نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۵۲۱-۵۱۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 3, Fall. 2017, p. 511-521

بررسی تأثیر محلول‌پاشی متانول بر ویژگی‌های کیفی، عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max* L.) تحت تنش خشکی

جابر عیسی‌زاده پنجعلی خرابسی[۱]- محمد گلوی[۲]- محمود رمرودی[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۱۸

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی متانول بر ویژگی‌های کمی، هدایت روزنه‌ای و محتوای پرولین سویا در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی مغان در سال ۱۳۹۰ اجرا گردید. تنش خشکی در سه سطح شامل: آبیاری پس از۴۰ (شاهد)، ۵۵ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی متانول در چهار سطح شامل: عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی با ۷، ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی متانول به‌عنوان عامل فرعی لحاظ شدند. نتایج نشان داد که تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی متانول بر ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، سطح برگ، تعداد غلاف و دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و دانه، هدایت روزنه‌ای و محتوای پرولین برگ معنی‌دار شد. افزایش تنش خشکی موجب افزایش محتوای پرولین برگ و کاهش سایر ویژگی‌ها گردید، به‌طوری‌که تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس در مقایسه با تیمار شاهد موجب کاهش ۵۱/۲ درصد عملکرد دانه شد. با محلول‌پاشی متانول تا ۲۱ درصد حجمی تمام ویژگی‌های مورد بررسی به‌جز محتوای پرولین افزایش و افزایش درصد حجمی متانول بیشتر از آن سبب کاهش آنها گردید. محلول‌پاشی متانول با ۲۱ درصد حجمی بیشترین تأثیر را بر ویژگی‌های کمی و هدایت روزنه‌ای داشت، به‌طوری‌که موجب افزایش ۲۵/۶ درصد عملکرد دانه گردید.

واژه‌های کلیدی: تخلیه رطوبت، پرولین برگ، سطح برگ، عملکرد دانه، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

دانه‌های روغنی بخش مهمی از گیاهان زراعی را تشکیل می‌دهند. باتوجه به نیاز روزافزون کشور به روغن‌های خوراکی که در حال حاضر قسمت اعظم آنها از طریق واردات تأمین می‌گردد، توسعه کشت دانه‌های روغنی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. سویا (*Glycine max* L.) مهم‌ترین گیاه روغنی است و در بین گیاهان روغنی بیشترین سطح زیر کشت را در جهان دارد (Grieshop *et al.*, 2011). حدود یک سوم از زمین‌های قابل کشت دنیا به‌طور قابل توجهی با کمبود آب مواجه هستند و تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی کاهش عملکرد در گیاهان محسوب می‌شود (Clover *et al.*, 1998). تنش خشکی سبب کاهش بیوماس، عملکرد دانه، ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در سویا می‌گردد (Mirakhori *et al.*, 2009). اعمال تنش خشکی در طول دوره رشد سویا باعث کاهش ارتفاع بوته، تعداد گره، تعداد شاخه، وزن بوته، تعداد دانه، وزن دانه، تعداد غلاف، وزن غلاف و شاخص برداشت سویا می‌شود (Shahmoradi, 2003). نتایج بررسی اثر دو سطح آبیاری روی دو رقم سویا (یکی رشد محدود و دیگری رشد نامحدود) نشان داد که وقوع تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها باعث کاهش وزن دانه آنها می‌شود. دوره مؤثر پر شدن دانه در رقم رشد نامحدود تحت تأثیر تنش واقع نشد، ولی این دوره در رقم رشد محدود کاهش یافت (Ball *et al.*, 2000). کاهش سرعت سوخت و ساز دی‌اکسیدکربن، کاهش میزان هدایت روزنه‌ای و کاهش کارایی مصرف آب از عوامل دخیل در کاهش عملکرد گیاه در شرایط خشکی می‌باشند (Gonzalez, 2005). کاهش میزان هدایت روزنه‌ای در اثر تنش خشکی را می‌توان ناشی از تأثیر مستقیم و یا غیرمستقیم کمبود آب روی وضعیت سلول‌های محافظ روزنه دانست (Syros, 2004). شرایط کمبود رطوبت از توسعه سلول ممانعت و در نهایت سبب کاهش عملکرد گیاهان می‌شود. بعضی از گیاهان مقاوم به خشکی هستند، اما جهت حصول به عملکرد بالا اتخاذ راهکارهایی که بتواند اثر تنش خشکی را کاهش دهد بسیار مورد توجه بوده است

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: (Email: mramroudi42@uoz.ac.ir
DOI: 10.22067/gsc.v15i3.43006

(Hsiao, 2000). در چنین شرایطی یافتن راهی جهت کاهش تعرق، حفظ تثبیت دی‌اکسیدکربن و کاهش تنفس نوری از مهم‌ترین راهکارها محسوب می‌شوند. افزایش دی‌اکسیدکربن می‌تواند اثر ناشی از تنش خشکی را خنثی کند (Zbiec *et al.*, 1999). بنابراین استفاده از موادی که غلظت دی‌اکسیدکربن را در گیاه افزایش دهند، موجب تثبیت عملکرد خواهند شد. از راهکارهای افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاهان استفاده از ترکیباتی نظیر متانول، اتانول، پروپانول و بوتانول را می‌توان ذکر کرد (Nonomura and Benson, 1992)، به علت اینکه متانول ساده‌ترین فرآورده گیاهی است که طی فرآیندهایی در گیاه تولید می‌شود، لذا کاملاً برای گیاه شناخته شده است (Fall and Benson, 1996). کاربرد متانول سبب تولید دی‌اکسیدکربن در برگ‌ها و در نتیجه تسریع فتوسنتز در گیاه می‌شود، از این رو به‌عنوان منبع کربن قابل استفاده می‌باشد (Zbiec *et al.*, 1999). کاربرد محلول‌پاشی متانول روی قسمت‌های هوایی گیاهان زراعی باعث افزایش عملکرد دانه، تسریع رسیدگی، کاهش اثر تنش خشکی و کاهش نیاز آبی آنها می‌شود (Nonomura and Benson, 1992). محلول‌پاشی با ۲۰ درصد حجمی متانول روی بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) سبب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد غلاف، راندمان مصرف تشعشع، افزایش عملکرد غلاف و دانه، افزایش وزن هزاردانه، افزایش تعداد غلاف رسیده و مقدار پروتئین دانه گردید (Safarzade vishgahi *et al.*, 2005). محلول‌پاشی گیاهان سه کربنه با ۱۰ تا ۵۰ درصد حجمی متانول سبب افزایش عملکرد می‌گردد که علت آن را به کاهش تنفس نوری و همچنین افزایش آماس سلولی بافت گیاهی نسبت داده‌اند. در گیاهان چهار کربنه به علت ساختار درونی برگ و غنی‌سازی دی‌اکسیدکربن در سلول مزوفیل، محلول‌پاشی متانول اثر زیادی در عملکرد نخواهد داشت (Nonomura and Benson, 1992). این تحقیق به‌منظور مطالعه تأثیر محلول‌پاشی متانول در شرایط تنش خشکی بر خصوصیات کمی، هدایت روزنه‌ای و میزان پرولین سویا رقم ویلیامز انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۰ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان اجرا گردید. این دانشکده در ۲۰ کیلومتری شهرستان پارس‌آباد در عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی در ارتفاع ۹۰ متر از سطح دریا قرار دارد. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1- Physico-chemical properties of soil (30-0 cm depth)

Soil texture	pH	Ec (dS m^{-1})	N (%)	K (ppm)	P (ppm)	O.C (%)
Silt- clay	7.77	1.24	0.1	392.9	3.86	1.07

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرت شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. سطوح آبیاری شامل: آبیاری پس ۴۰ درصد (شاهد)، آبیاری پس از ۵۵ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس خاک به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی متانول شامل: عدم محلول‌پاشی (شاهد) و محلول‌پاشی با ۷، ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی متانول به‌عنوان عامل فرعی لحاظ شدند. بذرهای سویا رقم ویلیامز ضدعفونی شده با باکتری *ریزوبیوم جاپونیکوم* (*R. japanicum*) همراه با محلول آب و شکر مخلوط گردید و با دست به‌صورت ردیفی کشت گردید. آبیاری اول بلافاصله پس از کشت انجام شد. به‌منظور ایجاد تراکم مطلوب، عملیات تنک در مرحله سه تا چهار برگی انجام گرفت و بعد از مرحله چهار برگی بوته‌های سویا، تنش اعمال گردید. برای جلوگیری از نشت آب بین کرت‌های اصلی دو ردیف به‌صورت نکاشت منظور و مرزبندی شد. هر کرت آزمایشی دارای چهار ردیف کشت با فاصله ۴۰ سانتی‌متر و فواصل روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و طول پنج متر بود. با ظهور اولین علائم تنش در گیاه (تیره شدن برگ‌ها)، به فواصل زمانی کوتاه با استفاده از دستگاه TDR[1] مدل TRASE SYSTE رطوبت خاک اندازه‌گیری و درصد آب قابل دسترس و درصد تخلیه آب قابل دسترس نیز محاسبه و براساس نتیجه محاسبات، آبیاری در کرت‌های مربوطه انجام شد. طی فصل رشد سه بار (ظهور گره چهارم= V_4، آغاز گلدهی=R_1 و گلدهی کامل=R_2) بوته‌ها با متانول محلول‌پاشی شدند، به نحوی‌که روی تمام قسمت‌های بوته سویا قطرات محلول جاری گردید و اندام‌های هوایی خیس شدند. محلول‌پاشی با سم‌پاش پشتی ۱۰ لیتری انجام شد. فاصله نازل حدود ۳۰ سانتی‌متر بالای بوته‌ها و محلول‌پاشی بین ساعت ۲۰-۱۶ در مراحل مزبور انجام شد. هدایت روزنه‌ای به‌وسیله دستگاه پرومتر مدل DELTA-T7 DEVICES-U.K بعد از هر نوبت محلول‌پاشی و بین ساعت ۸ تا ۱۰ قبل ظهر اندازه‌گیری شد. در مرحله گرده‌افشانی، با برداشت دو بوته در هر کرت با دستگاه سطح برگ‌سنج (Li-3100c Area Meter) مدل Nebraska USA سطح برگ اندازه‌گیری شد و تعداد برگ در بوته در مرحله گلدهی بعد از محلول‌پاشی سوم از ۱۰ بوته در هر کرت تعیین گردید. پرولین برگ در مرحله گلدهی به روش بتس و همکاران (Bates *et al.*, 1973) اندازه‌گیری شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و با حذف اثرات حاشیه‌ای یک متر مربع از دو ردیف وسط از سطح خاک برداشت شد

1- Time Domain Reflect meter

و عملکرد بیولوژیک و دانه در هکتار محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری تعداد غلاف و دانه در بوته و ارتفاع بوته، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی برداشت شد. داده‌های حاصل با نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: تأثیر تنش خشکی بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش تخلیه رطوبت خاک، ارتفاع بوته کاهش یافت، کاهش ارتفاع بوته در آبیاری پس از ۵۵ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۱۴/۱ و ۲۶/۱ درصد بود (جدول ۳). با کاهش آب مصرفی کاهش ارتفاع بوته سویا گزارش شده است، که علت کاهش ارتفاع بوته، کاهش تعداد گره و طول میانگره می‌باشد (Pourmosavi *et al.,* 2008). کاهش سرعت نمو، کاهش رشد طولی ساقه و کاهش رشد برگ‌ها از مهم‌ترین اثرات تنش خشکی می‌باشند (Chabok, 1996). محلول‌پاشی متانول بر ارتفاع بوته اثر بسیار معنی‌داری داشت (جدول ۲)، به‌طوری‌که با افزایش مصرف متانول تا سطح ۲۱ درصد حجمی، ارتفاع بوته افزایش یافت و حداکثر آن در تیمار ۲۱ درصد حجمی متانول مشاهده شد، ولی افزایش مصرف متانول از ۲۱ به ۳۵ درصد حجمی ارتفاع بوته را کاهش داد که مبین اثر منفی آن در غلظت‌های بالا بر رشد رویشی سویا بود (جدول ۳). در بادام‌زمینی نیز نتایج مشابهی گزارش شده است (Safarzade vishgahi *et al.,* 2005). افزایش ارتفاع بوته در اثر مصرف متانول به‌دلیل فعالیت باکتری‌های متیلوتروف موجود در برگ‌هاست که با دریافت مقداری متانول آن را مورد استفاده قرار داده و هورمون‌هایی نظیر اکسین و سیتوکنین را تولید و در اختیار گیاه قرار می‌دهند که باعث تقسیم سلولی و افزایش طولی سلول و در نتیجه افزایش طول ساقه می‌شود (Li *et al.,* 1995; Ivanova *et al.,* 2001).

تعداد برگ در بوته: اثر تنش خشکی بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار نشد (جدول ۲)، ولی تیمارهای آبیاری پس از ۴۰ (شاهد) و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد برگ در بوته را تولید کردند و تنش شدید در مقایسه با تیمار شاهد تعداد کمتری برگ تولید کرد (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی نیز برگ کوچکتر و تعداد کمتر برگ گزارش شده است. تحت تأثیر تنش خشکی کاهش تعداد برگ نوعی سازگاری برای کاهش تعرق و زودرسی گیاه می‌باشد (Leport *et al.,* 1998). تعداد برگ در بوته تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول‌پاشی با ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی متانول به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد برگ در بوته را دارا بودند (جدول ۳). افزایش تعداد برگ بر اثر محلول‌پاشی با ۲۱ درصد حجمی متانول نسبت به شاهد به دلیل افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن درون برگ و افزایش فتوسنتز می‌باشد. احتمالاً کاهش تعداد برگ در محلول‌پاشی با ۳۵ درصد حجمی متانول نسبت به شاهد بر اثر گیاه سوزی و سمیت آن در غلظت‌های بالا باشد (Mirakhori *et al.,* 2009).

سطح برگ: سطح برگ تحت تأثیر تنش خشکی بسیار معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها مبین کاهش سطح برگ با افزایش تنش خشکی می‌باشد، به‌طوری‌که در تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس کمترین و در تیمار شاهد بیشترین مقدار آن به‌دست آمد (جدول ۳). توسعه برگ یکی از فرآیندهایی است که شدیداً تحت تأثیر شرایط آبی گیاه واقع می‌شود. کمبود رطوبت باعث کاهش رشد و فعالیت ریشه و در نتیجه کاهش جذب آب می‌گردد که سبب کاهش تبادلات روزنه‌ای و عوامل غیر روزنه‌ای و در نهایت باعث کاهش رشد گیاه می‌شود. رشد بوته سویا رابطه مستقیم با سطح برگ دارد. بنابراین، کمبود آب در اوایل فصل، به علت جلوگیری از افزایش سطح برگ، رشد سویا را کاهش می‌دهد (Latifi, 1991). تأثیر محلول‌پاشی متانول بر سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲)، به‌طوری‌که در تیمارهای محلول‌پاشی با ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی به‌ترتیب بیشترین و کمترین سطح برگ به‌دست آمد (جدول ۳) که با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Palmer *et al.,* 1995; Makhdum *et al.* 2002). افزایش غلظت متانول تا حدی باعث افزایش فشار آماس سلول در برگ‌ها می‌شود که به رشد و توسعه برگ نیز کمک می‌کند (Zbiec *et al.,* 2003).

تعداد غلاف در بوته: نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی بر تعداد غلاف در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) و با افزایش تنش خشکی کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد غلاف در بوته از تیمار شاهد و کمترین آن از تیمار ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به‌دست آمد که حدود ۲۹ درصد از شاهد کمتر بود (جدول ۳) که با نتایج تحقیق دیگری مطابقت دارد (Stewart, 1992). کمبود آب در مرحله گلدهی تشکیل آغازه‌های گل را به تأخیر می‌اندازد. همچنین سبب افزایش درصد گل‌های عقیم، ریزش گل‌ها و نیام‌ها می‌شود از این رو مسایل فوق می‌توانند سبب روند کاهشی تعداد غلاف در شرایط تنش خشکی گردند (Mahlooji *et al.,* 2000). تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول بسیار معنی‌دار شد (جدول ۲). در تیمار ۲۱ درصد حجمی بیشترین و در تیمار ۳۵ درصد حجمی متانول کمترین تعداد غلاف در بوته تولید شد. به‌طوری‌که تعداد غلاف در ۲۱ درصد حجمی نسبت به شاهد ۱۳ درصد بیشتر بود (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های کمی، هدایت روزنه‌ای و محتوی پرولین

Table 2- Analysis of variance for quantitative traits, stomatal conductance and porline content

منابع تغییرات s.o.v	درجه آزادی d.f	Mean of Squares میانگین مربعات									
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ در بوته No. of leaf per plant	سطح برگ Leaf area	تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	محتوی پرولین Proline content
تکرار Rep	2	22.92	5.25	27720.0	131.49	2892.9	18.58	162.34	88032.3	21511.4	0.05
تنش خشکی Drought stress (S)	2	869.78**	108.25^{ns}	58192.4**	442.50**	9067.0**	906.33**	1772.79**	1883696.8**	1911715.0**	131.19**
خطای a Error (a)	4	155.16	33.50	13576.8	104.37	1487.3	8.41	134.95	348022.1	7080.8	3.46
محلول‌پاشی متانول Methanol Spray (M)	3	266.22**	188.84**	52674.8**	357.51**	6306.5**	141.77*	2766.33**	458890.5**	1741007.5**	6.81*
محلول‌پاشی متانول × تنش خشکی M×S	6	10.27^{ns}	40.73^{ns}	17029.6^{ns}	45.83^{ns}	593.9^{ns}	36.11^{ns}	82.38^{ns}	23522.8^{ns}	250562.0^{ns}	1.29^{ns}
خطای b Error (b)	18	32.34	29.82	9983.3	33.51	627.0	32.47	123.40	91215.3	249500.7	1.96
ضریب تغییرات CV (%)	-	10.07	10.25	10.54	12.15	16.72	4.33	5.54	16.23	8.57	6.25

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد، ns غیرمعنی‌دار

** , * and ns Significant at 1 and 5 percentage levels of probability and non–significant respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر محلوپاشی متانول و تنش خشکی بر ویژگی‌های کمی و میزان هدایت روزنه‌ای و محتوی پرولین سویا

Table 3- Mean comparison effect of methanol spraying and drought stress on quantitative traits, stomatal conductance and porline content of soybean

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد برگ در بوته No. of leaf per plant	سطح برگ Leaf area (cm^2)	تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	هدایت روزنه‌ای stomatal conductance ($mmolCO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)	وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg\ ha^{-1}$)	محتوی پرولین Prolin contents ($\mu mol\ g^{-1}$)
تنش خشکی Drought Stress (S) درصد ظرفیت زراعی (Field capacity percentage)										
40	65.15a	66.16a	1023.93a	54.02a	178.84a	141.0a	212.63a	2294.5a	6241.5a	19.57b
55	55.95b	53.41a	930.40ab	46.92ab	146.10ab	128.8b	199.90ab	1770.6ab	5793.1b	21.55b
70	48.15b	50.16a	887.79b	41.94b	124.23b	124.1c	188.33b	1517.1b	5445.4c	26.02a
محلول‌پاشی متانول (درصد حجمی) Methanol foliar (M) (Volumetric percentage)										
0	54.36bc	52.22bc	907.15b	48.00b	148.41b	129.6b	199.31b	1729.7b	5729.7b	23.58a
7	59.23ab	55.11ab	960.28ab	49.47ab	154.04b	131.8ab	201.78b	1875.5ab	5776.3b	22.28ab
21	62.22a	58.22a	1048.79a	54.04a	180.44a	136.5a	221.46a	2172.6a	6428.4a	22.18ab
35	49.86c	47.44c	873.29b	39.00c	115.99c	127.2b	178.60c	1664.9b	5372.4b	21.49b

*میانگین‌های که در هر ستون که در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد می‌باشند.

*Means in each column having at least a common letter are not significantly different

محققین دیگر نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند (Zbiec *et al.*, 2003; Li *et al.*, 1995).

تعداد دانه در بوته: تحت تأثیر تنش خشکی تعداد دانه در بوته بسیار معنی‌دار شد (جدول ۲)، به‌طوری‌که در تیمارهای آبیاری پس از ۴۰ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به‌ترتیب ۱۷۸/۸۴ و ۱۲۴/۲۳ دانه در بوته بود و آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل درصد در مقایسه با شاهد ۴۳ درصد کاهش در تعداد دانه در بوته را نشان داد، با توجه به نتایج حاصل کاهش تعداد دانه در بوته بر اثر کاهش تعداد غلاف در بوته بود (جدول ۳). محلول‌پاشی متانول تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر تعداد دانه در بوته داشت (جدول ۲)، به‌طوری‌که برای تیمارهای عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با ۷، ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی به‌ترتیب ۱۴۸/۴۱، ۱۵۴/۰۴، ۱۸۰/۴۴، ۱۱۵/۹۹ دانه در بوته بود (جدول ۳). افزایش تعداد دانه در بوته با محلول‌پاشی متانول به‌دلیل افزایش فعالیت فتوسنتزی و رشد رویشی و افزایش تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف می‌باشد و در نتیجه سبب افزایش تعداد دانه در بوته می‌شود. کاهش تعداد دانه در بوته تحت تأثیر محلول‌پاشی ۳۵ درصد حجمی متانول در مقایسه با شاهد نشان می‌دهد که این غلظت باعث اختلال در اعمال گیاه می‌گردد.

هدایت روزنه‌ای: هدایت روزنه‌ای برگ تحت تأثیر تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای شاهد و آبیاری با ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای بودند (جدول ۳). باز شدن روزنه‌ها نتیجه افزایش پتانسیل فشاری سلول‌های محافظ روزنه نسبت به سلول‌های اطراف آن می‌باشد. این آماس عکس‌العمل گیاه نسبت به محرک محیطی است که بعضی مواقع این محرک، ورود یون‌های پتاسیم می‌باشد که بر تنظیم فشار اسمزی اثر می‌گذارد (Humble and Hsiao, 1970). نور و آب کافی، کمی غلظت دی‌اکسیدکربن و اسید آبسیزیک از جمله عواملی هستند که ورود یون پتاسیم را به داخل سلول‌های روزنه تحریک می‌نمایند (Humble and Raschke, 1971). هدایت روزنه‌ای تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی متانول در سطح پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲)، به‌طوری‌که محلول‌پاشی با ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی متانول به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای را داشتند (جدول ۳). افزایش هدایت روزنه‌ای در محلول‌پاشی با ۲۱ درصد حجمی نسبت به شاهد، احتمالاً به‌دلیل افزایش فشار آماس سلولی و تحت تأثیر قرار دادن سلول‌های محافظ روزنه در اثر استفاده از متانول می‌باشد که در نتیجه باعث باز شدن روزنه‌ها و افزایش هدایت روزنه‌ای می‌شود (Nonomura and Benson, 1992).

وزن هزار دانه: تأثیر تنش خشکی بر وزن هزار دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲)، به‌طوری‌که آبیاری پس از ۴۰ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۳). وقوع تنش خشکی در زمان پر شدن غلاف باعث کاهش طول مدت این دوره و در نتیجه کوچک شدن دانه‌ها می‌شود (Pourmosavi *et al.*, 2008). کاهش وزن هزار دانه سویا تحت تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها گزارش کرده است (Sadeghipour, 2009). کاهش سطح برگ و دوام آن توأم با کاهش طول مراحل رشد رویشی و زایشی در اثر تنش خشکی، طول دوره پر شدن دانه‌ها را کاهش می‌دهد. اثر محلول‌پاشی متانول بر وزن هزار دانه بسیار معنی‌دار بود (جدول ۲)، به‌طوری‌که با افزایش محلول‌پاشی متانول تا سطح ۲۱ درصد حجمی وزن هزاردانه افزایش یافت، ولی افزایش مصرف آن به ۳۵ درصد حجمی وزن هزار دانه را کاهش داد (جدول ۳). افزایش وزن هزاردانه با محلول‌پاشی ۲۱ درصد حجمی متانول می‌تواند به‌دلیل افزایش فتوسنتز در اثر مصرف متانول و افزایش انتقال هیدرات‌های کربن به دانه باشد (Li *et al.*, 1995).

عملکرد دانه: نتایج حاکی از آن است که اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه بسیار معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد از تیمار آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به‌دست آمد. در آبیاری پس از ۵۵ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس عملکرد دانه کاهش یافت. شدت تنش در تیمار ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی سبب کاهش ۵۱/۲ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد (جدول ۳). همان‌طور که بررسی اجزای عملکرد نشان داد، کاهش تعداد غلاف در واحد سطح مؤثرترین جزء در کاهش عملکرد می‌باشد. تنش خشکی ضمن کاهش دوره مؤثر پر شدن دانه (Ball *et al.*, 2000)، میزان ریزش غلاف‌ها (Liu *et al.*, 2004) را افزایش می‌دهد، در شرایط آبیاری کامل، میزان فتوسنتز و تولید مواد پرورده افزایش یافته و در نتیجه از طریق افزایش سرعت پر شدن دانه، وزن دانه و در نهایت عملکرد آن افزایش می‌یابد (Palmer *et al.*, 1995). نتایج حاصل با نتایج دیگر محققین مطابقت دارد (Pourmosavi *et al.*, 2008; Aminifar *et al.*, 2012) آنها گزارش کردند که کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی متأثر از کاهش اجزای عملکرد می‌باشد. عملکرد دانه به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۲) و عملکرد دانه را افزایش داد که بیشترین عملکرد دانه از محلول‌پاشی با ۲۱ درصد حجمی متانول به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۲۵/۶ درصد افزایش داشت (جدول ۳)، که با نتایج میرآخوری و همکاران (Mirakhori *et al.*, 2009) مطابقت دارد، آنها تحت تأثیر کاربرد متانول، افزایش سرعت رشد غلاف، وزن هزاردانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه فرعی در

سویا در نتیجه افزایش عملکرد را گزارش کرده‌اند. نتایج تحقیقی نیز نشان داد که عملکرد دانه از بوته‌های سویا که با متانول تیمار شده بودند، به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش داشت و محلول‌پاشی متانول با ۲۵ درصد حجمی بیشترین اثر را بر رشد و افزایش عملکرد سویا داشت (Li *et al.,* 1995). کاربرد متانول با ۳۵ درصد حجمی، عملکرد دانه را کاهش داد، به‌طوری‌که از شاهد نیز کمتر بود (جدول ۳).

عملکرد بیولوژیک: تأثیر تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). افزایش تنش خشکی بیوماس را کاهش داد، به‌طوری‌که بیشترین کاهش آن در آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی به‌دست آمد، در حالی‌که در تیمار شاهد کمترین میزان بود (جدول ۳). از آن‌جایی‌که تنش خشکی، سبب کاهش توسعه رویشی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ و به‌ویژه سطح برگ می‌شود، در نتیجه توانایی فتوسنتزی گیاه و سرعت انباشت ماده خشک کاهش می‌یابد. کاهش ماده خشک در گیاه زراعی که به علت کاهش آب خاک ایجاد می‌شود، ناشی از کاهش جذب تشعشع به‌دلیل وجود سطح برگ کمتر، کاهش کارآیی فتوسنتز، مقدار فتوسنتز خالص کمتر، کاهش هدایت روزنه‌ای و همچنین مقدار کلروفیل کمتر یا ترکیبی از آنها می‌باشد (Liu *et al.,* 2004; Daneshiyan, 2000). عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). کاربرد متانول تا ۲۱ درصد حجمی عملکرد بیولوژیک را افزایش داد، به‌طوری‌که بیشترین آن به تیمار ۲۱ درصد حجمی تعلق داشت، اما محلول‌پاشی متانول با ۳۵ درصد حجمی اثر منفی بر عملکرد بیولوژیک داشت، به‌طوری‌که حتی از تیمار شاهد نیز کمتر بود (جدول ۳). نتایج به‌دست آمده با نتایج تحقیق دیگری که اعلام نمودند محلول‌پاشی متانول باعث افزایش بیوماس بادام‌زمینی در تیمارهای ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی می‌شود، مطابقت دارد (Safarzade vishgahi *et al.,* 2005). افزایش عملکرد سویا تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول به علت افزایش سطح برگ و مقدار کلروفیل گزارش شده و اظهار گردیده است کاربرد متانول با ۲۸ تا ۳۸ درصد حجمی عملکرد دانه سویا را کاهش داد، به‌طوری‌که حتی از شاهد نیز کمتر بود (Mirakhori *et al.,* 2009). برخی از بررسی‌ها نشان داده‌اند که محلول‌پاشی متانول در بوته‌هایی از گیاهان زراعی که دارای کمبود آب هستند، باعث افزایش بیوماس آنها می‌گردد (Nonomura and Benson, 1992; Ramberget *et al.,* 2002; Ramirez *et al.,* 2006). این موضوع نشان می‌دهد که متانول می‌تواند بر آسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن در گیاه اثر گذارد (Ramberget *et al.,* 2002; Downie *et al.,* 2004).

محتوی پرولین برگ: اثر تنش خشکی بر میزان پرولین برگ بسیار معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی میزان پرولین برگ افزایش یافت، به‌طوری‌که در تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس بیشترین مقدار بود (جدول ۳). نتایج حاصل با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Wu and Garg, 2003; During, 1992). تنش خشکی در مراحل اولیه اسید آمینه‌های متعددی را در گیاهان افزایش می‌دهد، اما با ادامه تنش فقط اسید آمینه پرولین بیشتر تجمع و ذخیره می‌شود (Rajinder, 1987). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر محلول‌پاشی متانول بر میزان پرولین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲)، به‌طوری‌که عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با ۳۵ درصد حجمی به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان پرولین بودند (جدول ۳). بنابراین با افزایش درصد محلول‌پاشی متانول با کاهش میزان اثر القاء شده تنش خشکی، میزان پرولین کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

محلول‌پاشی متانول ویژگی‌های کمی و کیفی سویا را تحت تأثیر قرار داد. محلول‌پاشی ۲۱ درصد حجمی متانول بیشترین تأثیر را بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه داشت، تنش خشکی نیز بر ویژگی‌های مورد بررسی مؤثر بود و سبب کاهش آنها شد و برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی متانول معنی‌دار نشد. از آن‌جایی‌که محلول‌پاشی متانول با ۲۱ درصد حجمی سبب افزایش عملکرد گردید، این غلظت می‌تواند برای محلول‌پاشی مناسب باشد، ولی غلظت‌های بالاتر به‌علت اینکه باعث گیاه‌سوزی می‌شوند، قابل توصیه نمی‌باشند.

References

1. Aminifar J., Biglouei, M. H., Mohsenabad, G., and Samiezadeh, H. 2012. Effect of deficit irrigation on quantitative and qualitative yield of seven soybean cultivars in rashtregion. Electronic Journal of Crop Production 5 (2): 93-109. (in Persian with English abstract).
2. Ball, R. A., Purcell, L. C., and Vories, D. 2000. Short-season soybean yield compensation in response to population and water regime. Crop Science 40: 1070-1078.
3. Bates, I. S., Waldren, P. R., and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.
4. Chabok, B. 1996. Evaluation of effective physiological indices on drought resistance in chickpea. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Karaj Unit. (in Persian with English abstract).
5. Clover, G., Smith, H., and Jaggard, K. 1998. The crop under stress. British Sugar Beet Review 66 (3): 17-19.

6. Daneshiyan, J. 2000. The study of drought stress ecophysiological effect on soybean. PhD, dissertation, Islamic Azad University, Research Center Tehran Unit. (in Persian with English abstract).
7. 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.
8. During, H., 1992. Evidence for osmotic adjustment to drought in grapevines (*Vitis vinifera* L.). Journal of Grapevine Research 23: 1-10.
9. Fall, R., and Benson, A. 1996. Leaf methanol, the simplest natural product from plants. Trends Plant Science 1: 296-301.
10. Gonzalez, A. M. 2005. Physiological responses of tagasaste to a progressive drought in its native environment on the Canary Islands. Environment Experiment Botany 53: 195-204.
11. Grieshop, C. M., and Fahey, G. C. Jr. 2001. Comparison of quality characteristics of soybeans from Brazil, China, and the United States. Agriculture Food Chemical 49: 2669-2673.
12. Hsiao, T. C. 2000. Leaf and root growth in relation to water status. HortScience 35: 1051-1058.
13. Humble, G. D., and Hsiao, T. C. 1970. Light- dependent influx and efflux of potassium of guard cell during stomatal opening and closing. Plant Physiology 46: 483-487.
14. Humble, G. D., and Raschke, K. 1971. Stomatal opening quantitatively related to potassium transport. Plant Physiology 48: 447- 453.
15. Ivanova, E. G., Dornina N. V., and Trotsenko, Y. A. 2001. Arabic methyl bacteria are capable of synthesizing axins. Microbiology 70: 392-397.
16. Latifi, N. 1991. The Soybean Crops (cultivation, physiology, cultivation). Jahade Daneshgahi Mashhad. 280 p. (in Persian).
17. Leport, L., Turner, N. C., French, R. J., Tennant, D., Thomson, B. D., and Siddique, K. H. M. 1998. Water relation, gas exchange, and growth of cool-season grain legumes in a Mediterranean-type environment. European Journal Agronomy 9: 295-303.
18. Li, Y., Gupta, J., and Siyumbano, A. K. 1995. Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. Journal Plant Nutrients 18: 1875-1880.
19. Liu, F., Andersen, M. N., and Jensen, C. R. 2004. Root signal controls pod growth in drought-stressed soybean during the critical abortion-sensitive phase of pod development. Field Crop Research 85: 159-166.
20. Mahlooji, M., Mousavi, S. F., and Karimi, M. 2000. The effects of water stress and planting date on yield and yield components of pinto bean (*phaseolus vulgaris*), Journal of Water and Soil Science 4 (1): 57-68. (in Persian with English abstract).
21. Makhdum, M. I., Malik, M. N. A., Din, S. U., Ahmad, F., and Chaudhry, F. I. 2002. Physiological response of cotton to methanol foliar application. Journal Research 13: 37-43.
22. Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, F., Ardakani, M., Zahedi, H., and Nazeri, P. 2009. Effect of drought stress and methanol on yield and yield components of soybean max (L 17). American Journal of Biochemistry and Biotechnology 5 (4): 162-169.
23. Nadali, A., Paknejad, F., Moradi, F., and Vazan, S. 2009. Effects of methanol on yield and some quality characteristics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cv. Raoul in drought and non-drought stress conditions. Seed and Plant Production Journal 26 (1): 95-108.
24. Nonomura, A. M., and Benson, A. 1992. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 89: 9794-9798.
25. Palmer, J. E., Dunphy, J., and Reese, P. 1995. Managing drought- stressed soybeans in the southeast. North Carolina cooperative extension service as publication number AG-519-12. http://www.ces.ncsu.Edu/drought/dro-24.Html.
26. Pourmosavi, S. M., Galavi, M., Daneshiyan, J., Ganbari, A., Basirani, N., and Jonobi, P. 2008. Effect of animal manure application on quantitative and qualitative yield of soybean in drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 40 (1): 133-145. (in Persian with English abstract).
27. Rajinder, S. D. 1987. Glutathione status and protein synthesis during drought and subsequent dehydration in Torularulis. Plant Physiology 83: 816-819.
28. Ramberget, H. A., Bradley, J. S. C., Olsen, J. S. C., Nishio, J. N., Markwell, J., and Osterman, J. C. 2002. The role of methanol in promoting plant growth: an update. Review Plant Biochemistry and Biotechnology 1: 113-126.
29. Ramirez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A., and Pen Cortes, A. 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.
30. Sadeghipour, O. 2009. The Influence of water stress on biomass and harvest index in three mungbean (*Vigna radiata* L., Wilczek) varieties. Asian Journal Science 8 (3): 245-249.
31. Safarzade vishgahi, M. N., Noormohamadi, G., and Hagidi Haravan, A. 2005.Effect of methanol on peanut function and yield components. Journal of Agricultural Sciences 87-104. (in Persian with English abstract).
32. Shahmoradi, Sh. 2003. Effects of drought stress on qualitative and quantitative traits in soybean cultivars and

advanced lines. MSc dissertation, Faculty of Agriculture Tehran University. (in Persian with English abstract).
33. Stewart, G. R. 1992. Physiology and biochemistry of drought resistance in plant. Aspinnal New York.
34. Syros, T. 2004. Photosynthetic response and peroxides in relation to water and nutrient deficiency in gerbera. Environment Experiment Botany 52: 23-31.
35. Wu, R., and Garg, A. 2003. Engineering rice plants with trehalose producing genes improves tolerance to drought, salt and low temperature. ISB News, February.
36. Zbiec, I. I., Karczmarczyk, S., and Koszanski, Z. 1999. Influence of methanol on some cultivated plants. Department of Plant Production and Irrigation, Agriculture University of Szczecin Poland 73: 217-220.
37. Zbiec, I., Karczmarczyk, S., and Podsiado, 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. 15, No. 3, Fall. 2017, p. 511-521

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۵۲۱-۵۱۱

Effects of Methanol Spraying on Qualitative traits, Yield and Yield Components of Soybean (*Glycine max* L.) under Drought Stress Conditions

J. Esazadeh Panjali Kharabasi[1]- M. Galavi[2]- M. Ramroudi[3*]

Received: 04-01-2015
Accepted: 08-08-2016

Introduction

Soybean (*Glycin max* L.) is one of the most important oilseed crops in the world. It can provide oil and vegetable protein suitable for feeding humans as well as animals. The productivity Increasing of this crop in Iran has been the subject of continuous investigation over the past few years. It is well known that adequate water supply is considered as a very important factor to affect the accumulation of dry matter in the plant as well as vegetative growth of most crops. Irrigation is an important factor affecting soybean growth and yield and its related components. Exposing soybean plants to soil moisture stress at any phase of its life cycle may lead to a detrimental effect on growth, yield and its components. The methanol spraying can lead to increase in yield, expediting in maturity and reduction in drought stress impacts and water requirement of crops.

Material and Methods

The experiment was conducted as split plots based on randomized complete block design with three replications at the Research Farm, Faculty of Agriculture of Moghan, Iran, in 2011. Treatments included three levels of drought stress as follows irrigation after, 40 (control), 55 and 70 percentage of available soil moisture depletion as main plots, and four levels of methanol spraying including 0 (control), 7, 21 and 35 volumetric percentage as sub plots. The studied traits were included plant height, leaf area, number of pod and seed per plant, 1000 seed weight, biological and seed yield, stomatal conductance and proline contents. Statistical analysis was carried out using SAS version 9.1 software. Significant difference was set at $p \leq 0.05$ by using Duncan's multiple range test.

Results and Discussion

The results showed that the plant height, leaf area, number of pod and seed per plant, 1000 seed weight, biological and seed yield, stomatal conductance and proline contents as well as number of leaf per plant significantly affected by drought stress and methanol spraying. By increasing drought stress, proline content increased, while other traits were decreased and 70 percentage of available soil moisture depletion decreased the seed yield by 51.2%over than the control. With increasing of methanol spraying to 21 of volumetric percentage, all the investigate traits, except the proline content increased and increasing the volumetric percentage methanol more than it, was reduces them. The maximum amounts of quantity traits and stomatal conductance of soybean obtained at 21 volumetric percentage of methanol spraying, and the seed yield of this treatment was 25.6%higher than the control . These results are in agreement with those obtained by Purmousavi *et al.,* (2009), Ruhul Amin *et al.,* (2009), Shahmoradi *et al.,* (2009) and Ibrahim and Kandil, (2007), who found that deficit irrigation, caused a significant decrease in yield and yield components of soybean. In general, irrigation decreasing may be lead to reducing photosynthesis activity and induce imbalanced relations between plant hormones and biological processes in the plant organs as a whole. These conditions in the treated soil are undoubtedly of great importance

1- Graduated M.Sc. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
(*- Corresponding Author Email: mramroudi42@uoz.ac.ir)

throughout the vegetative growth and dry matter accumulation in soybean plants. Drought stress reduces leaf size, stem extension and root proliferation; it disturbs plant water relations as well as dry matter production (Farooq *et al.,* 2009).

Conclusions

In general, the results of experiment showed that the maximum amounts of quantitative traits, stomatal conductance and proline content of soybean, obtained by 21 volumetric percentage of methanol spraying and by this treatment, the seed yield was 25.6 % higher than control.

Keywords: Leaf area, Leaf proline, Moisture depletion, Seed yield, Stomatal conductance