چغندرقند/ جلد ۳۹/ شماره ۱/ ۱۴۰۲

واکنش خصوصیات کمی و کیفی چغندرقند به محلول‌پاشی متانول در شرایط مختلف رطوبت قابل‌دسترس†

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

مهدی صادقی‌شعاع[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. صادقی‌شعاع و ف. پاک‌نژاد. ۱۴۰۲. واکنش خصوصیات کمی و کیفی چغندرقند به محلول‌پاشی متانول در شرایط مختلف رطوبت قابل‌دسترس. **چغندرقند، ۳۹(۱): ۳۵-۲۵.**

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. به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی متانول بر برخی از صفات کمی و کیفی چغندرقند در شرایط مختلف رطوبت قابل‌دسترس، آزمایش مزرعه‌ای طی دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران، به‌صورت 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 قابل‌دسترس) و S2: تنش (آبیاری بعد از ۷۰درصد تخلیه رطوبت قابل‌دسترس) 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 عملکردریشه، عیار قند، سدیم، پتاسیم، نیتروژن، آلکالیته، درصد قند قابل‌استحصال، قندملاس، عملکردشکر و عملکرد شکرسفید بود. نتایج نشان داد که متانول بدون در نظر گرفتن مقدار رطوبت قابل‌دسترس می‌تواند باعث افزایش میزان عملکردریشه، عملکردشکر و عملکرد شکرسفید گردد؛ به‌طوری که بیشترین عملکردریشه مربوط به سطح ۱۴ و ۲۸ درصدحجمی متانول به‌ترتیب با ۷۰/۱۲ و ۶۸/۸۷ تن در هکتار بود که این دو از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، چغندرقند، خصوصیات کیفی، عملکردریشه، عملکرد شکرسفید، متانول

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

۱- استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، 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 تنش‌خشکی: حفظ تثبیت دی‌اکسید کربن، کاهش میزان تعرّق و همچنین کاهش تنفس‌نوری در این شرایط است، از طرفی پدیده‌های غیرروزنه‌ای ناشی از تأثیر تنش کم‌آبی بر صفات فیزیولوژیکی گیاه مانند شاخص سطح‌برگ، دوام سطح‌برگ، وزن‌مخصوص برگ و کارایی مصرف منابع از جمله کارایی مصرف آب می‌باشد (Earl Davis 2003). گزارش‌ها نشان داده است که محلول‌پاشی متانول بر اندام‌های هوایی گیاهان باعث افزایش عملکرد، تسریع رسیدگی، کاهش اثر تنش‌خشکی و کاهش نیازآبی گیاهان تیمار شده می‌شود (Benson Nonomura 1992). در گیاهانی که با تنش‌خشکی مواجه هستند، محلول‌پاشی 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 محلول‌پاشی متانول باعث افزایش میزان وزن‌کل گیاه، ماده‌خشک، 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 موادفتوسنتزی در فرآیند تنفس‌نوری مصرف شده و حدود ۳۰ درصد ماده‌خشک خالص به‌عنوان محصول تولید می‌شود (Boyer 1982). محلول‌پاشی متانول همچنین باعث تأخیر در پیری برگ‌ها از طریق تأثیر آن بر روی محرک‌های تولید اتیلن در گیاه می‌گردد (Heins 1980). گزارش‌های زیادی نیز مبنی‌بر افزایش سطح‌برگ در اثر محلول‌پاشی 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 چغندرقند می‌شود، به‌خصوص در شرایط تنش کم‌آبی که روزنه‌ها بسته می‌شوند، دی‌اکسید کربن به‌دلیل اینکه مولکول نسبتاً بزرگی است نمی‌تواند عبور کند، بنابراین گیاه دچار کمبود دی‌اکسید کربن می‌گردد و به مکانیزم دفاعی تنفس‌نوری پناه می‌برد، از طرفی متانول که مولکول کوچکی نسبت به دی‌اکسید کربن تلقی می‌شود، در این شرایط به‌راحتی از روزنه‌ها عبور کرده و در آنجا به دی‌اکسید کربن متابولیزه می‌گردد، بنابراین گیاه با کاهش دی‌اکسید کربن مواجه نمی‌گردد، این مسئله در شرایط تنش‌خشکی و هوای گرم بسیار حائز اهمیت است (Zbiec *et al*. 1999).

محلول‌پاشی متانول باعث تحریک باکتری‌های متیلوتروف می‌شود، باکتری‌های متیلوتروف در لایه فیلوسفر برگ زندگی می‌کنند و با تولید اکسین و سایتوکنین و همچنین ویتامین B_{12}، می‌توانند در رشد و نمو گیاهان اثر مثبت بگذارند (Ivanova *et al*. 2001). طبق گزارش‌های ایوانوا و همکاران (Ivanova *et al*.2000) محلول‌پاشی متانول باعث افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز به‌میزان ۵۰ درصد در گوجه فرنگی و چغندرقند شد. قابل ذکر است که محلول‌پاشی متانول سبب تخریب کلروفیل در بافت گیاهی می‌شود که برای حل این مشکل به هریک از محلول‌های متانول بایستی مقدار دو گرم در لیتر گلایسین اضافه کرد، همچنین گلایسین میزان سمیت نوری را در زمان محلول‌پاشی به حداقل میزان خود می‌رساند(Rajala *et al*. 1998).

صادقی‌شعاع و همکاران (Sadeghi Shoae *et al*. 2012) طی آزمایشی که بر روی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) با عوامل محلول‌پاشی متانول و فواصل محلول‌پاشی انجام دادند، گزارش کردند که متانول باعث افزایش عملکردریشه و عملکرد شکرسفید در چغندرقند می‌شود. همچنین طی گزارش

صادقی‌شعاع و همکاران (Sadeghi Shoae *et al*. 2012) محلول‌پاشی متانول بر روی عملکرددانه، عملکرد شاخه و برگ و عملکرد پروتئین دانه در گیاه ماش (*Vigna radiata*) تأثیر مثبتی داشت. در گیاه چغندرقند، سطح ۲۱درصد حجمی متانول موجب افزایش عملکردریشه، وزن برگ، عملکرد شکرسفید و عملکرد شکر در سطح احتمال یک‌درصد شد و سطح درصد حجمی متانول نیز بیشترین مقدار درصد قند و درصد شکر قابل‌استحصال را داشت و اختلافات در سطح احتمال پنج‌درصد معنی‌دار بود (Nadali *et al*. 2010).

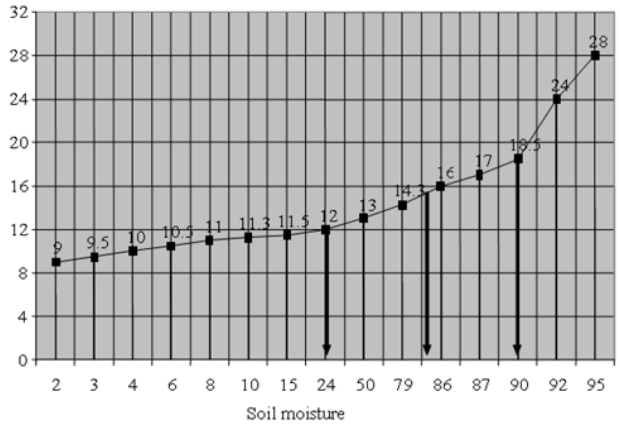
طبق تحقیقات میراخوری و همکاران (Mirakhori *et al*. 2009) تیمار ۱۴ و ۲۱ درصدحجمی متانول در سویا (*Glycine max*)، شاخص سطح‌برگ، میزان رشد محصول، عملکردنیام، عملکرد دانه و وزن هزاردانه را افزایش داد. همچنین پاک‌نژاد و همکاران (Paknejad *et al*. 2009) نیز گزارش دادند که استعمال متانول روی قسمت‌های هوایی سویا بر روی صفاتی همچون درصد عملکرددانه، رطوبت‌نسبی، محتوای کلروفیل برخی پارامترهای فلورسانس تأثیر معنی‌داری گذاشت، اما نتایج به‌دست‌آمده از محلول‌پاشی متانول روی گیاهانی نظیر پرتقال (Idso *et al*. 1995)، سیب‌زمینی (Field *et al*. 2001)، یولاف و کلزا (Rajala *et al*. 1998)، گندم‌پاییزه (Albrecht *et al*. 1995)، ذرت و نخودفرنگی (McGiffen Manthey 1996)، گوجه و خیار گلخانه‌ای (Mortensen 1995) نشان‌دهنده عدم‌تأثیر متانول بر گیاهان فوق بود. هدف از اجرای این آزمایش بررسی اثر متانول بر صفات کمی و کیفی چغندرقند در شرایط مختلف میزان آب قابل دسترس بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت 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 ۶ دقیقه طول شرقی به ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا انجام گردید. بافت خاک لومی‌رسی و شوری در عمق ۳۰-۰ سانتی متری خاک برابر ۵/۵۵ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته آن ۷/۶ بود. این آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول، میزان آبیاری با دو سطح (S1: نرمال (آبیاری پس از۴۰٪ تخلیه رطوبتی قابل‌دسترس) و S2: تنش کم‌آبی (آبیاری پس از۷۰٪ تخلیه رطوبتی قابل‌دسترس)) و فاکتور دوم شامل غلظت متانول با سه سطح (M1: شاهد (بدون محلول‌پاشی)، M2: ۱۴ و M3: ۲۸ درصدحجمی متانول) بود که به هرکدام از سطوح ۲ گرم در لیتر گلایسین اضافه شد؛ به‌طوری که فاکتور سطوح آبیاری در پلات‌اصلی و فاکتور غلظت متانول در پلات‌فرعی قرار گرفت. رقم مورداستفاده، رقم منوژرم رسول، تراکم موردنظر یکصد هزار بوته در هکتار و زمان کشت ۲۰ اردیبهشت‌ماه بود. اولین محلول‌پاشی در ۳۰ تیرماه و ۷۰ روز پس از کاشت انجام شد. زمان محلول‌پاشی بین ساعات ۱۷ تا ۲۰ بعدازظهر بود. محلول‌پاشی بوته‌ها تا زمان جاری شدن قطره‌های محلول از برگ‌ها ادامه یافت.

زمان آبیاری به‌وسیله بلوک گچی بر اساس تخلیه‌رطوبتی 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 به‌دست آمده بود، استفاده شد (شکل ۱).

نمونه‌ها پس از جدا کردن اندام‌هوایی 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 به‌طور 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.



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

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 نمامدل 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 چغندرقند (بتالایزر) به درون آن مکیده و مقدار قند عصاره به‌روش پلاریمتری (Polarymetery) توسط ساکارومتر (Saccharymeter) و میزان سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر و نیتروژن مضره از طریق عدد آبی و به‌وسیله دستگاه بتالایزر (Betalizer) اندازه‌گیری شد(Payne 1968).

قند موجود در ملاس با استفاده از فرمول راین فیلد و همکاران (Reinfeld *et al*.1974) از رابطه ۱ به‌دست آمد:

$$MS = 0.0343(K^{+} + Na^{+}) + 0.094(N) - 0.31 \qquad (۱)$$

همچنین درصد شکر قابل‌استحصال از رابطه (۲) به‌دست آمد:

$$WSC = SC - (MS + 0.6) \qquad (۲)$$

میزان ضایعات شکر کارخانه‌قند معادل ۰/۶ در نظر گرفته شد و همچنین عملکرد شکرسفید از رابطه (۳) به‌دست آمد:

$$WSY = RY \times WSC \qquad (۳)$$

صفات مورد بررسی شامل وزن‌خشک کل، عملکردریشه، مقدار درصدقند، عملکردشکر، عملکرد شکرسفید، مقدار سدیم، پتاسیم، نیتروژن‌مضره، درصد قند قابل‌استحصال، راندمان استحصال، درصد قندملاس و آلکالیته بودند. آزمون بارتلت 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 عملکردریشه در دو سال زراعی نشان داد که اثر میزان آبیاری بر روی عملکردریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۱). به‌طوری که تیمار S1 (آبیاری بعد از ۴۰٪ تخلیه‌رطوبت قابل‌دسترس) با ۷۹/۳۱ تن در هکتار عملکردریشه بیشتری نسبت به تیمار S2 (آبیاری بعد از ۷۰٪ تخلیه‌رطوبت قابل‌دسترس) با ۵۹/۹۶ تن در هکتار داشت (جدول۲). میزان پایین آب قابل‌دسترس گیاه رشد چغندرقند را کاهش می‌دهد، به‌خصوص 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

تظاهر ژن که باعث سنتز یا عمل پروتئین‌های تازه می‌شود تحت تأثیر قرار می‌گیرد، تحت شرایط تنش‌خشکی به‌علت افزایش اسید آبسیزیک 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 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).

جدول۱ جدول تجزیه واریانس داده‌های صفات کمی و کیفی ریشه

		میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عیارقند	سدیم	پتاسیم	نیتروژن مضره	آلکالیته	درصد قند قابل‌استحصال	قند ملاس	عملکرد قندناخالص	عملکرد شکرسفید
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}	۰/۱۲^{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}	۰/۰۲^{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}	۰/۷۳^{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}	۲۶/۱۲**	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 عدم‌معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد.

همچنین نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از اثرات معنی‌دار میزان آبیاری در مورد عیارقند بود (جدول۱). تیمار S2 با عیار قند ۱۵/۷۳ درصد در سطح بالاتری نسبت به تیمار S1 با عیارقند ۱۴/۸۴ درصد قرار گرفت (جدول۲). 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 عیارقند چغندرقند 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 افزایش وزن ریشه و درصدقند وجود دارد، بنابراین افزایش درصدقند در تیمارهای تحت تنش قابل‌توجیه می‌باشد (Demeres- Derks *et al*. 1996).

اثرات میزان آبیاری در سطح احتمال یک درصد برای نیتروژن‌مضره ریشه معنی‌دار شد (جدول۱). به‌طوری که براساس جدول ۲ تیمار S2 دارای نیتروژن بالاتری نسبت به تیمار S1 بود. علت این افزایش احتمالاً ساخت ترکیب‌های نیتروژن‌دار تنظیم‌کننده اسمزی مانند بتایین در برگ و سپس انتقال آن به ریشه می‌باشد که باعث افزایش آمینونیتروژن در ریشه می‌شود (Clover *et al*. 1998).

جدول۲ جدول مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی ریشه

تیمار	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عیارقند (درصد)	سدیم	پتاسیم	نیتروژن مضره	آلکالیته	قند قابل‌استحصال (درصد)	قند ملاس (درصد)	عملکرد قندناخالص	عملکرد شکرسفید
			میلی اکی والان گرم در ۱۰۰ گرم ریشه						(تن در هکتار)	
میزان رطوبت‌خاک										
نرمال	۷۹/۳۱a	۱۴/۸۴b	۴/۸۹a	۷/۱۵a	۳/۳۲b	۳/۳۷a	۱۰/۰۳b	۴/۲۰a	۱۱/۷۵a	۷/۹۴a
تنش	۵۹/۹۶b	۱۵/۷۳a	۳/۹۶a	۷/۰۴a	۴/۲۵a	۲/۹۳a	۱۱/۲۷a	۳/۸۶b	۹/۴۳b	۶/۳۴b
متانول										
۰	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 معنی‌داری ندارند.

تجزیه مرکب داده‌ها همچنین نشان‌دهنده‌ی اثرات معنی‌دار میزان آبیاری برای قندملاس بود (جدول۱). قندملاس سطح S1 با میانگین ۴/۲۰ درصد دارای قندملاس بالاتری نسبت به S2 با قندملاس ۳/۸۶ درصد بود (جدول۲). نیتروژن مضره، سدیم و پتاسیم بالاتر باعث جلوگیری از استخراج قند و باقی ماندن آن در ملاس می‌شوند که با توجه به مقدار نیتروژن بالاتر در شرایط تنش کم‌آبی و عدم‌اختلاف 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 معنی‌دار به‌دست آمد(جدول۱). به‌طوری که میانگین عملکرد قندناخالص در S2 کاهش معنی‌داری یافت (جدول۲). هر چند در شرایط تنش کم‌آبی عیارقند بالا می‌رود اما عملکردریشه کاهش چشمگیری دارد که این کاهش عملکردریشه باعث کاهش عملکردشکر می‌گردد.

از نظر عملکرد شکرسفید نیز اثرات میزان آبیاری در سطح احتمال یک درصد آماری معنی‌دار بود (جدول۱). قابل‌ملاحظه 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 شکرسفید قرار داشت (جدول۲). با توجه به رابطه۳ عملکرد شکرسفید تابعی از قند قابل‌استحصال و عملکردریشه می‌باشد، هرچند درصد قند قابل‌استحصال در شرایط تنش کم‌آبی بیشتر از حالت نرمال بود، اما با توجه به کاهش چشمگیر مقدار عملکردریشه در سطح تنش، درصدقند بیشتر در حدی نبود که به‌تواند کاهش عملکرد شکرسفید را جبران نماید.

قابل‌ذکر است که اثرات میزان رطوبت‌خاک بر روی میزان سدیم، پتاسیم و آلکالیته معنی‌دار به‌دست نیامد (جدول۱).

اثرات متانول

نتایج تجزیه مرکب نشان داد عملکردریشه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثراتِ سطوح مختلف متانول، قرار گرفت (جدول۱). به‌طوری که بیشترین میزان عملکردریشه را سطوح ۱۴و ۲۸ درصدحجمی 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 عملکردریشه را شاهد بدون متانول با عملکرد ۵۹/۹۱ تن در هکتار داشت (جدول۲). گزارشات نادعلی و همکاران (Nadali *et al*. 2010) نشان داد که محلول‌پاشی متانول باعث افزایش در عملکردریشه گردید. زبیک و همکاران (Zbiec *et al*. 1999) نیز گزارش دادند که متانول سبب افزایش ۱۰درصدی عملکردریشه چغندرقند در محلول ۲۰ تا ۳۰ درصدحجمی متانول می‌شود. لی و همکاران (Lee *et al*. 2006) نشان دادند روی برگ اکثر گیاهان، باکتری‌هایی

همزیست به‌نام باکتری‌های متیلوتروفیک زندگی می‌کنند. این باکتری‌ها با ساخت هورمون سایتوکنین و اکسین، سبب افزایش رشد در گیاهان می‌شوند. گیاهان تیمار شده با متانول می‌توانند فتوسنتز خالص خود را افزایش دهند و عملکرد خود را بهبود بخشند. آنها همچنین اعلام کردند متانول سبب افزایش راندمان تبدیل کربن می‌شود. گزارش‌هایی نیز وجود دارد که نشان می‌دهد افزایش رشد و عملکرد گیاهان در اثر کاربرد محلول‌های متانول بر روی قسمت‌های هوایی ناشی از اثر متانول به‌عنوان یک بازدارنده تنفس نوری است (Zbiec *et al*. 2003; Nonomura Benson 1992). حقیقی و همکاران (Haghighi *et al*. 2021) نیز گزارش دادند استفاده از سطوح مختلف متانول باعث افزایش عملکردریشه چغندرعلوفه‌ای گردید، ایشان اذعان داشتند استفاده از سطوح ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول باعث افزایش تولید در این گیاه شد.

صفت عیارقند، تحت تأثیر متانول قرار نگرفت (جدول۱). با توجّه به این که با افزایش عملکردریشه در سطوح مختلف متانول انتظار می‌رفت که به طبع آن عیارقند پایین بیاید، اما نتایج نشان داد که عیارقند در سطوح مختلف متانول اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند و این مطلب نیاز به بررسی بیشتری دارد. صادقی شعاع و همکاران (Sadeghi-Shoae *et al*. 2012) نشان دادند که محلول‌پاشی متانول باعث افزایش عملکردریشه و عملکردقند در گیاه چغندرقند گردید. نانومورا و بنسون (Nanomura Benson 1992) . نیر اظهار داشتند که بهره‌وری از متانول، سبب تشدید پروسه فتوسنتز و افزایش عملکردکلی و تولید گیاه گردید. به نظر محققین افزایش غلظت متانول در بافت‌های گیاهی بر راندمان سرعت تبدیل کربن و مسیر متابولیکی مربوط به تبدیل کربن اثرگذار است (McGiffen Manthey 1996; Ramberg *et al*. 2002; Downie *et al*. 2004).

اثر محلول‌پاشی متانول بر روی عملکردشکر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۱). بیشترین عملکردشکر 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 (جدول۲). با توجه به اینکه عملکردشکر وابسته به عملکردریشه و درصدقند 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 معنی‌داری در عملکردریشه شد بنابراین افزایش عملکرد شکر قابل‌توجیه است. نتایج به‌دست آمده با آزمایش نادعلی و همکاران (Nadali *et al*. 2010) همخوانی داشت.

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده آن بود اثر محلول‌پاشی متانول بر روی عملکرد شکرسفید در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۱). بر اساس جدول ۲، سطوح ۱۴ و ۲۸ درصدحجمی متانول به ترتیب با ۷/۸۰ و ۷/۱۵ تن در هکتار بیشترین عملکرد شکرسفید را داشتند و این دو در یک گروه آماری قرار گرفتند و کمترین عملکرد شکرسفید مربوط به شاهد بدون متانول با ۶/۲۵ تن در هکتار بود. طبق رابطه ۳ و با توجه به عدم‌معنی‌داری قند قابل‌استحصال، بر اساس روند افزایشی بین سطوح متانول برای عملکردریشه، عملکرد شکرسفید نیز افزایش یافت که با گزارشات نادعلی و همکاران (Nadali *et al*. 2010). مطابقت داشت. مطالعات بر روی نخود، لوبیا، چغندرقند و کلزا نشان داد که کاربرد برگی متانول منجربه افزایش معنی‌دار خصوصیات مورفولوژیکی در مقایسه با عدم‌کاربرد متانول گردید. (Zbiec *et al*. 2003; Safarzade Vishkaei *et al*. 2008; Ehyaei *et al*. 2010).

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بیان‌گر معنی‌داری نشدن اثرات متقابل فاکتورهای آزمایشی برای صفات مورد ارزیابی بود. بستن روزنه‌ها به‌منظور کاهش تعرق، اولین مکانیسم

مقاومتی گیاهان به تنش کم‌آبی است اما از اثرات منفی این پاسخ در گیاهان، کاهش ورود دی‌اکسید کربن به سلول‌های برگی 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 منجربه افزایش دی‌اکسید کربن برگی می‌شود، 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 گزارش‌ها مغایرت داشت (Ahmadpour *et al*. 2016; Nadali *et al*. 2010; Ehyaei *et al*. 2010). (جدول۱).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این بررسی نشان داد بر خلاف هدف‌گذاری اوّلیه در طراحی این آزمایش که متانول می‌تواند در شرایط تنش کم‌آبیاری به‌میزان کاهش شاخص‌های رشدی و عملکرد گیاه چغندرقند کمک کند نتایج حاصله نشان داد اثر متقابل سطح آبیاری در متانول معنی‌دار نبود و فقط اثرات ساده سطح آبیاری و محلول‌پاشی متانول معنی‌دار 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 تأثیرگذار باشد که به تبع آن عملکرد شکرسفید نیز افزایش یافت.

منابع مورد استفاده: References:

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, Rasmussn PE, Rickman RW, Smiley RW, Wysocki DW, and Wilkins DE. Effects of foliar methanol application on crop yield. Crop Sci. 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. 195pp.

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.**

Ehyaei 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 red-osier dogwood. Plant Physiology. 2001; 127, 566-574. **doi:10.1104/pp.900027.**

Haghighi P, Habibi D, Mozafari H, Sani B, Sadeghi Shoae 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, Hoober JK. Effects of atmospheric CO_2 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 methylotrophic isolates. Biology and Fertility of Soils. 2006; 42: 402-408. **doi:10.1007/s00374-006-0083-8.**

Makhdum 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 Biochemistery 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 (Elsivier Publications). 1968. 63p.

Rahbarian R, Khavari-Nejad R, Ganjeali A, Bagheri A, Najafi F, Roshanfekr 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 lnd. 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-Shoae M, Paknejad F, Kashani A, Nooralvandi T, Tookalloo 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 Univ. Agri. Stetin., Agricultura. 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 Shoae [1] * and F. Paknejad[2]

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

M. Sadeghi Shoae 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- 35 (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
2. Professor of Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.