نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص. ۸۶۳-۸۵۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 4, Winter. 2016, p. 854-863

تأثیر متانول بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت تنش خشکی

نظام آرمند[۱]- حمزه امیری[۲*]- احمد اسماعیلی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۱۸

چکیده

نتایج بررسی‌ها مؤید این است که محلول‌پاشی متانول نقش مؤثری در تحمل به خشکی گیاهان سه کربنه دارد. در این راستا به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی متانول بر خصوصیات مورفولوژیکی لوبیا (رقم صدری) در شرایط تنش خشکی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل (با دو عامل) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. عامل اول شامل تیمارهای مختلف محلول‌پاشی متانول با چهار سطح (شاهد یا بدون محلول‌پاشی، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی) بود که محلول‌پاشی سه بار طی فصل رشد گیاه و با فواصل ۱۰ روز صورت گرفت. عامل دوم تیمار تنش خشکی بود که شامل تنش خشکی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی)، تنش خشکی ملایم (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و بدون تنش خشکی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بود. نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی، محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی منجر به افزایش معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف، وزن خشک ریشه و قطر ریشه نسبت به سطح شاهد شد. در شرایط تنش ملایم و شدید، سطوح متانول نتوانست اثرات منفی ناشی از تنش خشکی را کاهش دهد. مطالعه حاضر نشان داد که در شرایط تنش خشکی محلول‌پاشی متانول بر گیاه لوبیا مؤثر نیست.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد ریشه، محلول‌پاشی متانول

مقدمه

حبوبات یکی از مهمترین منابع پروتئینی در رژیم غذایی بشر می‌باشند. میزان پروتئین حبوبات در حدود دو برابر غلات بوده که می‌تواند به‌عنوان مکمل پروتئین غلات در رژیم غذایی جای گیرد. در بین حبوبات، لوبیا از نظر سطح زیر کشت و تولید مقام اول را در جهان دارا است. سطح زیر کشت لوبیا در ایران حدود ۹۰ هزار هکتار است و از میانگین عملکرد بالاتری (۱۵۷۳ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر حبوبات برخوردار است (۲ و ۶). با توجه به اینکه لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) گیاهی سه کربنه است، تحت گرمای شدید، تنش آبی و نور زیاد به علت کاهش غلظت CO_2 داخلی برگ‌ها و افزایش غلظت اکسیژن، تنفس نوری انجام می‌دهد. تنفس نوری می‌تواند تا ۲۰ ٪ سبب اتلاف کربن در گیاهان شده و در نهایت منجر به کاهش عملکرد شود (۱۸، ۲۸ و ۲۹).

تنش خشکی یکی از معمول‌ترین تنش‌های محیطی است که کاهش عملکرد لوبیا تحت تأثیر این شرایط، تقریباً حدود ۲۵٪ برآورد شده‌است (۵). در تحقیقات انجام شده، کاربرد متانول به‌عنوان یک منبع کربن برای گیاهان زراعی رواج پیدا کرده است (۳، ۸ و ۱۹). زیرا گیاهان می‌توانند متانول محلول‌پاشی شده بر روی برگ‌ها را به‌راحتی جذب کرده و به‌عنوان منبع کربنی مورد استفاده قرار دهند. متانول در مقایسه با CO_2 مولکول نسبتاً کوچکتری است که به راحتی توسط گیاهان، جذب شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۵ و ۳۲).

در اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی گزارش شد که کاربرد محلول‌های متانول روی قسمت‌های هوایی گیاهان زراعی باعث افزایش عملکرد، تسریع در رسیدگی، کاهش اثر تنش خشکی و کاهش نیاز آبی آن‌ها می‌شود (۳۱ و ۳۲). بررسی بر روی بادام زمینی نشان داد که محلول‌پاشی ۲۰ درصد متانول باعث افزایش عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه و مقدار پروتئین دانه شد (۴۲). کاربرد محلول‌پاشی متانول در سطح ۲۵ درصد، بیشترین افزایش محصول سویا را در پی داشت (۲۸). همچنین مطالعات بر روی گیاهان گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum*)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris*)، چغندرقند (*Beta vulgaris*) و کلزا (*Brassica napus*) نشان داد گیاهانی که با

۱- دانشجوی دکتری، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان
۲- دانشیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان
(*- نویسنده مسئول: Email: Amiri_h_lu@yahoo.com)
۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

متانول ۳۰ درصد محلول‌پاشی شدند ۱۲ تا ۱۳ درصد محصول بیشتری نسبت به گیاهان شاهد تولید کردند (۴۳). در مطالعه‌ای که بر روی گیاه نخود صورت گرفت گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول در غلظت ۲۵ درصد حجمی منجر به افزایش معنی‌دار در کلیه صفات مورفولوژی مورد بررسی گردید (۱۸). در مطالعه بر روی گوجه‌فرنگی، مشاهده شد محلول‌پاشی متانول موجب افزایش وزن ساقه و ریشه شد (۳۸). بررسی‌های انجام شده در مناطق خشک پاکستان نیز نشان داد که محلول‌پاشی متانول ۳۰ درصد در گیاه پنبه (*Gossypium*) موجب افزایش ارتفاع و محصول دانه پنبه می‌شود (۲۷). در اثر کاربرد متانول در کمربند پنبه آمریکا محصول پنبه ۵۰ درصد افزایش یافت و همچنین سطح و قطر برگ‌های تیمارشده با متانول، افزایش یافت (۲۸). در بررسی دیگر، کاربرد متانول بر روی کتان موجب دو هفته زودرسی و افزایش ماندگاری آنها شد (۴۱). در بررسی که روی نیشکر (*Saccharum Officinarum*) انجام شد، دریافتند کاربرد متانول موجب افزایش محتوی سیتوکنین شد (۲۶). به‌طور کلی بررسی‌ها نشان می‌دهد که مصرف متانول در اغلب گیاهان زراعی موجب افزایش راندمان مصرف آب، کاهش تنفس نوری، افزایش سطح و دوام برگ و در نهایت افزایش عملکرد می شود (۳ و ۳۸).

با توجه به نقش متانول در افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر متانول بر بهبود تحمل به تنش خشکی در گیاه لوبیا صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی متانول بر روی خصوصیات مورفولوژیکی لوبیا آزمایشی به‌صورت گلخانه‌ای اجرا گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل‌های مورد بررسی در آزمایش شامل عامل محلول‌پاشی متانول و عامل تنش خشکی بود. عامل محلول‌پاشی متانول در ۴ سطح شامل شاهد (بدون محلول‌پاشی)، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی متانول بود که به هرکدام از این محلول‌ها دو گرم در لیتر گلیسین اضافه شد. افزودن گلیسین به محلول آبی متانول سبب جلوگیری از صدمات ناشی از سمیت متانول می شود. عامل خشکی شامل شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش خشکی ملایم (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش خشکی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) در نظر گرفته شد.

هر گلدان دو کیلوگرمی به‌عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. برای تهیه خاک هر گلدان، خاک تهیه شده ابتدا از الک دو میلی‌متر عبور داده شد و به میزان دو کیلوگرم در هر گلدان ریخته شد. بافت خاک مورد استفاده شنی لومی بود. گلدان‌ها در اتاقک رشد با درجه حرارت روز و شب به‌ترتیب ۲۵ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در هر گلدان پنج عدد بذر کشت شد و پس از سبز شدن به سه عدد گیاهچه در هر گلدان کاهش یافت. تیمار تنش خشکی براساس درصد رطوبت وزنی اعمال شد و از طریق توزین گلدان‌ها و تأمین کسری رطوبت مورد نیاز، میزان رطوبت گلدان‌ها در طول دوره رشد به‌طور ثابت حفظ شد. محلول‌پاشی سه بار طی فصل رشد گیاه و با فواصل زمانی ۱۰ روز صورت گرفت. اولین محلول‌پاشی طی مرحله رویشی در ۲۱ مرداد ماه به فاصله چهار هفته پس از کاشت و محلول‌پاشی‌های دیگر به‌ترتیب در اوایل گلدهی و اوایل غلاف‌دهی انجام شد. نحوه محلول‌پاشی به این صورت انجام گرفت که بر روی تمام قسمت‌های بوته لوبیا قطرات محلول جاری شد به‌طوری‌که اندام‌های هوایی خیس شدند. محلول‌پاش دارای حجمی حدود ۱/۵ لیتر بود و سعی شد در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری بالای بوته‌ها قرار داده شود. زمان محلول‌پاشی در ساعت هشت الی نه صبح در روزهای تعیین شده انجام شد. محلول‌پاشی گیاهچه‌ها تا زمان جاری شدن قطره‌های محلول روی برگ ادامه یافت. در پایان دوره رشد نمونه‌برداری به‌صورت تخریبی انجام شد و بخش هوایی از ریشه گیاه تفکیک شد. صفات مورفولوژی اندام هوایی شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته و وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شدند. صفات ریشه شامل سطح ریشه، طول ریشه اصلی، وزن خشک ریشه، قطر و حجم ریشه نیز اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس وزن آن‌ها با ترازوی AND مدل GT-300 ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد. به‌منظور اندازه‌گیری صفات ریشه از قبیل سطح، قطر و حجم ریشه‌ها از دستگاه WinRHIZO Pro V ساخت کانادا استفاده شد (Regent, Instruments Inc., QC, canada). این دستگاه از یک اسکنر متصل به کامپیوتر و نرم افزار WinRHIZO تشکیل شده است. ویژگی این نرم‌افزار این است که صفات مختلفی از قبیل سطح، قطر، حجم، تعداد میان‌گره‌ها، تعداد ریشه‌های جانبی (در مراحل جوانه‌زنی و رویشی گیاهان که حجم ریشه کم است) و مجموع طول ریشه‌ها را با استفاده از اسکن ریشه مورد نظر، محاسبه می‌کند. به منظور تصویر واضح و دقیق‌تر از ریشه‌ها، آن‌ها به مدت سه الی پنج دقیقه در محلول بنفش رنگ پرمنگنات منیزیم قرار گرفتند، پس از مشاهده تغییر رنگ ریشه‌ها آن‌ها را خارج کرده و سپس توسط دستمال کاغذی کاملاً خشک شدند. سپس ریشه‌های رنگی در اسکنر قرار داده شد و در نهایت به کمک نرم‌افزار سطح، قطر و حجم ریشه‌ها محاسبه شد.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار Mstat-C انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات مربوط به اندام هوایی

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در برهم‌کنش متانول و تنش خشکی نشان داد در شرایط بدون تنش خشکی، سطح ۲۰ درصد حجمی متانول منجر به افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته نسبت به سطح شاهد شد. در این شرایط، سطح شاهد و سطح ۳۰ درصد حجمی متانول در یک گروه آماری قرار گرفتند. در شرایط تنش خشکی ملایم، سطوح محلول‌پاشی متانول اختلاف معنی‌داری با سطح کنترل نداشت اما در شرایط تنش شدید، سطوح ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی متانول نسبت به سطح کنترل، ارتفاع بوته را به صورت معنی‌داری افزایش داد (جدول ۱). بررسی‌های متعدد نشان داده است که ارتفاع گیاه متعاقب کمبود آب قابل استفاده، کاهش می‌یابد (۱۱). در این تحقیق نیز کاهش ارتفاع گیاه در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش مشاهده شد. در بررسی در گیاه پنبه ملاحظه شد که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار ۱۵ درصد حجمی متانول اتفاق افتاد که آن‌ها علت این موضوع را به آسیمیلاسیون بیشتر کربن و رقابت بیشتر گیاهان برای دریافت نور بیان کردند (۶). متانول به‌عنوان یک منبع کربن می‌تواند در افزایش آسیمیلاسیون CO_2 و فتوسنتز خالص نقش داشته باشد (۲۰). در تحقیقی که بر روی گوجه فرنگی، آرابیدوپسیس (*Arabidopsis thaliana*) و تنباکو (*Nicotiana Tabacum*) صورت گرفت مشاهده شد که در اثر کاربرد متانول ارتفاع بوته گوجه‌فرنگی افزایش یافت اما ارتفاع بوته در آرابیدوپسیس و تنباکو روند خاصی را نشان نداد (۳۶). این محققان علت اصلی واکنش‌های متفاوت گیاهان به غلظت‌های مختلف متانول را به تنوع الگوی جذب متانول در برگ‌ها و روند متنوع تبدیل آن به دی اکسید کربن نسبت می‌دهند. از طرف دیگر برخی محققین افزایش ارتفاع بوته تحت اثر محلول‌پاشی متانول را به وجود باکتری‌های همزیست مانند متیلوتروفیک که روی برگ اکثر گیاهان زراعی زندگی می‌کنند، نسبت داده‌اند (۲۲). این باکتری‌ها در ازای دریافت متانول که از برگ گیاه خارج می‌شود پیش ماده ساخت بعضی از هورمون‌ها مانند اکسین و سیتوکینین که نقش مهمی در تسریع روند رشد به عهده دارند را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (۱۷ و ۲۲). به نظر می‌رسد در این تحقیق به این علت که بوته‌های لوبیا در اتاقک رشد و در شرایط استاندارد کشت شده‌اند نقش این باکتری‌ها در بهبود ارتفاع بوته کاهش یافته است.

تعداد برگ در گیاه

نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی، تعداد برگ در سطوح ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی متانول نسبت به سطح کنترل افزایش یافت اما معنی‌دار نبود. در شرایط تنش ملایم و شدید، سطوح متانول تفاوت معنی‌داری با سطح کنترل نداشت (جدول ۱). محلول‌پاشی متانول در سطح ۲۰ درصد حجمی در گیاه بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) سبب افزایش شاخص سطح برگ و تعداد برگ در بوته شد (۴۳). برخی مطالعات گزارش کردند که متانول باعث افزایش فشار آماس سلول در برگ‌ها شده که به رشد و توسعه برگ نیز کمک می‌کند (۴۴). در شرایط تنش خشکی برگ‌ها کوچکتر و تعداد آنها کاهش می‌یابد (۲۴). کاهش تعداد برگ در زمان تنش به پیری زودرس که خود عاملی برای کاهش تعرق و رسیدگی زودتر گیاه در شرایط تنش خشکی می‌باشد مربوط می‌شود (۴۱ و ۳۷). نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی تعداد برگ در گیاه را به‌صورت معنی‌داری کاهش داد. در تحقیقی که بر روی سویا (*Glycine max*) صورت گرفت علت افزایش تعداد برگ در اثر تیمار محلول‌پاشی متانول تأخیر در پیری برگ‌ها و فعالیت فتوسنتزی بیشتر گزارش شد (۳۱).

تعداد شاخه جانبی در بوته

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در برهم‌کنش متقابل متانول و تنش خشکی نشان داد که در شرایط بدون تنش سطوح ۱۰ و ۲۰ درصد متانول منجر به افزایش معنی‌داری در این صفت شد. در شرایط تنش ملایم سطوح متانول اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت و در شرایط تنش شدید مشاهده شد که محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی در مقایسه با سطح کنترل کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۱). شاخه‌دهی در گیاه لوبیا به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی به‌ویژه خصوصیات فیزیکی خاک و یا تنش خشکی قرار می‌گیرد، بنابراین شرایط محیطی می‌تواند سهم شاخه‌ها از عملکرد نهایی را تغییر دهد (۳). در مطالعه‌ای بر روی نخود مشاهده شد که در شرایط تنش خشکی سطوح پایین متانول در افزایش شاخه‌های فرعی نقش دارد اما این محققین گزارش کردند که سطوح بالای ۲۵ درصد حجمی متانول منجر به کاهش خصوصیات مورفولوژیکی شده که با سمیت متانول در غلظت‌های بالا مرتبط دانستند (۱۸).

تعداد غلاف

نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی، سطوح ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی متانول منجر به افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در گیاه لوبیا شد. در شرایط تنش ملایم مشاهده شد که سطح ۲۰ درصد حجمی بیشترین تعداد غلاف را داشت که در مقایسه با دیگر سطوح متانول افزایش معنی‌داری داشت. در شرایط تنش شدید، سطح ۳۰ درصد حجمی تعداد غلاف را به‌صورت معنی‌داری کاهش داد (جدول ۱). بررسی‌های متعدد نشان داده است که تنش خشکی منجر به کاهش برخی صفات مورفولوژیکی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی شده است (۱۱) که با نتایج این مطالعه منطبق می‌باشد.

جدول ۱- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی گیاه لوبیا در سطوح مختلف متانول و تنش خشکی

Table 1- Comparison of morphological characteristics of bean under different levels of methanol and drought stress

تیمارها/ متانول Treatments/ Methanol	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد برگ در گیاه Leaf number per pod	تعداد شاخه جانبی در بوته Number of branches	تعداد غلاف Number of pod	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g per plant)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g per plant)	طول ریشه اصلی Tap root length (cm)	سطح ریشه Root area (cm^2 per plant)	قطر ریشه Root diameter (mm)	حجم ریشه Root volume (cm^3)
Non stress (100% field capacity) / بدون تنش خشکی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)										
شاهد	56.33 bc	48.67 ab	6 cdef	8 c	1.573 ab	0.966 b	31 ab	2.507 a	0.249 bc	0.576 abc
10%	62 ab	54 a	9.33 ab	10.67 ab	1.743 ab	0.920 bc	35.33 a	2.218 ab	0.395 ab	0.706 ab
20%	63.33 a	53 a	9.66 a	11.33 ab	1.983 ab	1.203 a	36 a	2.412 a	0.471 a	0.744 a
30%	53.67 cd	42.33 bcd	6.33 cde	7.33 cd	1.223 ab	0.583 d	21 cd	1.657 abc	0.159 cd	0.437 ab
Temperate drought stress (75% field capacity) / تنش خشکی ملایم (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)										
شاهد	54 cd	34.33 cd	6.33 cde	6.66 cd	1.443 abc	0.743 bcd	25.67 ab	1.243 bcd	0.191 bcd	0.525 abc
10%	56 bc	44 abc	7 cd	9 bc	1.380 abc	0.790 bcd	36 a	1.461 abcd	0.275 abc	0.556 abc
20%	56.33 bc	35 cd	7.33 bc	11.67 a	1.387 abc	0.700 d	31.67 ab	1.451 abcd	0.333 abc	0.391 abcd
30%	54.33 cd	33.33 d	5 defg	7 cd	0.346 d	0.166 e	19 d	0.922 cd	0.125 cd	0.244 cd
Severe drought stress (25% field capacity) /تنش خشکی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی)										
شاهد	41.33 e	14.67 ef	4 cdef	5.33 d	0.916 c	0.543 d	22.67 cd	0.589 cd	0.162 cd	0.328 bcd
10%	52 cd	19.67 e	4.33 cdef	7 cd	1.317 bc	0.650 d	27 bc	1.568 abcd	0.154 cd	0.379 bcd
20%	51.83 cd	20 e	5 cde	7 cd	1.213 bc	0.796 bcd	25 bcd	1.498 abcd	0.157 cd	0.096 d
30%	48 d	8 f	3.33 g	3 e	0.330 d	0.113 e	19 d	0.461 d	0.030 d	0.086 d

در بررسی که روی پنبه صورت گرفت مشاهده شد که محلول‌پاشی متانول موجب افزایش تعداد غلاف شد (۲۶) که این محققین علت این موضوع را به آسیمیلاسیون بیشتر کربن و رقابت بیشتر گیاهان برای دریافت نور بیان کردند (۲ و ۳۳). بنابراین متانول به‌عنوان یک منبع کربن می‌تواند در افزایش آسیمیلاسیون CO_2 و محصول گیاهان نقش داشته باشد (۹ و ۲۴). در مطالعه‌ای دیگر که بر روی بادام زمینی انجام شد بیشترین تعداد غلاف در محلول‌پاشی ۲۰ درصد متانول مشاهده شد (۴۳).

وزن خشک اندام هوایی

در برهم‌کنش متانول و تنش خشکی نتایج نشان داد که سطح ۳۰ درصد حجمی متانول در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید نسبت به سطح کنترل کاهش معنی‌داری داشت که می‌توان به اثرات سمی متانول در غلظت‌های بالا نسبت داد. در شرایط بدون تنش، سطوح متانول از نظر وزن خشک اندام هوایی اختلاف معنی‌داری با سطح کنترل نداشت (جدول ۱). در تحقیقی که بر روی گندم انجام گرفت، مشاهده شد با افزایش شدت تنش خشکی، بدون توجه به حساسیت یا مقاومت رقم، وزن خشک بخش هوایی کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند (۴) که با نتایج این مطالعه در ارتباط با کاهش وزن خشک هوایی منطبق است. در مطالعه اثرات کاربرد متانول به‌صورت محلول‌پاشی بر روی برگ و ریشه نتایج نشان داد که متانول بر وزن خشک گیاه گوجه‌فرنگی تأثیر منفی دارد اما بر آرابیدوپسیس تأثیر مثبت داشت (۳۴). در این مطالعه نیز وزن خشک اندام هوایی روند معنی‌داری در سطوح محلول‌پاشی متانول نداشت. در آزمایش بر روی گیاه نخود علت افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه در اثر کاربرد متانول افزایش راندمان تبدیل کربن و به دنبال آن افزایش فتوسنتز خالص گزارش شد (۱۸). بنابراین علت پاسخ‌های متنوع گیاهان به متانول را می‌توان به نوع گونه گیاهی و نحوه راندمان تبدیل متانول به CO_2 نسبت داد.

صفات مربوط به ریشه

وزن خشک ریشه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل تنش و متانول نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی، سطح ۲۰ درصد حجمی متانول نسبت به سطح کنترل وزن خشک ریشه را به‌صورت معنی‌داری افزایش داد. در تنش ملایم و شدید سطح ۳۰ درصد حجمی منجر به کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه نسبت به سطح کنترل شد (جدول ۱). مطالعه بر روی چغندرقند نشان داد سطح ۲۰ درصد حجمی متانول سبب افزایش ۱۰٪ عملکرد ریشه نسبت به تیمار شاهد شد (۳۰). در مطالعه‌ای دیگر بر روی سویا کاربرد ۲۱ درصد حجمی متانول سبب افزایش ۳۸ درصدی عملکرد ریشه نسبت به سطح شاهد شد و بیان شد که احتمالاً متانول با افزایش میزان تثبیت CO_2 باعث افزایش عملکرد ریشه می‌شود (۲۸). در تحقیقی که بر روی نخود صورت گرفت، تحت شرایط تنش خشکی (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده شد کاربرد متانول تأثیر معنی‌داری از نظر وزن خشک ریشه با سطح عدم کاربرد متانول نداشت (۱۸).

طول ریشه اصلی

مقایسه میانگین داده‌ها در برهم‌کنش متانول و تنش خشکی نشان داد که در تمامی تیمارهای تنش خشکی، سطوح متانول در غلظت‌های ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی نسبت به سطوح کنترل افزایش داشت اما معنی‌دار نبود، سطح ۳۰ درصد حجمی متانول در تمامی سطوح خشکی نسبت به سطوح کنترل کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۱). در تحقیقی که بر روی ژنوتیپ‌های نخود صورت گرفت مشاهده شد مجموع طول ریشه‌ها و طول ریشه اصلی در اکثر ژنوتیپ‌ها در شرایط فراهمی رطوبت نسبت به تنش خشکی کاهش یافته است (۴ و ۲۲). در این مطالعه نیز طول ریشه اصلی در شرایط تنش خشکی شدید نسبت به شرایط بدون تنش خشکی کاهش معنی‌داری یافت. سیستم ریشه‌ای به دلیل نزدیکی به آب، به‌عنوان اولین حس‌گر تنش خشکی محسوب می‌شود، بنابراین در ایجاد مقاومت نسبت به تنش خشکی نقش مهمی دارد (۱۱ و ۳۳). طول ریشه اصلی از جهت بهره‌برداری ریشه از رطوبت و عناصر غذایی موجود در خاک می‌تواند برای گیاه مفید باشد (۱۲). کاهش طول ریشه در غلظت‌های ۳۰ درصد حجمی نسبت به سطح کنترل را می‌توان به سمیت متانول در غلظت‌های بالا نسبت داد.

سطح ریشه

نتایج اثرات متقابل متانول و تنش خشکی نشان داد که سطوح متانول نسبت به سطوح کنترل در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و تنش خشکی شدید تفاوت معنی‌داری با سطح کنترل نداشت (جدول ۱). در مطالعه‌ای که بر روی ژنوتیپ‌های نخود، برای شناسایی ژنوتیپ مقاوم به خشکی صورت گرفت مشاهده شد سطح ریشه در اکثر ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش کاهش یافت (۱۳). در این مطالعه نیز سطح ریشه در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش کاهش یافت. در مطالعه بر روی برخی گیاهان سه کربنه از قبیل جو (*Hordeum vulgare*)، جو دوسر (*Avena sativa*) و نخود فرنگی (*Pisum sativum*) مشاهده شد که اثرات محلول‌پاشی متانول و اتانول بر عملکرد ریشه معنی‌دار نبود.

این محققین گزارش کردند که متانول با تبدیل به دی اکسید کربن در افزایش آسیمیلاسیون CO_2 نقش دارد اما بر خصوصیات ریشه تأثیر مثبتی ندارند (۴۰ و ۴۲).

قطر ریشه و حجم ریشه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل متانول و تنش خشکی نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی، سطح ۳۰ درصد حجمی قطر ریشه گیاه لوبیا را به طرز معنی‌داری افزایش داد اما در شرایط تنش ملایم و شدید سطوح متانول نتوانست کاهش قطر ریشه در اثر تنش خشکی را بهبود دهد (جدول ۱). نتایج این مطالعه با نتایج راماندان و امران (۳۶) مطابقت دارد.

در برهم‌کنش متانول و تنش خشکی مشاهده شد که در تمامی تیمارهای تنش خشکی اختلاف معنی‌داری بین سطوح کاربرد متانول و عدم کاربرد متانول وجود نداشت (جدول ۱). لیپورت و همکاران (۲۴) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی، سطح و وزن خشک ریشه‌ها کوچکتر و حجم آن‌ها نیز کمتر می‌شود. کاهش سطح و وزن خشک ریشه در زمان تنش می‌تواند به علت پیری زودرس، به منظور رسیدگی زودتر گیاه در شرایط تنش خشکی باشد (۳۹ و ۴۳). در این مطالعه نیز تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک برگ نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۲). با توجه به اینکه در تمامی صفات مرتبط با ریشه در شرایط تنش خشکی تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد می‌توان بیان کرد که محلول‌پاشی متانول اثر مثبتی بر خصوصیات ریشه گیاه لوبیا ندارد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه نتایج نشان داد در شرایط بدون تنش خشکی سطح محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول در برخی صفات بر سایر سطوح برتری نشان داد. کاهش میزان آب در خاک از حد ظرفیت زراعی، کاهش معنی‌داری بر کلیه صفات مورد بررسی گذاشت. محلول‌پاشی متانول در اکثر صفات مورد اندازه‌گیری نتوانست این کاهش را که به دلیل کمبود آب ایجاد شده بود جبران کند. با توجه به نتایج این مطالعه در شرایط تنش خشکی محلول‌پاشی متانول بر گیاه لوبیا پیشنهاد نمی‌شود.

References

1. Abanda, D., Musch, M., Tschiersch, J., and Schawb, M. 2006. Molecular interaction between Methylobacterium extorquens and seedling growth promotion, methanol consumption and localization of the methanol emission site. Journal of Experimental Botany 57 (15): 4025-4032.
2. Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S. R., Armand, N., and Fani, E. 2015. Effect of methanol on germination characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under drought stress. Iranian Journal of Seed Research 2: 83-96. (in Persian with English abstract).
3. Bagheri, A., Mahmoudi, A., and Ghezeli, F. 2001. Common Bean: Research for Crop Improvement. Jahad daneshgahi press. 556 pp.
4. Benson, A. A., and Nonomura, A. M. 1994. The path of carbon in photosynthesis: methanol inhibition of glycolic acid accumulation. Photosynthesis Research 34: 196-206.
5. Blum, A. 1996. Crop response to drought and the interpretation adaptation. Plant Growth Regulation 20: 135-148.
6. Boyer, J. S., Armand, P. A., and Sharp, R. E. 1987. Light stress and leaf water relations. Photoinhibition, Elsevier Science Publishers, Amsterdam. pp: 111-122.
7. Dorri, H. R. 2008. Bean Agronomy. Publication Series of Research Center of Bean, Khomein. 46 PP.
8. Doss, B. D., Pearson, R., and Wand Howard, T. R. 1974. Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. Agronomy Journal 66: 297-299.
9. Downie, A., Miyazaki, S., Bohnert, H., John, P., Coleman, J., Parry, M., and Haslam, R. 2004. Expression profiling of the response of Arabidopsis thaliana to methanol stimulation. Photochemistry 65: 2305-2316.
10. Ehyaei, H. R., Parsa, M., Kafi, M., and Nasiri mahalati, M. 2010. Effect of foliar application of methanol and irrigation regimes on yield and yield components of chickpea cultivars. Iranian Journal of Pulses Research 1: 37-48. (in Persian with English abstract).
11. Fischer, R. A. 2001. Selection traits for improving yield potential. In: M.P. Reynolds, J.I. Ortiz- Monasterio and A. McNab (Eds.). Application of Physiology in Wheat Breeding. D.F. CIMMYT. Mexico p. 148-159.
12. Gamze, O. K. U., Mehmet Demir, K. A. Y., and Mehmet, A. T. A. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture 29: 237-242.
13. Ganjeali, A., and Kafi, M. 2007. Genotypic differences for allometric relationships between root and shot characteristics in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Pakistan Journal of Botany 39: 1523-1531.
14. Ganjeali, A., Kafi, M., Bagheri, A., and Shahriyari, F. 2004. Allometric relationship between root and shoot characteristics of chickpeas seedling (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 18: 67-80. (in Persian with English abstract).
15. Gout, E., Aubert, S., Bligny, R., Rebeille, F., Nonomura, A., Benson, A., and Douce, R. 2000. Metabolism of methanol in plant cells. Carbon-13 nuclear magnetic resonance studies. Plant Physiology 123: 287-296.

16. Hanson, A. D., and Roje, S. 2001. One carbon metabolism in higher plants. Annual Review of Plant Physiology 52: 119-138.
17. Heins, R. 1980. Inhibition of ethylene synthesis and senescence in carnation by ethanol. Journal of the American Society for Horticultural Science 105 (1): 141-144.
18. Holland, M. A. 1997. Occams razor applied to hormonology. Are cytokinins produced by plants? Plant Physiology 115: 865-868.
19. Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H., and Ismaili A. 2015. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Photosynthetica, doi: 10.1007/s11099-015-0162-x.
20. Hosseinzadeh, S. R., Salimi, A. Ganjeali, A., and Ahmadpour, R. 2012. Effects of foliar application of methanol on growth and root characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. European Journal of Experimental Biology 2 (5): 1697-1702.
21. Hosseinzadeh, S. R., Salimi, A. Ganjeali, A., and Ahmadpour, R. 2014. Effects of foliar application of methanol on photosynthetic characteristics chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Plant Biology 5: 116-129. (in Persian with English abstract).
22. Ivanova, E. G., Dornina, N. V., and Trotsenko, Y. A. 2001. Aerobic methylobacteria are capable of synthesizing auxins. Microbiology 70: 392-397.
23. Jalota, S. K., Anil, S., and Harman, W. L. 2006. Assessing the response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield to irrigation water on two soils in Punjab (India). Agricultural Water Management 79: 312-320.
24. Leport, L., Turner, N. C., Davies, S. L., and Siddique, K. H. M. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. Europian Journal of Agronomy 24: 236-246.
25. Li, Y., Gupta, J., and Siyumbano, A. K. 1995. Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. Journal of Plant Nutrition 18: 1875-1880.
26. Madhaiyan, M., Poonguzhali, S., Sundaram, S. P., and Sa, T. A. 2006. New insight into foliar applied methanol influencing phylloplane methylotrophic dynamics and growth promotion of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Environmental and Experimental Botany 57: 168-176.
27. Makhdum, I. M., Nawaz, A., Shabab, M., Ahmad, F., and Illahi, F. 2002. Physiological response of cotton to methanol foliar application. Journal of Research Zakariya University, Multan, Pakistan 13: 37-43.
28. Mauney, J. R., and Gerik, T. J. 1994. Evaluating methanol usage in Cotton. National Cotton Council of America Memphis, TN, USA. pp: 40.
29. Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, P., Nazeri, P., and Nasri, M. 2010. Effects of foliar application of methanol on (*Glycine max* L.). Journal of Agroecology 2: 236-244. (in Persian with English abstract).
30. Muchow, R. C., Sinclair, T., and Rennetl, I. M. 1990. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. Agronomy Journal 82: 238-343.
31. Nadali, I., Paknejad, F., Moradi, F., and Vazan, S. 2010. Effect of methanol on yield and some quality characteristics of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) cv. Rasoul in Drought and Non-Drought Stress Conditions. Journal of Seed and Plant Improvement 26: 95-108. (in Persian with English abstract).
32. Nemecek-Marshall, M., MacDonald, R. C., Franzen, J. J., Wojciechowski, C. L., and Fall, R. 1995. Methanol emission from leaves: enzymatic detection of gas-phase methanol and relation of methanol fluxes to stomatal conductance and leaf development. Plant Physiology 108: 1359-1368.
33. Nonomura, A. M., and Benson, A. A. 1992. The path of carbon in photosynthesis: Improved crop yields with methanol. National Academic Science, USA. 89: 9794-9798.
34. Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A. R., and Najafi, F. 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water. Acta Biologica Cracoviensia-Series Botanica 53: 47-56.
35. Rajala, A., Karkkainen, J., Peltonen, J., and Peltonen-Sainio, P. 1998. Foliar applications of alcohols failed to enhance growth and yield of C3 crops. Industrial Crop Production 7: 129-137.
36. Ramadan, T., and Omran, Y. 2005. The effects of foliar application of methanol on productivity and fruit quality of grapevine cv.flame seedlees. Vitis Journal 44: 11-16.
37. Ramirez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A., and Pena-Cortes, H. 2006. Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of arabidopsis, tobacco and tomato plants. Journal Plant Growth Regulation 25: 30-44.
38. Richner, W., Soidati, A., and Stamp, P. 1996. Shoot to root relation in field grown maize seedlings. Agronomy Journal 88: 56-61.
39. Rowe, R. N., Farr, D. J., and Richards, B. A. J. 1994. Effects of foliar and root applications of methanol or ethanol on the growth of tomato plants (*Lycopersicon esculentum*.L). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 22: 335-337.
40. Saxena, N. P., Singh, S. C., Sethi, L., Krishnamurthy, S., Singh, D., and Johansen, C. 2005. Genetic enhancement of drought tolerance in chickpea (short note). (WWW. ICRISAT.org).
41. Sheldrake, A. R., and Saxena, N. D. 1979. The growth and development of chickpea under progressive moisture

stress. Stress Physiology in Crop Plants 5: 58-74.
42. Van, I., Heitholt, M. W., Wells, J. J., and Oosterhuis, D. M. 1995. Foliar methanol applications to cotton in the Southeastern United States, leaf physiology, growth and yield components. Agronomy Journal 87: 1157-1160.
43. Vyshkahi, M., Noormohammadi, Gh., Majidi, A., and Rabii, B. 2008. Effect of methanol on the growth function peanuts. Special Issue Journal of Agricultural Sciences 1: 102-87. (in Persian with English abstract).
44. Zbiec, I., Karczmarczyk, S., and 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.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 4, Winter. 2016, p. 854-863

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص. ۸۶۳-۸۵۴

The Effects of Foliar Application of Methanol on Morphological Characteristics of Bean (*Phaseolus vulgaris L.*) under Drought Stress Condition

N. Armand[1]- H. Amiri[2*]- A. Ismaili[3]

Received: 18-01-2015
Accepted: 07-04-2015

Introduction

Available water is an important factor for plant growth in arid environments. Results indicated that foliar application of methanol is believed to be more important than the drought tolerance in C_3 plant. Since bean is a C_3 plant, it performs light respiration under intense heat, light and water stress due to internal leaf CO_2 concentration reduction and oxygen concentration increase. Light respiration can cause up to 20% loss of carbon in plants and decrease the yield. Increasing concentration of carbon dioxide can neutralize the effect caused by drought stress. Thus, the use of substances that can cause an increase in the concentration of carbon dioxide in the plant, leads to improving the yield under the drought conditions. One of the ways of increasing the concentration of carbon dioxide in plants is by using compounds such as methanol, ethanol, propanol, butanol as well as use of the amino acids of glycine, glutamate and aspartate. Plants can easily absorb methanol sprayed on leaves and use it as a carbon source added to atmospheric carbon. Methanol is relatively smaller compared to the CO_2 molecules, so it can be easily absorbed and utilized by plants.

Materials and Methods

In order to evaluate the effects of foliar application of methanol on some morphological characteristics of bean under drought stress, a factorial experiment was conducted based on completely randomized block design with three replications in 2014 at the Khatam Alanbia University of Behbahan. The treatment of spraying methanol was at 4 levels include control (without spraying), 10, 20 and 30% v/v methanol which added 2 g l^{-1} glycine to each of solutions. Adding glycine to aqueous solution of methanol leads to prevention of damages caused by the toxicity of methanol. The drought factors including control (100% field of capacity), moderate drought stress (50% field of capacity) and severe drought stress (25% field of capacity) were considered. In this experiment, each experimental unit was a pot of 1 kg and 5 seeds were planted in each pot and after emergence decreased to 3 seedlings per pot. They were placed in a growth chamber with day and night temperatures as 25 °C and 15°C, respectively. Drought stress treatment based on soil moisture percentage was adjusted by measuring the weight percent of soil moisture and adding water consumed daily by each pot. Foliar application was done 3 times during the growing season and at intervals of 10 days. The first foliar application was performed during the seedling stage within 4 weeks after planting and other foliar application, respectively in early flowering and early podding. The foliar application was performed in such a way that solution droplets were present at all parts of the bean. Trait measurement was carried out 35 days after planting.

Results and Discussion

Results showed that there was significant difference ($P \leq 0.01$) between methanol and drought stress regarding the plant height, number of branches, leaf number per pod, root and shoot dry weight, tap root length, root area, root diameter, root volume, and number of pod ($P \leq 0.05$). All of the morphological traits were mainly affected by severe drought stress. The results of the comparing mean data in the interactions of methanol and drought stress showed that 20% methanol level in non-drought stress significantly increased in plant height, number of branches, root dry weight, root diameter and number of pod compared with control. 20% methanol level in temperate drought stress condition significantly increased the number of pod compared with non-applied methanol foliar application. Severe drought conditions in other traits except plant height difference between the levels of methanol and the methanol was observed.

1- Ph.D Student, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khoramabad, Iran
2- Associate Professor, Department of Biology, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khoramabad, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khoramabad, Iran
(*- Corresponding Author: Amiri_h_lu@yahoo.com)

Conclusions

Present study showed that the use of methanol at 20% by volume of methanol without the stress could be effective but failed to reduce the negative effects of drought stress on bean (*Phaseolus vulgaris* L.cv. sadry) plants.

Keywords: Drought stress, Methanol foliar application, Morphological characteristics