موادمحلول باشد. به هر حال چون وزن ریشه‌ها کم می‌شود و از آنجایی که همبستگی منفی بین

جدول ۲ جدول مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی ریشه

تیمار	ریشه (تن در هکتار)	عیار قند (درصد)	سدیم میلی اکی والان گرم در ۱۰۰ گرم ریشه	پتاسیم مغزه	نیترژن مغزه	آلکالیتیه	قابل استحصال (درصد)	قند قند ملاس (درصد)	عملکرد قندناخالص (تن در هکتار)	عملکرد شکر سفید
	۷۹/۳۱a	۱۴/۸۴b	۴/۸۹a	۷/۱۵a	۳/۳۲b	۳/۳۷a	۱۰/۰۳b	۴/۲۰a	۱۱/۷۵a	۷/۹۴a
	۵۹/۹۶b	۱۵/۷۳a	۳/۹۶a	۷/۰۴a	۴/۲۵a	۲/۹۳a	۱۱/۲۷a	۳/۸۶b	۹/۴۳b	۶/۳۴b
	۵۹/۹۱b	۱۵/۲۳a	۴/۴۷a	۷/۱۲a	۳/۹۳a	۳/۱۶a	۱۰/۴۶a	۴/۰۳a	۹/۱۰b	۶/۲۵b
۱۴ درصد حجمی	۷۰/۱۲a	۱۵/۵۹a	۴/۱۱a	۶/۹۶a	۴/۱۶a	۲/۸۲a	۱۱/۱۱a	۳/۸۸a	۱۰/۹۲a	۷/۸۰a
۲۸ درصد حجمی	۶۸/۸۷a	۱۵/۱۷a	۴/۸۵a	۷/۲۰a	۳/۸۶a	۳/۳۱a	۱۰/۳۸a	۴/۱۸a	۱۰/۴۳ab	۷/۱۵a

تیمارهای دارای یک حرف مشترک، تفاوت معنی داری ندارند.

عملکرد ریشه می باشد، هرچند درصد قند قابل استحصال در شرایط تنش کم آبی بیشتر از حالت نرمال بود، اما با توجه به کاهش چشمگیر مقدار عملکرد ریشه در سطح تنش، درصد قند بیشتر در حدی نبود که به تواند کاهش عملکرد شکر سفید را جبران نماید.

قابل ذکر است که اثرات میزان رطوبت خاک بر روی میزان سدیم، پتاسیم و آلکالیتیه معنی دار به دست نیامد (جدول ۱).

اثرات متانول

نتایج تجزیه مرکب نشان داد عملکرد ریشه به طور معنی داری تحت تأثیر اثرات سطوح مختلف متانول، قرار گرفت (جدول ۱). به طوری که بیشترین میزان عملکرد ریشه را سطوح ۱۴ و ۲۸ درصد حجمی متانول به ترتیب با ۷۰/۱۲ و ۶۸/۸۷ تن در هکتار داشتند که این دو در یک گروه از نظر آماری قرار گرفتند و کمترین عملکرد ریشه را شاهد بدون متانول با عملکرد ۵۹/۹۱ تن در هکتار داشت (جدول ۲). گزارشات نادعلی و همکاران (Nadali et al. 2010) نشان داد که محلول پاشی متانول باعث افزایش در عملکرد ریشه گردید. زیبک و همکاران (Zbiec et al. 1999) نیز گزارش دادند که متانول سبب افزایش ۱۰ درصدی عملکرد ریشه چغندر قند در محلول ۲۰ تا ۳۰

تجزیه مرکب داده ها همچنین نشان دهنده ی اثرات معنی دار میزان آبیاری برای قند ملاس بود (جدول ۱). قند ملاس سطح S1 با میانگین ۴/۲۰ درصد دارای قند ملاس بالاتری نسبت به S2 با قند ملاس ۳/۸۶ درصد بود (جدول ۲). نیترژن مغزه، سدیم و پتاسیم بالاتر باعث جلوگیری از استخراج قند و باقی ماندن آن در ملاس می شوند که با توجه به مقدار نیترژن بالاتر در شرایط تنش کم آبی و عدم اختلاف سدیم و پتاسیم بین سطوح میزان رطوبت خاک، این موضوع قابل انتظار بود.

اثرات میزان آبیاری برای عملکرد قندناخالص، نیز در سطح یک درصد آماری معنی دار به دست آمد (جدول ۱). به طوری که میانگین عملکرد قندناخالص در S2 کاهش معنی داری یافت (جدول ۲). هر چند در شرایط تنش کم آبی عیار قند بالا می رود اما عملکرد ریشه کاهش چشمگیری دارد که این کاهش عملکرد ریشه باعث کاهش عملکرد شکر می گردد.

از نظر عملکرد شکر سفید نیز اثرات میزان آبیاری در سطح احتمال یک درصد آماری معنی دار بود (جدول ۱). قابل ملاحظه است که از نظر این صفت، تیمار S1 با میانگین ۷/۹۴ تن در هکتار در سطح بالاتری از شریط S2 با ۶/۳۴ تن در هکتار عملکرد شکر سفید قرار داشت (جدول ۲). با توجه به رابطه ۳ عملکرد شکر سفید تابعی از قند قابل استحصال و

(McGiffen Manthey 1996; Ramberg *et al.* 2002; Downie *et al.* 2004)

اثر محلول پاشی متانول بر روی عملکرد شکر در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد شکر را با ۱۰/۹۲ تن در هکتار سطح متانول درصد داشت و کمترین سطح با ۹/۱۰ تن در هکتار مربوط به شاهد بدون متانول بود (جدول ۲). با توجه به اینکه عملکرد شکر وابسته به عملکرد ریشه و درصد قند است لذا افزایش هر کدام از این صفات منجر به افزایش عملکرد خواهد شد (Demeres-Derks *et al.* 1996). در این آزمایش متانول سبب افزایش معنی داری در عملکرد ریشه شد بنابراین افزایش عملکرد شکر قابل توجیه است. نتایج به دست آمده با آزمایش نادعلی و همکاران (Nadali *et al.* 2010) همخوانی داشت.

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده آن بود اثر محلول پاشی متانول بر روی عملکرد شکر سفید در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۱). بر اساس جدول ۲، سطوح ۱۴ و ۲۸ درصد حجمی متانول به ترتیب با ۷/۸۰ و ۷/۱۵ تن در هکتار بیشترین عملکرد شکر سفید را داشتند و این دو در یک گروه آماری قرار گرفتند و کمترین عملکرد شکر سفید مربوط به شاهد بدون متانول با ۶/۲۵ تن در هکتار بود. طبق رابطه ۳ و با توجه به عدم معنی داری قند قابل استحصال، بر اساس روند افزایشی بین سطوح متانول برای عملکرد ریشه، عملکرد شکر سفید نیز افزایش یافت که با گزارشات نادعلی و همکاران (Nadali *et al.* 2010). مطابقت داشت. مطالعات بر روی نخود، لوبیا، چغندر قند و کلزا نشان داد که کاربرد برگی متانول منجر به افزایش معنی دار خصوصیات مورفولوژیکی در مقایسه با عدم کاربرد متانول گردید. (Zbiec *et al.* 2003; Safarzade Vishkaei *et al.* 2008; Ehyaei *et al.* 2010)

درصد حجمی متانول می شود. لی و همکاران (Lee *et al.* 2006) نشان دادند روی برگ اکثر گیاهان، باکتری هایی همزیست به نام باکتری های متیلوتروفیک زندگی می کنند. این باکتری ها با ساخت هورمون سایتوکینین و اکسین، سبب افزایش رشد در گیاهان می شوند. گیاهان تیمار شده با متانول می توانند فتوسنتز خالص خود را افزایش دهند و عملکرد خود را بهبود بخشند. آنها همچنین اعلام کردند متانول سبب افزایش راندمان تبدیل کربن می شود. گزارش هایی نیز وجود دارد که نشان می دهد افزایش رشد و عملکرد گیاهان در اثر کاربرد محلول های متانول بر روی قسمت های هوایی ناشی از اثر متانول به عنوان یک بازدارنده تنفس نوری است (Zbiec *et al.* 1992; Nonomura Benson 2003; Haghghi *et al.* 2021) نیز گزارش دادند استفاده از سطوح مختلف متانول باعث افزایش عملکرد ریشه چغندر علوفه ای گردید، ایشان اذعان داشتند استفاده از سطوح ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول باعث افزایش تولید در این گیاه شد.

صفت عیار قند، تحت تأثیر متانول قرار نگرفت (جدول ۱). با توجه به این که با افزایش عملکرد ریشه در سطوح مختلف متانول انتظار می رفت که به طبع آن عیار قند پایین بیاید، اما نتایج نشان داد که عیار قند در سطوح مختلف متانول اختلاف معنی داری با هم نداشتند و این مطلب نیاز به بررسی بیشتری دارد. صادقی شعاع و همکاران (Sadeghi-Shoae *et al.* 2012) نشان دادند که محلول پاشی متانول باعث افزایش عملکرد ریشه و عملکرد قند در گیاه چغندر قند گردید. نانومورا و بنسون (Nanomura Benson 1992). نیز اظهار داشتند که بهره وری از متانول، سبب تشدید پروسه فتوسنتز و افزایش عملکرد کلی و تولید گیاه گردید. به نظر محققین افزایش غلظت متانول در بافت های گیاهی بر راندمان سرعت تبدیل کربن و مسیر متابولیکی مربوط به تبدیل کربن اثر گذار است

داشت (Ahmadpour *et al.* 2016; Nadali *et al.* 2010; Ehyaei *et al.* 2010). (جدول ۱).

نتیجه گیری کلی

نتایج این بررسی نشان داد بر خلاف هدف گذاری اولیه در طراحی این آزمایش که متانول می تواند در شرایط تنش کم آبیاری به میزان کاهش شاخص های رشدی و عملکرد گیاه چغندر قند کمک کند نتایج حاصله نشان داد اثر متقابل سطح آبیاری در متانول معنی دار نبود و فقط اثرات ساده سطح آبیاری و محلول پاشی متانول معنی دار شد. بدین ترتیب که استفاده از سطح ۱۴ و ۲۸ درصد حجمی از متانول بدون در نظر گرفتن مقدار رطوبت خاک توانست حدود ۱۵ درصد در افزایش عملکرد ریشه تأثیر گذار باشد که به تبع آن عملکرد شکر سفید نیز افزایش یافت.

نتایج تجزیه مرکب داده های بیانگر معنی داری نشدن اثرات متقابل فاکتورهای آزمایشی برای صفات مورد ارزیابی بود. بستن روزنه ها به منظور کاهش تعرق، اولین مکانیسم مقاومتی گیاهان به تنش کم آبی است اما از اثرات منفی این پاسخ در گیاهان، کاهش ورود دی اکسید کربن به سلول های برگ و کاهش فتوسنتز است (Rahbarian *et al.* 2011). تصور بر این بود که استفاده از موادی نظیر اتانول (Hosseinzadeh *et al.* 2016; Nadali *et al.* 2010; Ahmadpour *et al.* 2016) که منجر به افزایش دی اکسید کربن برگ می شود، در شرایط کمبود آب اثرات مثبت بیشتری داشته باشد. اما نتایج این آزمایش این فرضیه را تأیید نکرد هر چند که این یافته با نتایج برخی از گزارش ها مغایرت

References:

منابع مورد استفاده:

- Ahmadpour R, Armand N, Hosseinzadeh SR, Rejeh M. Evaluation of foliar application of Methanol effects on some morphological, physiological and biochemical indices of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) under water deficit stress. Iranian Journal of Pulses Research. 2016; 7(2): 202-214. doi:10.22067/ijpr.v7i2.47507. [In Persian]
- Albrecht SL, Douglas CL, Klepper EL, Rasmussen PE, Rickman RW, Smiley RW, Wysocki DW, and Wilkins DE. Effects of foliar methanol application on crop yield. Crop Science. 1995; 35: 1642-1646.
- Benson AA, Nonomura AM. The Path of carbon in photosynthesis: Methanol inhibition of glycolic acid accumulation. Photosynthesis Research. 1992; 34:196. doi:10.1073/pnas.89.20.9794.
- Boyer JS. Plant productivity and environment. Science. 1982; 218:433-448. doi:10.1126/science.218.4571.443.
- Clover G, Smith H, Jaggard K. The crop under stress. British sugar beet review. 1998; 66(3): 17-19. doi:10.22077/escs.2016.213.
- Cooke D, Scott R. The sugar beet crop Science in to Practice Chapman and Hill, New York. 1993. pp.195.

- Demmers- Darks H, Mitchel RA, Mitchel VJ, Driscoll SP, Gibbard C, Lawlor DW. Sugar beet under climatic change: photosynthesis and production. *Aspects of Applied Biology*. 1996; 45:163-170.
- Devlin MP, Bhowmik C, Karczmarczyk SJ. Influence of methanol on plant germination and growth. *Plant Growth Regulation Society of America*. 1994; 22:102-108. **doi:10.4067/S0718-16202016000100002.**
- Downie A, Miyazaki S, Bohnert H, John P, Coleman J, Parry M, Haslam R. Expression profiling of the response of *Arabidopsis thaliana* to methanol stimulation. *Phytochemistry*. 2004; 65: 2305-2316. **doi:10.1016/j.phytochem.2004.07.006.**
- Earl HJ, Davis RF. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of Maize. *Agronomy Journal*. 2003; 95: 688-696. **doi:10.2134/agronj2003.6880.**
- Ehyaie HR, Parsa M, Kafi M, Nasiri Mahalati M. Effect of foliar application of methanol and irrigation regimes on yield and yield components of chickpea cultivars. *Iranian Journal of Pulses Research*. 2010; 1: 37-48. **doi:10.22067/ijpr.v1i2.9229.** [In Persian]
- Field TS, Lee DW, Holbrook NM. Why leaves turn red in autumn. The role of anthocyanins in senescing leaves of reosier dogwood. *Plant Physiology*. 2001; 127, 566-574. **doi:10.1104/pp.900027.**
- Haghighi P, Habibi D, Mozafari H, Sani B, Sadeghi Shoaie M. The effect of methanol and glycine amino acid foliar application on yield and some physiological traits of different fodder beet cultivars. *Journal of Sugar Beet*. 2021; 36(2): 185-201. **doi:10.22092/jsb.2021.352370.1257** [In Persian]
- Heins R, 1980. Inhibition of ethylene synthesis and senescence in carnation by ethanol. *American Society for Horticultural Science*. 1980; 105:141-144. **doi:10.1080/01140671.1999.9514082.**
- Hosseinzadeh SR, Amiri H, Ismaili A. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*. 2016; 54(1): 87-92. **doi:10.1007/s11099-015-0162-x.**
- Idso SB, Idso KE, Garcia RL, Kimball BA, Hooper JK. Effects of atmospheric CO₂ enrichment and foliar methanol application on net photosynthesis of sour orange tree (*Citrus aurantium*; Rutaceae) leaves. *American Journal of Botany*. 1995; 82: 26-30. **doi:10.1111/j.1365-2486.2007.01430.x.**
- Ivanova, EG, Doronina NV, Shepelyakovskaya AO, Laman AG, Brko FA, Trotsenko YA. Facultative and obligate aerobic methylobacteria synthesize cytokinins. *Microbiology*. 2000; 69: 646-651. **doi:10.1023/A:1013167612105.**
- Ivanova EG, Doronina NV, Trotsenko YA. Aerobic methylobacteria are capable of synthesizing auxins. *Microbiology*. 2001; 70:392-397. **doi:10.1023/A:1010469708107.**
- Lee HS, Choi A, Chung KY, Sa TM. Physiological enhancement of early growth of rice seedlings (*Oryza sativa* L.) by production of phytohormone of N₂-fixing methylobacterial isolates. *Biology and Fertility of Soils*. 2006; 42: 402-408. **doi:10.1007/s00374-006-0083-8.**

- Makhdam MI, Malik MN, Din A, Ahmad SU, Hadhry FC. Physiology response of cotton methanol foliar application. *Journal of Research (Science)*. 2002; 13: 37-43. **doi:10.4067/S0718-16202016000100002.**
- McGiffen M, Manthey JA. The role of methanol in promoting plant growth: a current evaluation, *HortScience*. 1996; 31: 1092-1096.
- Mirakhori M, Paknejad F, Vazan S. Effect of foliar application of methanol on soybean. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. 2009; 5(4):162-169. **doi:10.22059/ijfcs.2017.239945.654368.** [In Persian]
- Mortensen LM. Effects of foliar sprays of methanol on growth of some greenhouse plants. *Scientia Horticulturae*. 1995; 64: 187-191. **doi:10.1016/0304-4238(95)00841-1.**
- Nadali I, Paknejad F, Moradi F, Vazan S, Tookalo M, JamiAlAhmadi M, Pazoki AR. Effect of foliar application of methanol on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) . *Australian Journal of Crop Science*. 2010; 4(6): 398-401. **doi:10.22092/jsb.2021.352370.1257.**
- Nonomura AM, Benson AA. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yield with methanol. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 1992; 89: 9794-9798. **doi:10.1073/pnas.89.20.9794.**
- Paknejad F, Mirakhori M, Jami Al-Ahmadi M, Tookalo MR, Pazoki AR, Nazeri P. Physiological response of soybean (*Glycine max*) to foliar application of methanol under different soil moistures. *American Journal of Agriculture and Biological Science*. 2009; 9-(4):311-318. **doi:10.3844/ajabssp.2009.311.318.**
- Paknejad F, Noormohamadi G, Jamiol ahmad M, Vazan S. Effect of drought stress on yield and water use efficiency in wheat cultivars.the first international conference on the theory and practices in biological water saving (ICTPB).2007; 5(2)24-37. [In Persian]
- Payne JH. Sugar cane factory analytical control. The official method of Hawaiian sugar technologists. 5th revised ed; produced by the Factory Methods Committee of the Hawaiian Sugar Thechnologists (Elsevier Publications). 1968. 63p.
- Rahbarian R, Khavari-Nejad R, Ganjeali A, Bagheri A, Najafi F, Roshanfekar M. Use of biochemical indices and antioxidant enzymes as a screening technique for drought tolerance in Chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). *African Journal of Agricultural Research*. 2011; 7: 5372-5380. **doi:10.5897/AJAR11.846.**
- Rajala A, Karkkainen J, Peltonen J, Peltonen-Sainio P. Foliar application of alcohols failed to enhance growth and yield of C3 crop Ind. *Crop Production*. 1998; 7:129-137. **doi:10.1016/s0926-6690(97)00041-1.**
- Ramberg HA, Bradley JC, Olson JSC, Nishio JN, Markwell J, Osterman JC. The role of methanol in promoting plant growth: An update. *Review Plant Biochemistry Biotechnology*. 2002; 1:113-126.
- Sadeghi Shoaie M, Paknejad F, Kashani A, Nooralvandi T, Tookaloo MR. Can foliar application with methanol improve the yield, yield components and physiological performance of mung bean (*Vigna radiata* L.). *Annals of Biological Research*. 2012; 3 (10):4780-4785. **doi:10.3390/agronomy11112122.**

- Sadeghi-Shoae M, Paknejad F, Kashani A, Vazan S, Nooralvandi T. Methanol and its Period of Foliar Application on Sugar Beet in Different Available Water. Tropentag, September 19-21, 2012; Gottingen.
- Safarzade Vishgahi M, Noormohammadi Gh, Majidi A, Rabii B. Effect of methanol on the growth function peanuts. Journal of Agricultural Sciences. 2008; 1: 102-87. doi:102-87. 10.22067/ijpr.v7i2.47507. [In Persian]
- Zbiec L, Karczmarczyk S, Koszanski Z. Influence of methanol on some cultivated plants. Folia University Agri. Stetin., Agriculture. 1999; 73: 217-220.
- Zbiec, L, Karczmarczyk S, Podsiadlo C. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Electronic Journal of Polish Agricultural Agronomy. 2003; 6(1): 1-7.

The response of quantitative and qualitative characteristics of sugar beet to foliar application of methanol under drought stress

M. Sadeghi Shoaie¹ * and F. Paknejad²

(Received 16 Jan. 2024 ; Accepted 21 Feb. 2024)

M. Sadeghi Shoaie and F. Paknejad. 2023. The response of quantitative and qualitative characteristics of sugar beet to foliar application of methanol under drought stress. **J. Sugar Beet. 39(1): 25- 36 (in Persian).**

Abstract

Considering the limitations that drought stress imposes on plants, use of strategies that control or reduce the adverse effects of drought stress is important. In order to evaluate the effect of methanol foliar application spraying on some quantitative and qualitative traits of sugar beet under different conditions of available moisture, a field experiment was conducted for two years in the research field of Islamic Azad University, Karaj Branch, Iran, as a split plot in randomized complete blocks with three replications. The first factor was the irrigation at two levels of S1 (normal irrigation after 40% of available moisture drain) and S2 (irrigation after 70% of available moisture drain) and the second factor was different methanol concentrations with three levels (control), 14 and 28% by volume of methanol) in which the first factor was assigned in the main plot and the second factor in the sub-plot. The studied traits included root yield, sugar content, sodium, potassium, nitrogen, alkalinity, white sugar content, molasses sugar, sugar yield, and white sugar yield. Results showed that methanol can increase root yield, sugar yield, and white sugar yield regardless of the amount of available moisture; so that the highest root yield was related to the 14 and 28% volume of methanol with 70.12 and 68.87 t ha⁻¹, respectively, which were statistically placed in the same group.

Key words: Irrigation, Methanol, Quality characteristics, Root yield, Sugar beet, White sugar yield

1 Assistant professor of Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. *. Corresponding author contact information email: mehdi.sadeghishoae@gmail.com

2Professor of Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.