



## به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴

صفحه‌های ۱۰۸۵-۱۰۷۵

# اثر محلول پاشی متانول بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی سویا تحت تنش خشکی

جابر عیسی‌زاده پتجلی خرابسی<sup>۱</sup>، محمد گوی<sup>۲</sup> و محمود رمرودی<sup>۳</sup>

۱. کارشناس ارشد گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲. استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳. دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۱۴

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۱۱

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی متانول بر ویژگی‌های کمی و کیفی سویا (رقم 'ویلیامز')، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی مغان در سال ۱۳۹۰ انجام گرفت. تنش خشکی شامل آبیاری پس از ۴۰، ۵۵ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به عنوان عامل اصلی، و محلول پاشی متانول شامل عدم محلول پاشی (شاهد) و محلول پاشی با ۷، ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی متانول به عنوان عامل فرعی لحاظ شد. تأثیر تنش خشکی بر قطر ساقه، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، شاخص برداشت، محتوای هیدرات کربن محلول، کلروفیل کل، درصد روغن و پروتئین دانه معنادار بود. افزایش تنش خشکی موجب افزایش محتوای هیدرات کربن محلول، درصد روغن دانه و کاهش سایر ویژگی‌های مورد بررسی شد. تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس عملکرد دانه را ۳۳/۸۷ درصد کاهش داد. تأثیر محلول پاشی متانول بر تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و محتوای کلروفیل بسیار معنادار و بر طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، هیدرات کربن محلول و درصد پروتئین دانه معنادار بود. بیشترین تأثیر بر ویژگی‌های بررسی شده از تیمار محلول پاشی با ۲۱ درصد حجمی متانول به دست آمد، به طوری که عملکرد دانه نسبت به شاهد ۲۵/۶ درصد افزایش یافت و بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به دست آمد.

**کلیدواژه‌ها:** پروتئین دانه، تخلیه رطوبت، تعداد غلاف، عملکرد دانه، محتوای کلروفیل.

## ۱. مقدمه

باتوجه به نیاز روزافزون کشور به روغن‌های خوراکی که در حال حاضر بیشتر آنها از طریق واردات تأمین می‌شود، توسعه کشت دانه‌های روغنی از اهمیت بسزایی برخوردار است. سویا<sup>۱</sup> گیاهی روغنی است که بیشترین سطح زیر کشت را در جهان دارد [۱۳].

تنش خشکی، عامل اصلی کاهش عملکرد گیاهان زراعی محسوب می‌شود [۱۶]. اعمال تنش خشکی در طول دوره رشد سویا سبب کاهش ارتفاع بوته، تعداد گره، تعداد شاخه، وزن بوته، تعداد دانه، وزن دانه، تعداد غلاف و شاخص برداشت می‌شود [۵، ۱۱]. بررسی تأثیر سطوح آبیاری بر دو رقم سویا نشان داد که وقوع تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها موجب کاهش وزن آنها می‌شود [۱۴]. محدودیت آب در دوره رشدونمو زایشی، عملکرد و اجزای عملکرد سویا را کاهش می‌دهد که به شدت وقوع تنش بستگی دارد. تنش خشکی سبب کوتاه شدن دوره گلدهی و غلاف‌بندی، تسریع رسیدگی و کاهش عملکرد می‌شود [۲۶]. تنش خشکی در دوره زایشی سبب چروکیدگی، کوچکی و کاهش وزن دانه‌های سویا می‌شود [۲۸]. تنش خشکی در سویا، اغلب از طریق کاهش وزن دانه، به‌ویژه کاهش تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه را کاهش می‌دهد [۲۶]. کاهش شاخص برداشت سویا بر اثر افزایش فواصل آبیاری، حاکی از تأثیر بیشتر تنش رطوبتی بر فرایندهای زایشی در مقایسه با رشد رویشی است [۲۹].

در گیاهان مقاوم به خشکی، برای دستیابی به عملکرد زیاد، اتخاذ راهکارهای کاهنده اثر تنش، بسیار مورد توجه بوده است [۱۹]. در چنین شرایطی، یافتن راهی برای کاهش تعرق، حفظ تثبیت دی‌اکسیدکربن و کاهش تنفس نوری از مهم‌ترین راهکارها محسوب می‌شود. برای مثال، افزایش دی‌اکسیدکربن می‌تواند اثر ناشی از تنش خشکی را

خنثی کند [۳۴]؛ بنابراین استفاده از مواد افزایشنده غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاه، موجب تثبیت عملکرد خواهد شد. از راهکارهای افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن به‌ویژه در گیاهان سه‌کربنه، استفاده از ترکیباتی مانند متانول، اتانول، پروپانول و بوتانول است [۲۷].

متانول ساده‌ترین فراورده گیاهی است که طی فرایندهایی در گیاه تولید می‌شود [۱۸]. کاربرد متانول سبب تولید دی‌اکسیدکربن در برگ‌ها و در نتیجه تسریع فتوسنتز می‌شود، از این رو به‌عنوان منبع کربن قابل استفاده است [۳۴]. محلول‌پاشی متانول ۵۰-۱۰ درصد حجمی سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان سه‌کربنه می‌شود. علت افزایش عملکرد را به کاهش تنفس نوری و افزایش آماس سلولی بافت‌های گیاهی نسبت داده‌اند [۳۰]. محلول‌پاشی متانول با ۲۰ درصد حجمی روی بادام‌زمینی<sup>۲</sup>، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، وزن هزاردانه و مقدار پروتئین دانه را افزایش داد [۶]. محلول‌پاشی متانول روی گیاهانی که تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند، می‌تواند از کاهش زیست‌توده آنها جلوگیری کند [۲۷]. محلول‌پاشی متانول، زیست‌توده گیاهان زراعی مواجه با کمبود آب را افزایش می‌دهد، ولی بر آن دسته از گیاهان زراعی که محدودیت رطوبتی ندارند، تأثیر منفی می‌گذارد [۳۱، ۳۰].

هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر محلول‌پاشی متانول در شرایط تنش خشکی بر عملکرد کمی و ویژگی‌های کیفی سویا رقم 'ویلیامز' است.

## ۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان در ۲۰ کیلومتری شهرستان پارس‌آباد، در عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول

2. *Arachis hypogaea* L.

1. *Glycine max* L.

و معیار کلی مورد استفاده همگان است [۱۰]. بوته‌های سویا طی فصل رشد سه بار (ظهور گره چهارم، آغاز گلدهی و گلدهی کامل) با متانول محلول پاشی شدند، به نحوی که قطره‌های محلول روی تمام قسمت‌های بوته جاری شد. نازل حدود ۳۰ سانتی‌متر بالای بوته‌ها قرار داشت و محلول پاشی بین ساعت‌های ۲۰-۱۶ انجام گرفت.

پس از رسیدگی فیزیولوژیک و حذف آثار حاشیه‌ای، ۱ متر مربع از دو ردیف وسط از سطح خاک برداشت و عملکرد بیولوژیک و دانه محاسبه شد. قطر ساقه با استفاده از کولیس در مرحله گلدهی کامل از ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به دست آمد. برای اندازه‌گیری سبزیگی برگ در مرحله گلدهی کامل بعد از محلول پاشی متانول از دستگاه کلروفیل متر (SPAD-502) ساخت ژاپن استفاده شد. کربوهیدرات‌های محلول در دانه بر مبنای روش طیف‌سنجی به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر [۲۰]، و پروتئین و روغن دانه نیز به ترتیب با استفاده از دستگاه کج‌لدال و سوکسله [۲۳] اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه واریانس شد و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳.۱. قطر ساقه

تنش خشکی تأثیر بسیار معناداری بر قطر ساقه داشت (جدول ۱) و با افزایش شدت تنش، قطر ساقه به شدت کاهش نشان داد، به طوری که قطر ساقه در تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس نسبت به تیمار ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس ۲۷/۹۳ درصد کاهش یافت که احتمالاً به دلیل کاهش آماس سلولی بافت ساقه بوده است (جدول ۲) [۱۱].

جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی در ارتفاع ۹۰ متر از سطح دریا، به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۰ اجرا شد. آبیاری در سه سطح شامل آبیاری پس از ۴۰، ۵۵ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس خاک [۴] به عنوان عامل اصلی، و محلول پاشی متانول شامل عدم محلول پاشی (شاهد) و محلول پاشی با ۷، ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی به عنوان عامل فرعی لحاظ شد. بذرهاى سویا قبل از کشت با باکتری *R. japonicum* تلقیح شدند. کاشت به صورت ردیفی و بلافاصله پس از آن آبیاری انجام گرفت. به منظور ایجاد تراکم مطلوب، عملیات تنک کردن در مرحله سه تا چهاربرگی انجام گرفت و پس از آن تیمارهای تنش اعمال شد. هر کرت آزمایشی به طول ۵ متر دارای چهار ردیف با فاصله ۴۰ و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. با ظهور اولین علائم تنش در گیاه (تیره شدن برگ‌ها)، به فواصل زمانی کوتاه با استفاده از دستگاه TDR رطوبت خاک اندازه‌گیری و درصد آب قابل دسترس و درصد تخلیه آب محاسبه شد. نحوه محاسبه درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک بدین صورت بود که در آزمایشگاه درصد رطوبت وزنی خاک در ظرفیت زراعی با استفاده از دستگاه صفحات فشاری اندازه‌گیری و درصد آب قابل استفاده از رابطه ۱ [۱۰] تعیین و سپس با استفاده از رابطه ۲ درصد تخلیه آب قابل استفاده محاسبه شد:

$$D(\%) = \frac{FC - \theta}{FC - Wp} \quad (1)$$

$$D(\%) = 100 - D(\%) \quad (2)$$

در این رابطه‌ها، D درصد آب قابل استفاده، FC مقدار رطوبت در ظرفیت زراعی، Wp مقدار رطوبت در نقطه پژمردگی دائم و  $\theta$  مقدار رطوبت فعلی خاک است. شایان ذکر است که مبنای محاسبات نقطه پژمردگی دائم، پتانسیل رطوبتی ۱/۵- مگاپاسکال بود که به صورت قراردادی

جدول ۱. تجزیه واریانس قطر ساقه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه و عملکرد دانه

| میانگین مربعات        |                     |                    |                    |                    |            | منابع تغییرات                |
|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|------------------------------|
| عملکرد دانه           | وزن هزاردانه        | تعداد دانه در غلاف | تعداد غلاف در بوته | قطر ساقه           | درجه آزادی |                              |
| ۸۸۰۳۲/۳               | ۱۶۲/۳۴              | ۰/۰۷               | ۱۳۱/۵              | ۰/۱۷               | ۲          | تکرار                        |
| ۱۸۸۳۶۹۶/۹**           | ۱۷۷۲/۸۰**           | ۰/۳۰**             | ۴۴۲/۵**            | ۱۴/۰۹**            | ۲          | تنش خشکی                     |
| ۳۴۸۰۲۲/۱              | ۱۳۴/۹۵              | ۰/۰۲               | ۱۰۴/۴              | ۰/۱۸               | ۴          | خطای a                       |
| ۴۵۸۱۹۰/۵**            | ۲۷۶۶/۳۳**           | ۰/۱۷*              | ۳۵۷/۵**            | ۰/۱۱               | ۳          | محلول پاشی متانول            |
| ۲۳۵۲۲/۸ <sup>ns</sup> | ۸۲/۳۸ <sup>ns</sup> | ۰/۰۴ <sup>ns</sup> | <sup>ns</sup> ۴۵/۸ | <sup>ns</sup> ۰/۴۲ | ۶          | محلول پاشی متانول × تنش خشکی |
| ۹۱۲۱۵/۳               | ۱۲۳/۴۰              | ۰/۰۴               | ۳۳/۲               | ۰/۳۰               | ۱۸         | خطای b                       |
| ۱۶/۲۳                 | ۵/۵۴                | ۶/۶۳               | ۱۲/۱۵              | ۸/۲۸               | -          | ضریب تغییرات (%)             |

\*\* و \* : به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

جدول ۲. مقایسه میانگین قطر ساقه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه و عملکرد دانه

| عملکرد دانه (kg.ha <sup>-1</sup> )        | وزن هزاردانه (gr)    | تعداد دانه در غلاف | تعداد غلاف در بوته  | قطر ساقه (mm)     | تیمارها |
|---|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------|
| تنش خشکی<br>(درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس) |                      |                    |                     |                   |         |
| ۲۲۹۴/۰ <sup>a</sup>                       | ۲۱۲/۶۳ <sup>a</sup>  | ۳/۲۶ <sup>a</sup>  | ۵۴/۰۲ <sup>a</sup>  | ۷/۷۷ <sup>a</sup> | ۴۰      |
| ۱۷۷۰/۶ <sup>ab</sup>                      | ۱۹۹/۹۰ <sup>ab</sup> | ۳/۱۰ <sup>ab</sup> | ۴۶/۹۲ <sup>ab</sup> | ۶/۷۳ <sup>b</sup> | ۵۵      |
| ۱۵۱۷/۱ <sup>b</sup>                       | ۱۸۸/۳۳ <sup>b</sup>  | ۲/۹۵ <sup>b</sup>  | ۴۱/۹۴ <sup>b</sup>  | ۵/۶۰ <sup>c</sup> | ۷۰      |
| محلول پاشی متانول<br>(درصد حجمی)          |                      |                    |                     |                   |         |
| ۱۷۲۹/۷ <sup>b</sup>                       | ۱۹۹/۳۱ <sup>b</sup>  | ۳/۰۷ <sup>ab</sup> | ۴۸/۰۰ <sup>b</sup>  | ۶/۶۴ <sup>a</sup> | ۰       |
| ۱۸۷۵/۰ <sup>ab</sup>                      | ۲۰۱/۷۸ <sup>b</sup>  | ۳/۱۱ <sup>ab</sup> | ۴۹/۴۷ <sup>ab</sup> | ۶/۷۴ <sup>a</sup> | ۷۰      |
| ۲۱۷۲/۶ <sup>a</sup>                       | ۲۲۱/۴۶ <sup>a</sup>  | ۳/۲۸ <sup>a</sup>  | ۵۴/۰۴ <sup>a</sup>  | ۶/۸۴ <sup>a</sup> | ۲۱      |
| ۱۶۶۴/۹ <sup>b</sup>                       | ۱۷۸/۶۰ <sup>c</sup>  | ۲/۹۵ <sup>b</sup>  | ۳۹/۰۰ <sup>c</sup>  | ۶/۵۸ <sup>a</sup> | ۳۵      |

میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک‌اند، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

### ۳.۳. تعداد دانه در غلاف

تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر تنش خشکی بسیار معنادار شد (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی تعداد دانه در غلاف به شدت کاهش یافت، به طوری که کمترین تعداد آن از تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده به دست آمد و کاهش آن نسبت به شاهد ۹/۵۰ درصد بود (جدول ۲). بر اثر تنش خشکی شدید در سویا، پژمردگی کلاله، رشد نکردن لوله‌های گرده و پسابیدگی دانه‌های گرده گزارش شده است که سبب کاهش تعداد دانه در غلاف می‌شوند [۲۲].

محلول پاشی متانول بر تعداد دانه در غلاف تأثیر معناداری داشت (جدول ۱)، افزایش مصرف متانول تا ۲۱ درصد حجمی، تعداد دانه در غلاف را افزایش داد، ولی کاربرد ۳۵ درصد حجمی متانول، به شدت سبب کاهش آن شد، به حدی که از شاهد نیز کمتر بود که بیانگر نوعی تأثیر منفی بر تعداد دانه در غلاف سویاست (جدول ۲). نتایج مشابهی در سویا [۳۳] و ماش [۱۲] مشاهده شد.

### ۴.۳. وزن هزاردانه

تأثیر تنش خشکی بر وزن هزاردانه بسیار معنادار شد (جدول ۱)، به طوری که آبیاری پس از ۴۰ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به ترتیب بیشترین و کمترین وزن هزاردانه را داشتند (جدول ۲). کاهش سطح برگ و دوام آن همراه با کاهش طول مراحل رشد رویشی و زایشی در اثر تنش خشکی، طول دوره پر شدن دانه‌ها را کاهش می‌دهد [۱۴]. تنش خشکی در زمان پر شدن غلاف، سبب کاهش مدت این دوره و در نتیجه کوچک شدن دانه‌ها می‌شود [۱].

وزن هزاردانه تحت تأثیر محلول پاشی متانول بسیار معنادار شد (جدول ۱). با افزایش محلول پاشی متانول تا سطح ۲۱ درصد، حجمی وزن هزاردانه افزایش یافت، ولی افزایش مصرف آن به ۳۵ درصد حجمی، وزن هزاردانه را

تأثیر محلول پاشی متانول بر قطر ساقه از نظر آماری معنادار نشد (جدول ۱)، ولی در تیمار محلول پاشی با ۲۱ درصد حجمی، قطر ساقه تا حدی افزایش یافت که احتمالاً به علت افزایش ارتفاع بوته تحت تأثیر محلول پاشی متانول، رشد رویشی افزایش یافت و بر قطر ساقه تأثیر معنادار نداشت (جدول ۲). میرآخوری و همکاران [۱۱] نیز افزایش ارتفاع و زیست توده سویا در محلول پاشی متانول ۲۱ درصد حجمی را گزارش کرده‌اند.

### ۲.۳. تعداد غلاف در بوته

تعداد غلاف در بوته تا حد چشمگیری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۱) و با افزایش تنش خشکی کاهش یافت، به طوری که بیشترین و کمترین آن به ترتیب از تیمارهای آبیاری پس از ۴۰ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به دست آمد که کاهش آن نسبت به شاهد حدود ۲۹ درصد بود (جدول ۲). کمبود آب در مرحله گلدهی، تشکیل آغازه‌های گل را به تأخیر می‌اندازد و نیز سبب افزایش درصد گل‌های عقیم، و ریزش گل‌ها و نیام‌ها می‌شود که به کاهش تعداد غلاف منجر می‌شوند [۹، ۳۲].

محلول پاشی متانول بر تعداد دانه در بوته بسیار مؤثر شد (جدول ۱)، اختلاف بین کاربرد ۷ درصد حجمی متانول با شاهد معنادار نبود، ولی افزایش آن تا ۲۱ درصد حجمی، بیشترین تأثیر را بر تعداد غلاف در بوته گذاشت. از این رو افزایش آن در سطح ۳۵ درصد حجمی به شدت تأثیر منفی نشان داد، به طوری که نتیجه حاصل از شاهد نیز کمتر بود و نسبت به شاهد ۱۸/۷۵ درصد کاهش داشت و کاربرد چنین غلظتی توصیه نمی‌شود (جدول ۲). دیگر محققان نیز نتایج مشابهی مبنی بر تأثیر منفی غلظت‌های زیاد متانول را گزارش کرده‌اند [۲۴، ۳۵].

دانه از محلول پاشی با ۲۱ درصد حجمی متانول به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۲۵/۶ درصد افزایش داشت (جدول ۲). عملکرد دانه سویا که با متانول تیمار شده بود، به طور معناداری در مقایسه با شاهد افزایش داشت و محلول پاشی متانول با ۲۵ درصد حجمی، بیشترین اثر را بر افزایش عملکرد سویا داشت [۲۴]. محلول پاشی ۳۵ درصد حجمی متانول، عملکرد دانه را کاهش داد، به طوری که از شاهد نیز کمتر بود (جدول ۲).

### ۶.۳. شاخص برداشت

شاخص برداشت تحت تأثیر تنش خشکی بسیار معنادار شد (جدول ۳)، به طوری که با افزایش تنش خشکی کاهش یافت. بیشترین و کمترین آن به ترتیب به تیمارهای آبیاری پس از ۴۰ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی تعلق داشت (جدول ۴). افزایش شاخص برداشت در آبیاری کامل، به دلیل افزایش تولید دانه است، با اعمال تنش خشکی، به دلیل ریزش گل‌ها و غلاف‌ها و همچنین کاهش وزن دانه، عملکرد دانه کاهش می‌یابد و این کاهش نسبت به کاهش عملکرد بیولوژیک بیشتر است؛ به همین دلیل شاخص برداشت، کاهش می‌یابد و هرچه تنش خشکی شدیدتر شود، کاهش بیشتری را نشان می‌دهد [۷].

کاهش داد (جدول ۲). افزایش وزن هزاردانه با محلول پاشی ۲۱ درصد حجمی متانول، ممکن است به دلیل افزایش فتوسنتز در اثر مصرف متانول و افزایش انتقال هیدرات‌های کربن به دانه باشد [۲۴].

### ۵.۳. عملکرد دانه

تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه بسیار معنادار شد (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به دست آمد. آبیاری پس از ۵۵ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس، عملکرد دانه را نسبت به آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس کاهش دادند و کاهش به ترتیب ۲۲/۸۲ و ۳۳/۸۷ درصد بود (جدول ۲). تنش خشکی ضمن کاهش دوره مؤثر پر شدن دانه [۱۴]، سقط غلاف‌ها [۲۵] را افزایش می‌دهد. شرایط آبیاری کامل، سبب افزایش فتوسنتز و تولید مواد پرورده می‌شود و بر سرعت پر شدن دانه، وزن دانه و عملکرد نهایی تأثیر مثبت دارد [۲۹]. کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی متأثر از کاهش اجزای عملکرد است [۱، ۲]. عملکرد دانه تحت تأثیر محلول پاشی متانول در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد (جدول ۱). بیشترین عملکرد

جدول ۳. تجزیه واریانس شاخص برداشت و ویژگی‌های کیفی سویا

| منابع تغییرات                | درجه آزادی | میانگین مربعات      |                    |                    |                    |
|------------------------------|------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                              |            | شاخص برداشت         | پروتئین دانه       | روغن دانه          | محتوای کلروفیل کل  |
| تکرار                        | ۲          | ۰/۰۰۱               | ۱/۸۵               | ۰/۰۵               | ۱/۱۱               |
| تنش خشکی                     | ۲          | **۱/۰۲              | **۶۶/۲۷            | **۵۹/۷۷            | **۵۹/۰۵            |
| خطای a                       | ۴          | ۰/۰۱۱               | ۱۱/۵۳              | ۳/۴۶               | ۷/۳۳               |
| محلول پاشی متانول            | ۳          | ۰/۰۰۲               | *۱۳/۴۰             | ۱/۸۹               | **۵۲/۳۵            |
| محلول پاشی متانول × تنش خشکی | ۶          | ۰/۰۰۱ <sup>ns</sup> | ۴/۰۷ <sup>ns</sup> | ۱/۲۹ <sup>ns</sup> | ۲/۰۴ <sup>ns</sup> |
| خطای b                       | ۱۸         | ۰/۰۰۳               | ۴/۳۷               | ۱/۹۶               | ۲/۴۸               |
| ضریب تغییرات (/.)            | -          | ۱۹/۴۸               | ۷/۲۷               | ۷/۱۹               | ۴/۰۸               |

\*\* و \* : به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

اثر محلول پاشی متانول بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی سویا تحت تنش خشکی

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر محلول پاشی متانول و تنش خشکی بر شاخص برداشت و ویژگی‌های کیفی سویا

| تیماها                                    | شاخص برداشت<br>(%) | پروتئین دانه        | روغن دانه          | محتوای<br>کلروفیل کل | هیدرات‌های کربن<br>محلول |
|---|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|
| تنش خشکی<br>(درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس) |                    |                     |                    |                      |                          |
| ۴۰  | ۳۶/۱ <sup>a</sup>  | ۳۰/۹۹ <sup>a</sup>  | ۱۷/۳۲ <sup>b</sup> | ۴۰/۸۸ <sup>a</sup>   | ۳/۱۷ <sup>c</sup>        |
| ۵۵  | ۲۹/۹ <sup>b</sup>  | ۲۸/۹۷ <sup>ab</sup> | ۱۹/۳۰ <sup>b</sup> | ۳۸/۵۱ <sup>ab</sup>  | ۳/۳۹ <sup>b</sup>        |
| ۷۰  | ۲۸/۱ <sup>b</sup>  | ۲۶/۳۰ <sup>b</sup>  | ۲۱/۷۷ <sup>a</sup> | ۳۶/۴۵ <sup>b</sup>   | ۳/۵۴ <sup>a</sup>        |
| محلول پاشی متانول<br>(درصد حجمی)          |                    |                     |                    |                      |                          |
| ۰   | ۲۹/۱ <sup>a</sup>  | ۲۸/۳۴ <sup>ab</sup> | ۱۸/۸۳ <sup>a</sup> | ۳۷/۰۶ <sup>b</sup>   | ۳/۳۲ <sup>ab</sup>       |
| ۷   | ۳۱/۸ <sup>a</sup>  | ۲۸/۵۸ <sup>ab</sup> | ۱۹/۹۱ <sup>a</sup> | ۴۰/۰۲ <sup>a</sup>   | ۳/۴۳ <sup>a</sup>        |
| ۲۱  | ۳۳/۱ <sup>a</sup>  | ۳۰/۴۶ <sup>a</sup>  | ۱۹/۵۱ <sup>a</sup> | ۴۱/۲۴ <sup>a</sup>   | ۳/۵۲ <sup>a</sup>        |
| ۳۵  | ۳۱/۱ <sup>a</sup>  | ۲۷/۵۹ <sup>b</sup>  | ۱۹/۶۲ <sup>a</sup> | ۳۶/۱۳ <sup>b</sup>   | ۳/۲۲ <sup>b</sup>        |

میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک‌اند، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

۱۵/۱۴ درصد کاهش یافت (جدول ۴). گیاه در شرایط تنش خشکی با کاهش آنزیم رویسکو و نقصان فتوسنتز همراه است، از این رو کاهش غلظت پروتئین به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین اتفاق می‌افتد [۲۱].

محلول پاشی متانول بر درصد پروتئین دانه تأثیر معناداری داشت (جدول ۳). افزایش محلول پاشی متانول تا ۲۱ درصد حجمی، درصد پروتئین دانه را نسبت به تیمار شاهد ۳۰/۵ درصد افزایش داد که احتمالاً به دلیل تأثیر افزایش متانول بر اسیدهای آمینه بوده است (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های تحقیق دیگری مبنی بر افزایش درصد پروتئین تحت تأثیر محلول پاشی متانول، مطابقت دارد [۶].

### ۸.۳ درصد روغن دانه

درصد روغن دانه به شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۳) و بیشترین درصد آن از تیمار آبیاری پس

تأثیر محلول پاشی متانول بر شاخص برداشت معنادار نشد (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت به محلول پاشی ۲۱ درصد حجمی متانول تعلق داشت (جدول ۴). شاخص برداشت حاصل نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک است که نشان‌دهنده چگونگی توزیع مواد فتوسنتزی در اندام‌های مختلف گیاه است [۴]. احتمال می‌رود معنادار نبودن شاخص برداشت بر اثر محلول پاشی متانول به دلیل افزایش متناسب عملکرد دانه و بیولوژیک باشد [۱۱].

### ۷.۳ درصد پروتئین دانه

اثر تنش خشکی بر درصد پروتئین دانه بسیار معنادار شد (جدول ۳)، به طوری که بیشترین درصد آن از تیمار آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به دست آمد. با افزایش تنش خشکی از درصد پروتئین دانه کاسته شد و در تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس

### ۱۰.۳. هیدرات‌های کربن محلول

تأثیر تنش خشکی بر مقدار هیدرات‌های کربن محلول معنادار شد (جدول ۳)، به طوری که آبیاری پس از ۴۰ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان بودند (جدول ۴). در دوره تنش خشکی، گیاه به منظور گریز از پلاسمولیز و ادامه تورژسانس در سلول‌های خود، مولکول‌های درشت نظیر نشاسته را به ساکارز و سپس به مولکول‌های کوچک تری نظیر گلوکز و فروکتوز تبدیل می‌کند که این موضوع، موجب منفی‌تر شدن پتانسیل آب در سلول‌ها و تنظیم اسمزی می‌شود. علاوه بر این، کاهش مصرف قند نیز عامل دیگر افزایش غلظت قندهای محلول در سلول است [۲۰]. نتایج تحقیقی در ارقام نخود تحت تأثیر تنش خشکی افزایش در کل قندهای محلول، به‌ویژه هگوزها مشاهده شده است [۱۵].

محلول‌پاشی متانول بر غلظت هیدرات‌های کربن محلول تأثیر معناداری داشت (جدول ۳). نتایج حاکی از آن است که محلول‌پاشی با ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی متانول، به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار هیدرات‌های کربن محلول را دارا بودند که احتمالاً علت افزایش در تیمار ۲۱ درصد حجمی، افزایش قندهای ساده در اثر استفاده از متانول و تولید دی‌اکسیدکربن در گیاه؛ و علت کاهش آن در تیمار ۳۵ درصد حجمی، تأثیر سمی متانول است (جدول ۴).

### ۴. نتیجه‌گیری

تنش خشکی بر ویژگی‌های بررسی شده مؤثر بود و سبب کاهش عملکرد دانه شد. محلول‌پاشی متانول ویژگی‌های کمی و کیفی را تحت تأثیر قرار داد، به طوری که محلول‌پاشی با ۲۱ درصد حجمی متانول، بیشترین تأثیر را بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه داشت. این غلظت می‌تواند برای محلول‌پاشی مناسب باشد، ولی غلظت‌های بیشتر به علت اینکه سبب گیاه‌سوزی می‌شوند، توصیه نمی‌شود.

از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس حاصل شد؛ ولی در تنش‌های ملایم، درصد روغن کاهش یافت (جدول ۴). درصد روغن دانه با درصد پروتئین دانه رابطه عکس دارد [۱۷]؛ بنابراین به علت کاهش درصد پروتئین دانه، درصد روغن آن افزایش می‌یابد [۳].

درصد روغن تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول از نظر آماری معنادار نشد (جدول ۳)، ولی بیشترین درصد آن در تیمار محلول‌پاشی ۷ درصد حجمی متانول مشاهده شد (جدول ۴). نتایج مشابهی مبنی بر نبود تأثیر معنادار محلول‌پاشی متانول بر درصد روغن نیز گزارش شده است [۶].

### ۹.۳. محتوای کلروفیل کل برگ

محتوای کلروفیل کل برگ تحت تأثیر تنش خشکی بسیار معنادار شد (جدول ۳). با افزایش تنش خشکی، محتوای کلروفیل کل برگ کاهش یافت و در تیمارهای آبیاری پس از ۴۰ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر مشاهده شد (جدول ۴). کاهش محتوای کلروفیل کل برگ در تنش خشکی به دلیل کاهش عوامل لازم برای سنتز کلروفیل و تخریب ساختمان آن است، بدین معنا که کاتابولیسم کلروفیل برگ در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد که علت اصلی آن علاوه بر موارد ذکر شده، پیری زودرس برگ‌ها در اثر اختلال‌های هورمونی ناشی از تنش خشکی است [۸].

تأثیر محلول‌پاشی متانول بر محتوای کلروفیل کل برگ بسیار معنادار شد (جدول ۳). محلول‌پاشی با ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی متانول به ترتیب بیشترین و کمترین میزان را داشتند. محتوای کلروفیل کل در تیمار محلول‌پاشی متانول با ۳۵ درصد حجمی از شاهد هم کمتر بود که نشان می‌دهد مصرف مقادیر زیاد متانول، سبب تخریب محتوای کلروفیل کل می‌شود (جدول ۴). به هر حال، استفاده از محلول‌پاشی متانول در سطوح غیرسمی سبب افزایش کلروفیل و افزایش ماده خشک می‌شود [۱۱].



## منابع

۱. امینی‌فر، ج، بیگلویی م ح، محسن‌آبادی غ م و سمیع‌زاده ح (۱۳۹۱) اثرات کم آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی رقم‌های سویا در منطقه رشت. تولید گیاهان زراعی. ۵(۲): ۹۳-۱۰۹.
۲. پورموسوی س ر، گلویم، دانشیان ج، قنبری ا و بصیرانی ن (۱۳۸۸) تأثیر کود دامی بر عملکرد کمی و کیفی لاین سویا در شرایط تنش خشکی. علوم گیاهان زراعی. ۴۰(۱): ۱۴۵-۱۳۳.
۳. دانشیان ج (۱۳۷۹) بررسی اکوفیزیولوژیک اثرات تنش کم‌آبی در سویا. رساله دکتری زراعت، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات.
۴. زارع زرگر ج (۱۳۸۹) اثر کم‌آبیاری بر ویژگی‌های کمی و کیفی سه رقم ماش. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل.
۵. شاه‌مرادی ش (۱۳۸۲) بررسی اثرات تنش خشکی بر روی صفات کمی و کیفی ارقام و لاین‌های پیشرفته سویا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
۶. صفرزاده ویشگانی م ن، نورمحمدی ق و مجیدی هروان ا (۱۳۸۶) اثر متانول بر رشد و عملکرد بادام زمینی. علوم کشاورزی. ۱۳(۱): ۸۷-۱۰۴.
۷. فرنیاء، نورمحمدی ق، نادری ا، درویش ف و مجیدی هروان ا (۱۳۸۵) تأثیر تنش خشکی و نژادهای باکتری *Bradyrhizobium japonicum* بر عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در سویا (رقم کلارک) در بروجرد. علوم گیاهان زراعی ایران. ۸(۳): ۲۱۴-۲۰۱.
۸. کافی م، زند ا، کامکار ب، شریفی ح ر و گلدانی م (۱۳۷۹) فیزیولوژی گیاهی (جلد دوم). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۷۹ ص.
۹. محلوچی م، موسوی س ف و کریمی م (۱۳۷۹) اثر تنش رطوبتی و تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاچیتی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴(۱): ۵۷-۶۸.
۱۰. مرادی ع، احمدی ع و حسین‌زاده ع ه (۱۳۸۷) واکنش زراعی - فیزیولوژیک ماش (رقم پرتو) به تنش‌های شدید و خفیف خشکی در مراحل رشد رویشی و زایشی. علوم فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲(۳): ۶۷۲-۶۵۹.
۱۱. میرآخوری م، پاک‌نژاد ف، اردکانی م ر، پازوکی ع ر، نظری پ و اسماعیل‌پورجهرمی (۱۳۸۸) ارزیابی اثر تنش خشکی و محلول پاشی متانول بر مقدار پروتئین و روغن دانه، سرعت و دوره پر شدن دانه سویا (L17). تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی. ۲(۲): ۱۸۳-۱۷۱.
12. Aslani A, Safarzadeh Vishgahi MN, Farzi M, Noorhosseini Niyaki SA and Jafari Paskiabi M (2011) Effect of foliar application of methanol on growth and yield of moonbeam (*Vigna radiate* L.) in Rasht, Iran. African Journal of Agricultural Research. 6(15): 3603-3608.
13. Attari AA (2006) Oil production and consumption of oil seeds in the world. Publication of Industry of Vegetable Oil Production, Magazine No. 13.
14. Ball RA, Purcell LC and Vories ED (2000) Short-season soybean yield compensation in response to population and water regime. Crop Science. 40: 1070-1078.
15. Basu PS, Berger JD, Turner NC, Chaturvedi SK, Ali M and Siddique KHM (2007) Osmotic adjustment of chickpea (*Cicer arietinum*) is not associated with changes in carbohydrate composition or leaf gas exchange under drought. Annals of Applied Biology. 150: 217-225.

16. Clover G, Smith H and Jaggard K (1998) The crop under stress. *British Sugar Beet Review*. 66(3): 17-19.
17. Cober ER and Voiding HD (2000) Developing high-protein, high-yield soybean populations and lines. *Crop Science*. 40: 39-42.
18. Fall R and Benson A (1996) Leaf methanol, the simplest natural product from plants. *Trends Plant Science*. 1: 296-301.
19. Hsiao TC (2000) Leaf and root growth in relation to water status. *Horticultural Science*. 35: 1051-1058.
20. Irigoyen JJ, Emerrich DW and Sanchez-Diaz M (1992) Water stress induced changes in concentration of praline and total soluble sugars in modulated alfalfa plant. *Plant Physiology*. 84: 55-60.
21. Kane MV, Steel CC and Hildebrand DF (1997) Early-maturing soybean cropping system: III: Protein and oil contents and oil composition. *Agronomy*. 89: 464-469.
22. Kooks RA and Klark R (1996) Drought resistance in soybean cultivar. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29: 897-912.
23. Laurence RCN, Gibbons RW and Young CT (1976) Changes in yield, protein, oil and maturity of groundnut cultivars with the application of sulfur fertilizers and fungicides. *The Journal of Agricultural Science*. 86(2): 245-250.
24. Li Y, Gupta J and Siyumbano AK (1995) Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. *Plant Nutrients*. 18: 1875-1880.
25. Liu F, Andersen MN and Jensen CR (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.
26. Muchow RC (1985) Phonology, seed yield and water use of legume grown under different soil regimes in semi-arid tropical environment. *Field Crop Research*. 11: 81-97.
27. Nonomura AM 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.
28. Palmer J, 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>.
29. Pandey RK, Herrera WAT, Villegas AN and Pendleton TW (1984) Drought response of grain legumes under irrigation gradient: III. Plant growth. *Agronomy*. 76: 557-560.
30. Ramberget HA, Bradley JSC, Olson JSC, Nishio JN, Markwell J and Osterman JC (2002) The role of methanol in promoting plant growth: An update. *Plant Biochemistry and Biotechnology*. 1: 113-126.
31. 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. *Plant Growth Regulation*. 25: 30-44.
32. Stewart GR (1992) *Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plant*, Aspinnal New York.
33. Sunderman HD and Sweeney DW (1997) Soybean response to foliar applied methanol in humid and semiarid environments. *Products Agriculture*. 10(3): 415-418.

34. Zbiec II, 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.
35. Zbiec II, 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: 1-7.

