تأثیر کاربرد متانول بر برخی خصوصیات مرتبط با رشد ریشه نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش خشکی

سعید رضا حسین زاده*[۱]، اعظم سلیمی[۲] و علی گنجعلی[۳]

۱) دانشجوی دکتری دانشکده علوم دانشگاه لرستان، گروه زیست شناسی، لرستان، ایران.
۲) استادیار دانشکده علوم دانشگاه خوارزمی تهران، گروه زیست شناسی، تهران، ایران.
۳) استادیار دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد، گروه زیست شناسی، مشهد، ایران.

* **نویسنده مسئول:** Hossinzadeh_tmu@yahoo.com

تاریخ دریافت : ۹۱/۰۴/۰۳ **تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۷/۰۴**

چکیده

بخش مهمی از موفقیت تولید در مناطق دارای تنش خشکی به جذب مؤثر آب و عنصر غذایی توسط سیستم ریشه‌ای کارآمد وابسته است. به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی متانول برخصوصیات ریشه نخود (رقم کرج) در شرایط تنش خشکی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در شهریور سال ۹۰ در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. عامل محلول‌پاشی متانول با ۵ سطح، شاهد (بدون محلول پاشی)، ۲۰ ، ۲۵ ، ۳۰ و ۳۵ درصد حجمی بود که به هر کدام از سطوح ۲ گرم در لیتر گلیسین اضافه شد. محلول‌پاشی ۳ بار طی فصل رشد گیاه و با فواصل ۱۰ روز صورت گرفت. محلول‌پاشی گیاهچه‌ها تا زمان جاری شدن قطره‌های محلول روی برگ ادامه یافت. عامل خشکی نیز شامل تنش خشکی (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) و بدون تنش خشکی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) اعمال شد. نتایج نشان داد بین سطوح مختلف متانول اختلاف معنی‌داری از نظر وزن خشک ریشه، سطح و طول ریشه اصلی، مجموع طول ریشه‌ها، نسبت ریشه به اندام هوایی و نسبت سطح ریشه به سطح برگ وجود داشت ($p\leq ۰/۰۵$). محلول‌پاشی با سطح ۲۵ درصد حجمی، موجب افزایش معنی‌داری در میزان وزن خشک ریشه، مجموع طول ریشه‌ها و سطح ریشه‌ها نسبت به دیگر سطوح شد. اثرات متقابل تنش خشکی و متانول تأثیر معنی‌داری بر میزان مجموع طول ریشه‌ها و نسبت ریشه به اندام هوایی داشت ($p\leq ۰/۰۵$). به طورکلی می‌توان کاربرد محلول‌پاشی ۲۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول را برای افزایش عملکرد در گیاه نخود توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، خصوصیات ریشه، محلول پاشی متانول، نخود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.17.1.6]

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) در دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی از نواحی نیمه گرمسیری شبه قاره هند و شمال شرقی استرالیا تا مناطق مدیترانه‌ای غرب آسیا، شمال افریقا، جنوب و جنوب غربی اروپا کشت می‌شود (Leport *et al.*, 1999). در ایران، نخود در بین حبوبات سرمادوست با سطح زیر کشت ۷۵۵ هزار هکتار و تولید تقریبی ۳۱۰ هزار تن، بیش‌ترین سطح زیر کشت و تولید را به خود اختصاص داده است. در حال حاضر در اکثر نقاط دنیا، نخود به دلیل اهمیت راهبردی آن در تولید پروتئین‌های گیاهی، کشت می‌شود. تنش‌های زنده و غیرزنده، محدود کننده‌ی رشد و عملکرد گیاهان در بسیاری از نقاط دنیا هستند و به همین دلیل اختلافات قابل توجهی در عملکرد این محصول در مناطق مختلف قابل مشاهده است. در شرایط اقلیمی خراسان، گیاهان کشت شده معمولاً در دوره رشد رویشی خود تحت تأثیر تنش خشکی متناوب قرار می‌گیرند و در مرحله رشد زایشی با تنش خشکی انتهای فصل و گرما به صورت توأم مواجه می‌شوند (Ganjeali and Kafi, 2007). از آنجا که آب قابل دسترس، عامل اصلی محدود کننده‌ی رشد در محیط‌های خشک می‌باشد، بیش‌ترین بازده از نظر رشد و تولید محصول، زمانی حاصل می‌شود که از آب محدود موجود در خاک، حداکثر جذب صورت پذیرد. این خصوصیت تنها از طریق مکانیسم‌های سازگاری مرتبط با سیستم ریشه حاصل خواهد شد. Gamze و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشت در بقولات دانه‌ای، اولویت تخصیص مواد فتوسنتزی در مراحل اولیه رشد عموماً به سمت ریشه‌ها است تا اندام‌های هوایی و لذا بقولات در مرحله گیاهچه‌ای معمولاً از سیستم ریشه‌ای سنگین‌تری برخوردار هستند. از آنجایی که نسبت بالاتر ریشه به اندام‌های هوایی (اندام‌های جذب کننده آب نسبت به اندام‌های مصرف کننده) توان گیاه را برای افزایش تحمل به خشکی بهبود می‌بخشد، لذا اغلب متخصصان فیزیولوژی این نسبت را به عنوان یک معیار برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی معرفی می‌نمایند (Gamze *et al.*, 2005; Gupta, 1984). اولین شرط جهت دستیابی به عملکرد بالا در واحد سطح، تولید ماده خشک زیاد است، زیرا حدود ۹۰ درصد وزن خشک گیاهان ناشی از جذب و تحلیل دی اکسید کربن طی فتوسنتز است، در نتیجه افزایش سرعت تثبیت برای بالا بردن ظرفیت تولید گیاهان زراعی می‌تواند مفید باشد (Makhdum *et al.*, 2002; Hanson and Roje, 2001; Dowine *et al.*, 2004). در تحقیقات اخیر، کاربرد متانول به عنوان یک منبع کربن برای گیاهان زراعی رواج پیدا کرده است (Benson and Nonomura, 1994; Downie *et al.*, 2004). زیرا گیاهان می‌توانند متانول محلول‌پاشی شده بر روی برگ‌ها را به راحتی جذب کرده و آن را به عنوان منبع کربنی اضافه بر کربن اتمسفر مورد استفاده قرار دهند (Gout *et al.*, 2000). متانول ماده‌ای کاملاً شناخته شده برای گیاهان می‌باشد، زیرا این ماده یکی از ساده‌ترین فرآورده‌های گیاهی بوده که توسط اکثر گیاهان خصوصاً طی مراحل اولیه بزرگ شدن برگ‌ها در اثر دمتیلاسیون پکتین، تولید و به محیط اطراف آن‌ها انتشار می‌یابد (Benson and Nanomura, 1994). کاربرد متانول محلول‌پاشی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.17.1.6]

شده همانند متانول طبیعی که در برگ‌ها بر اثر فعالیت آنزیمی پکتین متیل استراز در فرایند گسترش دیواره سلولی ایجاد می‌شود، می‌تواند موجب افزایش تولید سیتوکینین و تحریک رشد گیاه شود (Holland, 1997). متانول دارای کربن نشان‌دار ۱۴ پس از محلول‌پاشی روی سطح گیاهان سریعاً وارد بافت‌های آن‌ها شده و پس از تأثیر گذاشتن بر متابولسیم گیاه، کربن مذکور در ساختار اسید آمینه سرین و گلایسین یافت می‌گردد (Gout *et al.*, 2000). گلایسن در بهبود مقاومت به تنش دارای نقش مؤثری است که به مقدار کم مخلوط با متانول در محلول‌پاشی مصرف می‌گردد. نقش محافظتی گلایسین فقط به تنش محافظتی اسمزی آن خلاصه نشده است بلکه این ماده در دیگر اثرات فیزیولوژیکی مؤثر در پاسخ به تنش‌های گیاهان مطرح است (Krishnamurthy *et al.*, 2003). 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 (Nemecek *et al.*,1995). مطالعات نشان داد که محلول‌پاشی ۲۰ درصد متانول بر روی قسمت‌های هوایی بادام زمینی باعث افزایش عملکرد دانه، وزن خشک ریشه و مقدار پروتئین دانه بادام زمینی شده است (Vyshkayy *et al.*, 2008). هم‌چنین مطالعات بر روی گیاهان گوجه فرنگی، لوبیا، چغندر قند و کلزا نشان داد گیاهانی که با متانول ۳۰ درصد محلول‌پاشی شدند ۱۲ تا ۱۳ درصد محصول بیش‌تری نسبت به گیاهان شاهد تولید کردند و این گیاهان به میزان کم‌تری به کمبود آب حساس بودند و در برخی موارد، تولید آن‌ها با گیاهانی که آبیاری تکمیلی شده بودند، برابر بود (Zebic *et al.*, 2003). در مطالعه‌ای که بر روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود صورت گرفت مشاهده شد گیاهانی که طول ریشه اصلی، تعداد ریشه‌های جانبی، تراکم طول ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی بالاتری دارند نسبت به گیاهانی که این خصوصیات را کم‌تر دارا می‌باشند، مقاومت و تحمل بیش‌تری به کم آبی و تنش خشکی دارند (Saxena *et al.*, 2005). اعتقاد اغلب متخصصان بر این است که در نخود حداکثر عمق ریشه، یک صفت ژنتیکی است (Krishnamurthy, 1999; Saxena *et al.*, 2003). در عین حال این صفت تحت تأثیر عوامل محیطی نیز قرار می‌گیرد (Bagheri *et al.*, 1997; Saxena *et al.*, 2005). مطالعات بر روی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در نخود نشان داد جذب کارآمد آب توسط ریشه، یک مشخصه‌ی مهم برای مقاومت به خشکی است (Hanson and Roje, 2001). در مطالعه‌ای که بر روی گوجه فرنگی صورت گرفت، مشاهده شد محلول‌پاشی متانول موجب افزایش وزن ساقه و ریشه می‌شود (Row *et al.*, 1994). بررسی‌های انجام شده در مناطق خشک پاکستان نیز نشان داد، که محلول‌پاشی متانول در سطح ۳۰ درصد حجمی در گیاه پنبه موجب افزایش ارتفاع، عملکرد ریشه و محصول دانه پنبه می‌شود (Makhduma *et al.*, 2002). جذب آب توسط گیاه به اندازه‌ی ریشه (طول یا وزن)، فعالیت و توزیع آن در خاک بستگی دارد بنابراین به نظر می‌رسد برای فهم بیش‌تر مکانیزم‌های مقاومت و دستیابی به منابع ژنتیکی مورد نیاز در برنامه‌های اصلاحی، درک صفات مورفولوژیک مرتبط با مقاومت به خشکی، ضروری است. به طور کلی در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.17.1.6]

مورد ویژگی‌های ریشه بقولات، مطالعات بسیار کمی انجام شده است و لذا با توجه به خواص ضد تنشی متانول مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی متانول بر برخی صفات مرتبط با رشد ریشه در واکنش به تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی متانول بر روی خصوصیات مورفولوژیکی نخود (رقم کرج) آزمایشی در شهریور ۱۳۹۰ درپژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد اجراء گردید. آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی در آزمایش محلول‌پاشی متانول در ۵ سطح شامل: شاهد (بدون محلول‌پاشی) و ۲۰ ، ۲۵ ، ۳۰ و ۳۵ درصد حجمی متانول که به هر کدام از محلول‌ها دو گرم در لیتر گلیسین اضافه شد. افزودن گلیسین به محلول آبی متانول سبب جلوگیری از صدمات ناشی از سمیت متانول می‌شود. درگیاهان با سرعت تنفس نوری بالا هنگامی که با متانول تیمار می‌شوند دو ملکول گلیسین در تنفس نوری ایجاد می‌شود که منجر به دو برابر شدن میزان ساکارز تولیدی می‌شود. عامل خشکی شامل شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش خشکی (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) در نظر گرفته شد. هر گلدان دو کیلوگرمی به عنوان 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 ۲ کیلوگرم در هر گلدان ریخته شد. بافت خاک مورد استفاده شنی لومی بود که خصوصیات آن در جدول ۱ نشان داده شده است. گلدان‌ها در اتاقک رشد با درجه حرارت روز و شب به ترتیب ۲۵ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در هر گلدان ۵ عدد بذر کشت شد و پس از سبز شدن به ۳ عدد گیاهچه در هر گلدان کاهش یافت. تیمار تنش خشکی بر اساس درصد رطوبت وزنی اعمال شد و از طریق توزین گلدان‌ها و تأمین کسری رطوبت مورد نیاز، میزان رطوبت گلدان‌ها در طول دوره رشد به طور ثابت حفظ شد. محلول‌پاشی ۳ بار طی فصل رشد گیاه و با فواصل زمانی ۱۰ روز صورت گرفت. اولین محلول‌پاشی طی مرحله رویشی در ۲۱ شهریور ماه به فاصله ۴ هفته پس از کاشت و محلول‌پاشی‌های دیگر به ترتیب در اوایل گل‌دهی و اوایل غلاف‌دهی انجام شد. نحوه محلول‌پاشی به این صورت انجام گرفت که بر روی تمام قسمت‌های بوته نخود قطرات محلول جاری شد بطوری که 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 ۹-۸ صبح در روزهای تعیین شده انجام شد. در پایان دوره رشد نمونه برداری به صورت تخریبی انجام شد و بخش هوایی از ریشه گیاه تفکیک شد. صفات ریشه شامل سطح ریشه، طول ریشه اصلی، مجموع طول ریشه‌ها، وزن خشک ریشه، نسبت سطح ریشه به سطح برگ و نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی 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 با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد. صفات مربوط به ریشه مانند طول، سطح و قطر، پس از رنگ‌آمیزی با پرمنگنات منیزیوم و خشک کردن آب موجود

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.17.1.6]

در سطح ریشه، با استفاده از دستگاه اسکنر متصل به کامپیوتر (دستگاه اندازه‌گیری صفات مربوط به ریشه) ساخت شرکت Delta-T انگلستان اندازه‌گیری شدند. داده‌ها پس از جمع‌آوری توسط نرم‌افزار Mstat-C تجزیه واریانس شدند و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

جدول ۱: خصوصیات خاک مورد استفاده در آزمایش

pH	EC ds/m	N %	K (ppm)	Na (ppm)	P (ppm)	Clay %	Silt %	Sand %
۷,۹	۱,۲	۰,۵۶	۶,۱۳۸	۰,۵۹	۳۵	۸,۸۸	۳۶	۵۵,۱۲

نتایج و بحث

وزن خشک ریشه

نتایج جدول ۲ نشان داد که محلول‌پاشی متانول تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه داشت ($p\leq$۰/۰۵). تنش خشکی و اثر متقابل تنش و متانول تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه نداشت (جدول ۲). سطح ۲۵ درصد متانول بیش‌ترین میزان عملکرد ریشه را به خود اختصاص داد که با سطح ۳۰ درصد متانول اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین میزان وزن خشک ریشه به تیمار شاهد اختصاص داشت (جدول ۳). مطالعه بر روی چغندر قند نشان داد که سطح ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی متانول سبب افزایش ۱۰٪ عملکرد ریشه نسبت به تیمار شاهد شد (Gamze *et al.*, 2005). در مطالعه‌ای دیگر بر روی سویا کاربرد ۲۱ درصد حجمی متانول سبب افزایش ۳۸ درصدی عملکرد ریشه نسبت به سطح شاهد (بدون محلول پاشی متانول) شد احتمالاً متانول با افزایش میزان تثبیت Co_2 باعث افزایش عملکرد ریشه می‌شود (Mirakhori *et al.*, 2010). در تحقیقی که بر روی نخود صورت گرفت، مشاهده شد محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول بیش‌ترین میزان وزن خشک ریشه را داشت (Ehyaei *et al.*, 2010).

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف متانول و تنش رطوبتی بر برخی از صفات رشدی ریشه نخود

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی	نسبت ریشه به اندام هوایی	وزن خشک ریشه	طول ریشه اصلی	مجموع طول ریشه‌ها	سطح ریشه	نسبت سطح ریشه به سطح برگ
میانگین مربعات							
متانول	۴	۰/۲۶۳ *	۰/۸۸۷ **	۳۳/۱۳۷ *	۹۹۲۳۰۸/۱ *	۹۶۹۷۴۷/۶ *	۰/۳۸۷ *
تنش خشکی	۱	۰/۱۹۵*	۰/۰۶۹^{ns}	۹۹/۰۰۸ *	۲۴۷۱۹۸/۱ *	۱۰۹۰۰۵/۵ *	۰/۲۵۶**
متانول×تنش	۴	۰/۰۴۶ **	۰/۱۵۹^{ns}	۷/۱۹۶^{ns}	۹۳۹۶۴/۶**	۸۰۹۸۶/۵۶^{ns}	۰/۱۰۶ ^{ns}
خطای آزمایش	۲۰	۰/۰۱۵	۰/۱۳۲	۴/۷۶۷	۱۷۵۲۳۲/۶	۶۲۰۹۳/۲۸۵	۰/۰۴۹
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۰/۱۲	۱۹/۰۸	۸/۰۷	۱۴/۰۱	۱۴/۰۱	۱۶/۰۶

ns ، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.17.1.6]

جدول ۳: مقایسه میانگین برخی از صفات رشد ریشه گیاه نخود تحت تأثیر سطوح مختلف متانول

تیمارها	نسبت وزن ریشه به اندام هوایی	وزن خشک ریشه (میلی گرم/گیاه)	طول ریشه اصلی (سانتی متر)	مجموع طول ریشه‌ها (سانتی متر/گیاه)	سطح ریشه میلیمتر مربع/گیاه	نسبت سطح ریشه به سطح برگ
متانول						
شاهد	۰/۹۲۲d	۱/۴۶۹c	۲۳/۰۰b	۴۸۲۵/۱b	۴۶۰۰۰e	۱/۰۷۷c
۲۰٪ حجمی	۱/۰۹۱cd	۱/۸۸۰bc	۲۷/۵۸a	۴۹۳۴/۲b	۵۰۴۸۰d	۱/۱۹۳bc
۲۵٪ حجمی	۱/۴۵۶a	۲/۴۲۲a	۲۹/۰۸a	۵۸۴۴/۰a	۷۶۰۰۰a	۱/۷۲۶a
۳۰٪ حجمی	۱/۳۴۲ab	۲/۱۴۰ab	۲۸/۰۸a	۵۰۵۰/۳b	۵۸۵۹۰b	۱/۴۸۶ab
۳۵٪ حجمی	۱/۱۷۸bc	۱/۶۲۶c	۲۷/۵۰a	۵۰۱۱/۲b	۵۴۴۹۰ c	۱/۳۷۵abc

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($p\leq ۰/۰۵$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.17.1.6]

نسبت وزن ریشه به اندام هوایی

نتایج جدول ۲ نشان داد که اثر تیمار محلول‌پاشی متانول و تیمار تنش خشکی بر وزن ساقه معنی‌دار بود ($p\leq ۰/۰۱$). اثر متقابل تنش خشکی و متانول نیز تأثیر معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) بر این صفت داشت (جدول ۲). در بین تیمارهای محلول‌پاشی، بیش‌ترین میزان نسبت ریشه به اندام هوایی مربوط به سطح ۲۵ درصد حجمی بود که با دیگر سطوح به جز سطح ۳۰ درصد حجمی اختلاف معنی‌داری داشت. کم‌ترین میزان این صفت مربوط به سطح شاهد (بدون محلول‌پاشی متانول) بود (جدول ۳). در بررسی که روی پنبه صورت گرفت، مشاهده شد سطوح مختلف محلول‌پاشی متانول منجر به افزایش نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی نسبت به شاهد شد (Makhdum *et al.*, 2002). افزایش نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی با محلول پاشی متانول را می‌توان به تأثیر بیش‌تر متانول بر صفات ریشه شامل وزن خشک، سطح و طول ریشه نسبت به اندام هوایی مرتبط دانست. مطالعات متعدد نشان داده است که تنش خشکی نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی را در غالب گیاهان افزایش می‌دهد و این افزایش به کاهش بیش‌تر رشد اندام‌های هوایی نسبت به ریشه مربوط می‌شود (Gupta, 1984). نتایج این تحقیق نیز نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی شد. البته شواهد بسیار زیادی وجود دارد که افزایش رشد ریشه‌ها را مستقل از اندام‌های هوایی در شرایط تنش خشکی تأیید می‌کنند (Krishnamurthy, 2003). در برهمکنش متانول و تنش خشکی بیش‌ترین میزان نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی متعلق به سطح ۲۵ درصد حجمی متانول در تیمار تنش خشکی بود و کم‌ترین میزان این نسبت مربوط به سطح شاهد (بدون محلول پاشی متانول) در تیمار بدون تنش خشکی بود (شکل۲). سیستم ریشه‌ای به دلیل نزدیکی به آب، به عنوان اولین حسگر تنش خشکی محسوب می‌شود، بنابراین در ایجاد مقاومت نسبت به تنش خشکی نقش مهمی دارد (Gamze *et al.*, 2005). افزایش رشد سیستم ریشه‌ای در شرایط تنش خشکی در برخی از ژنوتیپ‌ها، مکانیسمی جهت افزایش مقاومت این ژنوتیپ‌ها در برابر تنش خشکی محسوب می‌گردد (Bibi *et al.*, 2009). با توجه به خواص ضد تنشی متانول، این ماده آلی می‌تواند در افزایش رشد سیستم ریشه‌ای در شرایط تنش خشکی مؤثر باشد. در تحقیقی که بر روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود صورت گرفت، مشاهده شد نسبت بالاتر وزن ریشه به اندام هوایی در حفظ پتانسیل بالاتر آب گیاه و عملکرد بیش‌تر دانه در شرایط تنش مؤثر است (Ganjeali and kafi, 2007).

طول ریشه اصلی

نتایج جدول ۲ نشان داد که تنش خشکی و متانول تاثیر معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) بر طول ریشه اصلی داشت. اثر متقابل متانول و تنش خشکی معنی‌دار نشد. در بین تیمارهای محلول‌پاشی، سطوح مختلف متانول همگی در یک گروه آماری و تیمار شاهد در گروه مجزای دیگری قرار گرفت (جدول ۴). طول ریشه اصلی از جهت بهره‌برداری ریشه از رطوبت و عناصر غذایی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.17.1.6]

موجود در افق‌های متفاوت خاک می‌تواند برای گیاه مفید باشد (Ganjeali *et al.*, 2010). در این تحقیق مشاهده شد سطوح مختلف متانول اثر مثبت بر طول ریشه اصلی داشت که این موضوع را می‌توان به افزایش وزن خشک و عملکرد ریشه در استفاده از متانول نسبت داد. در مطالعه بر روی گوجه فرنگی مشاهده شد که محلول‌پاشی متانول در تمام سطوح باعث افزایش وزن خشک ریشه و ساقه شد (Row *et al.*, 1994). بررسی‌های انجام شده در مناطق خشک پاکستان نیز نشان داد که در گیاه پنبه محلول‌پاشی متانول به میزان ۳۰ درصد حجمی موجب افزایش طول و وزن خشک ریشه شد (Makhdum *et al.*, 2002).

مجموع طول ریشه‌ها

نتایج جدول ۲ نشان داد محلول‌پاشی متانول و تنش خشکی بر مجموع طول ریشه‌ها معنی‌دار بود ($p\leq۰/۰۱$). اثر متقابل متانول و تنش خشکی نیز تأثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) بر این صفت داشت (جدول ۲). در بین تیمارهای متانول بیش‌ترین مجموع طول ریشه‌ها مربوط به سطح ۲۵ درصد حجمی متانول بود که با دیگر سطوح اختلاف معنی‌داری داشت. کم‌ترین میزان این صفت در تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی متانول) مشاهده شد (جدول ۳). 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 افزایش یافته است (Ganjeali *et al.*, 2004). در این مطالعه نیز مجموع طول ریشه‌ها در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش کاهش معنی‌داری یافت. در اثر متقابل تنش و متانول بیش‌ترین مجموع طول ریشه متعلق به سطح ۲۵ درصد حجمی متانول در تیمار بدون تنش خشکی بود و کم‌ترین میزان متعلق به سطح شاهد (بدون محلول‌پاشی متانول) در تیمار تنش خشکی بود (شکل ۱). در مطالعاتی که بر روی چغندر قند صورت گرفت محلول‌پاشی متانول باعث افزایش طول، اندازه و وزن خشک ریشه در شرایط تنش خشکی شد (Zbiec and *et al.*, 1997).

سطح ریشه

نتایج جدول ۲ نشان داد که تیمار محلول‌پاشی متانول و تیمار تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر سطح ریشه داشت ($p\leq۰/۰۱$). اما اثر متقابل متانول و تنش بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). در بین اثرات ساده متانول، محلول‌پاشی در سطح ۲۵ درصد حجمی بیش‌ترین میزان سطح ریشه‌ها را داشت و کم‌ترین میزان سطح ریشه متعلق به تیمار شاهد بود (جدول ۳). افزایش سطح ریشه از طریق افزایش سطح جذب می‌تواند کارایی جذب آب و عناصر غذایی را افزایش دهد (Ganjeali *et al.*, 2004). محلول‌پاشی ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی متانول باعث افزایش سطح ریشه (طول و اندازه) در چغندر قند شد (Zbiec *et al.*, 1997). در تحقیقی دیگر بر روی دو رقم نخود سطح ۳۰ درصد حجمی متانول بیش‌ترین میزان عملکرد ریشه را تحت تنش خشکی داشت (Ehyaei *et al.*, 2010). در مطالعه‌ای که بر روی ژنوتیپ‌های نخود، برای

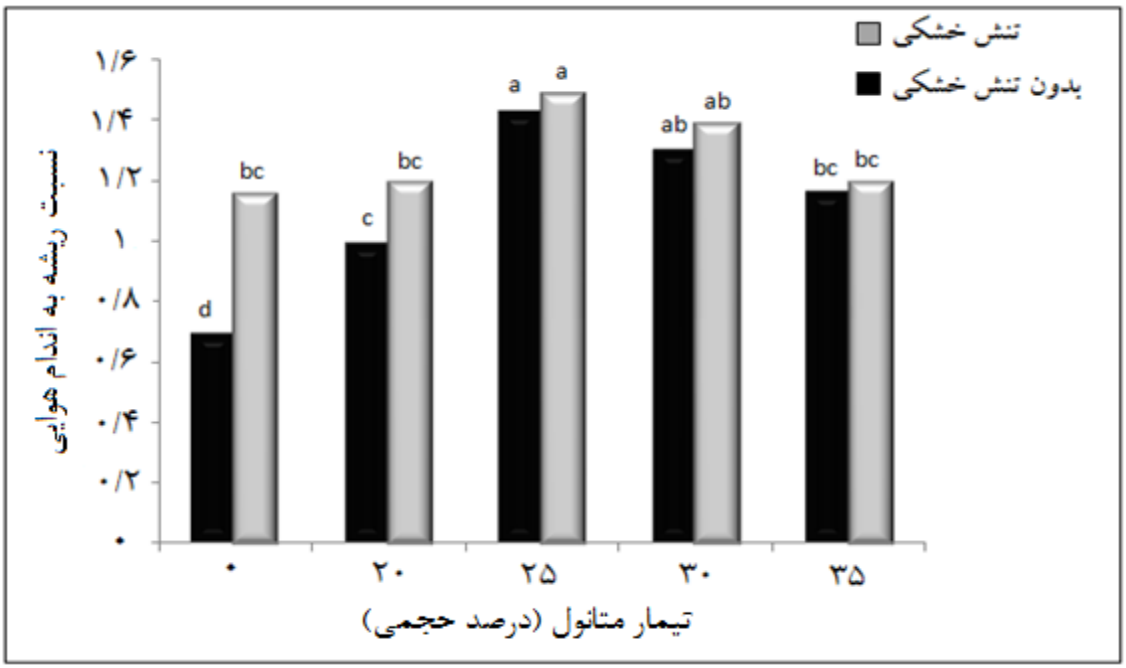
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.17.1.6]

شناسایی ژنوتیپ مقاوم به خشکی صورت گرفت مشاهده شد سطح ریشه در اکثر ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش کاهش می‌یابد (Ganjeali *et al.*, 2004).

نسبت سطح ریشه به سطح برگ

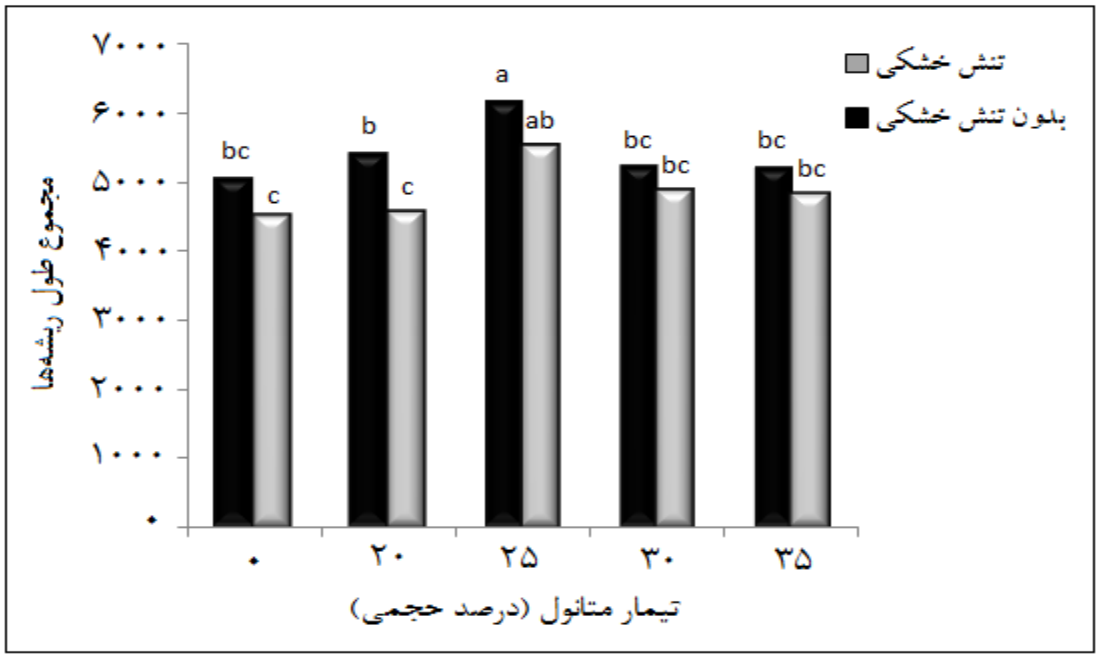
نتایج جدول ۲ نشان داد که تیمار محلول‌پاشی متانول بر نسبت سطح ریشه به سطح برگ معنی‌دار بود ($p\leq ۰/۰۱$). تیمار تنش خشکی نیز تأثیر معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) بر این نسبت داشت (جدول ۲). اثر متقابل تنش و متانول بر این صفت معنی‌دار نبود. در بین تیمارهای محلول‌پاشی سطح ۲۵ درصد حجمی متانول بیش‌ترین میزان نسبت سطح ریشه به سطح برگ را داشت که با سطوح ۳۰ و ۳۵ درصد حجمی اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین میزان این نسبت متعلق به سطح شاهد بود (جدول ۳). نسبت بالاتر طول ریشه به اندام هوایی (اندام‌های جذب کننده آب نسبت به اندام‌های مصرف کننده) توان گیاه را برای افزایش تحمل به خشکی بهبود می‌بخشد، لذا اغلب متخصصین فیزیولوژی این نسبت را به عنوان معیاری برای مقاومت به خشکی معرفی می‌نمایند (Ganjeali *et al.*, 2004). سطح ریشه صفت مهمی برای جذب آب و عناصر غذایی در گیاه بوده و سطح برگ به مقدار زیادی تعیین کننده جذب نور و تعرق می‌باشد (Ehyaei *et al.*, 2010). بنابراین نسبت سطح ریشه به سطح برگ ممکن است معیار مناسب‌تری از ارتباط عملی بین ریشه و اندام هوایی باشد (Richner *et al.*, 1996). در مطالعه‌ای که بر روی سویا صورت گرفت، محلول‌پاشی ۲۱ درصد حجمی متانول منجر به افزایش نسبت سطح ریشه به سطح برگ شد (Mirakhori *et al.*, 2011).



شکل۱: اثر متقابل متانول و تنش خشکی بر مجموع طول ریشه‌ها

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.17.1.6]



شکل۲: اثر متقابل متانول و تنش خشکی بر نسبت ریشه به اندام هوایی

نتیجه‌گیری

در این مطالعه نتایج نشان داد که سطح محلول‌پاشی ۲۵ درصد حجمی متانول در اکثر صفات بر سایر سطوح برتری نشان می‌دهد. کاهش میزان آب در خاک از حد ظرفیت زراعی، کاهش معنی‌داری بر کلیه صفات مورد بررسی گذاشت. سطح ۳۵ درصد حجمی موجب کاهش معنی‌داری در صفات مورد بررسی شد، لذا مصرف این ماده در این سطح و بالاتر از آن توصیه نمی‌شود. در کل می‌توان متانول را به عنوان یک ماده ضد تنشی برای گیاه نخود پیشنهاد داد.

منابع

-Bagheri, A., Nezami, A., Ganjeali, A., and Parsa, M. 1997. Agronomy and breeding chickpea. Publications Jahad University of Mashhad. (In Persian), 75-89.

-Benson, A.A., and Nonomura, A.M. 1994. The path of carbon in photosynthesis: methanol inhibition of glycolic acid accumulation. Photosynth. Res, 34: 196.

-Bibi, N., Hameed, A., Ali, H., Iqbal, N., Haq, M.A., Atta, B.M., Shah, T.M., and Alam, S.S. 2009. Water stress induced variations in protein profiles of germinating cotyledons from seedlings of Chickpeas genotypes, Pak. J. Bot, 41: 731-736.

-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. Phytochem, 65: 2305-2316.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.17.1.6]

-Ehyaee, 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.

-Gamze, O.K.U., Mehmet Demir, K.A.Y.A. and Mehmet A.T.A.K. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisumsativum* L.), Turk. J. Agric For, 29: 237-242.

-Ganjeali, A. and Kafi, M. 2007. Genotypic differences for allometric relationships between root and shot characteristics in Chickpea (*Cicer arietinum* L.), Pak. J. Bot, 39: 1523-1531.

-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 Summary).

-Gout, E., Aubert, S., Bligny, R., Rebeille, F., Nonomura, A.R., Benson, A. and Douce, R. 2000. Metabolism of methanol in plant cells. Carbon-13 nuclear magnetic resonance studies. Plant Physiol, 123: 287-296.

-Gupta, U.S. 1984. Crop Improvement for Drought Resistance. Curr. Agric, 8:1-15.

-Hanson, A.D., and Roje, S. 2001. One carbon metabolism in higher plants. Annl. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol, 52: 119-138.

-Holland, M.A. 1997. Occams razor applied to hormonology. Are cytokinins produced by plants? Plant Physiol, 115: 865-868.

-Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J. and Upadhyaya, H.D. 2003. Genetic diversity of drought avoidance root traits in the mini- core germplasm collection of chickpea. International Chickpea and Pigeon pea Newsletters, 10, 21-24.

-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. Europ. J. Agronomy, 24: 236-246.

-Li, Y., Gupta, J., and Siyumbano, A.K. 1995. Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. J. Plant Nutr, 18: 1875-1880.

-Makhdum, I.M., Nawaz, A. Shabab, M., Ahmad, F., and Illahi, F. 2002. Physiological response of cotton to methanol foliar application. Journal of Research (Science), Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan ,13: 37-43.

-Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, F., Nazeri, P., and Nasri, M. 2010. Effects of foliar application of methanol on *Glycine max* L. Journal of Agro ecology, 2: 236-244.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.17.1.6]

-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 Physiol, 108: 1359-1368.

-Richner,W., Soidati, A. and Stamp, P. 1996. Shoot to root relation in field grown maize seedlings. Agron. J, 88: 56-61.

-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* Mill) New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 22: 335-337.

-Saxena, N.P., Singh, O., Sethi, S.C., Krishnamurthy, L., Singh, S.D. and Johansen, C. 2005. Genetic enhancement of drought tolerance in chickpea (short note). (WWW. ICRISAT.org).

-Vyshkayy, 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 Summary).

-Zbiec, I.I., Karczmarczyk, S. and Koszanski, Z. 1999. Influence of methanol on some cultivated plants. Department of Plant Production and Irrigation. Agricultural University of Szczecin.Poland,73: 217-220.

-Zbiec, I., Karczmarczyk, S. 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.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.17.1.6]