اثر محلول‌پاشی متانول و تنش خشکی بر عملکرد دانه و شاخص‌های رشد سویا (*Glycine max* L.)

بهزاد امرایی[1*]، فرزاد پاک‌نژاد[2]، محمدعلی ابراهیمی[3] و حمید سبحانیان[4]

۱) گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۲) دانشیار گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
۳) دانشیار گروه بیوتکنولوژی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۴) استادیار گروه زیست شناسی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۲۵ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۱۶**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی متانول و تنش خشکی بر شاخص‌های رشدی گیاه سویا، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعهٔ پژوهشی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. تنش خشکی شامل آبیاری پس از ۴۰، ۶۰ و ۷۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی متانول شامل عدم محلول‌پاشی (شاهد) و محلول‌پاشی با ۷، ۱۴ و ۲۱ درصد حجمی متانول به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته‌شد. محلول‌پاشی سه بار طی فصل رشد گیاه و با فواصل ۱۵ روز یک‌بار بر روی قسمت‌های هوایی انجام شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل: تجمع ماده خشک، عملکرد دانه، سرعت رشد محصول، نرخ جذب خالص، پرولین، قندهای محلول، پراکسید هیدروژن و محتوای رطوبت نسبی بود. نتایج نشان‌داد که اثر محلول‌پاشی متانول در شرایط تنش خشکی بر افزایش نسبی تمامی شاخص‌های رشدی و عملکرد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین ویژگی‌های بررسی شده نشان‌داد که محلول‌پاشی متانول اثر مثبت و معنی‌داری بر شاخص‌های رشدی سویا داشت که منجر به افزایش ماده خشک و عملکرد دانه سویا شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه طی محلول پاشی متانول با ۲۱ درصد حجمی به‌دست‌آمد. هم‌چنین در شرایط تنش ملایم و تنش شدید با کاربرد بیش‌ترین مقدار از سطح متانول مقدار تولید پراکسید هیدروژن به کم‌ترین میزان رسید. طبق نتایج به‌دست آمده با کاربرد ۱۴ درصد متانول افزایش بیش‌تری در کارایی پرولین در شرایط تنش شدید مشاهده شد. با افزایش کاربرد حجمی متانول از ۷ به ۱۴ درصد مقدار آب نسبی بیش‌تر در گیاه در شرایط تنش حفظ شد.

واژه‌های کلیدی: پراکسید هیدروژن، تجمع ماده خشک و قندهای محلول.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]

مقدمه

تنش خشکی مهم‌ترین تنگنای محیطی است که تولید محصول را در نواحی مختلف دنیا از جمله ایران تحت اثر قرار می‌دهد. تنش خشکی به‌علت کاهش CO_2 داخلی برگ‌ها و افزایش تنفس نوری موجب کاهش عملکرد گیاهان زراعی سه کربنه می‌شود (ساجدی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱؛ قلی پور و همکاران، ۱۳۹۵). استفاده از موادی مانند متانول به‌عنوان یک ماده با خواص ضد تنش می‌تواند تاحدی جبران‌کننده‌ی کاهش عملکرد حاصل از خشکی باشد (Hemming and-Criddle, 1995). برخی تحقیقات سال‌های اخیر نشان داده است که رشد و عملکرد گیاهان سه کربنه با محلول‌پاشی متانول افزایش پیدا می‌کند و متانول به‌عنوان یک منبع کربن برای این گیاهان محسوب می‌شود. به‌طورکلی از جمله نقش-هایی که این مواد دارند، جلوگیری از کاهش اثر تنش‌های القا شده به گیاهان زراعی در انجام تنفس نوری می‌باشد (Downie *et al*., 2004). یکی از راهکارهای افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاهان استفاده از ترکیباتی نظیر متانول، اتانول، پروپانول، بوتانول و هم‌چنین استفاده از اسیدهای‌آمینه گلیسین، گلوتامات و آسپارتات می‌باشد (صفرزاده، ۱۳۸۶). مطالعات Nonomora و Benson (۱۹۹۲) نشان داد که متانول سبب افزایش عملکرد گیاهانی شد که با این ماده تیمار شده بودند. آن‌ها اعلام کردند کاربرد متانول روی قسمت‌های هوایی گیاهان زراعی باعث افزایش عملکرد، تسریع رسیدگی، کاهش اثر تنش خشکی و کاهش نیاز آبی گیاهان می‌شود. Zbiec و همکاران (۱۹۹۹) علت کاهش تنفس نوری را در گیاهان تیمار شده با متانول اکسیداسیون سریع متانول به دی اکسیدکربن و ترکیب شدن آن با ریبولوز ۱و۵ بیس فسفات و کم شدن رقابت اکسیژن با دی اکسیدکربن می‌دانند. گیاهان تیمار شده با متانول در شرایطی که به مسیر تنفس نوری می‌روند ۲ مولکول سرین در میتوکندری خود می‌سازند که این منجر به دو برابر شدن ساکارز تولیدی می‌شود (Hemming and Criddle, 1995). آنزیم فروکتوز ۱ و ۶ بیس فسفات فسفاتاز که یک آنزیم کلیدی در کنترل سیکل احیای کربن در فتوسنتز است با متانول فعال‌تر می‌شود. متانول با خاصیت هیدروفوبی خود اتصال هیدروفوبی بین این آنزیم را با سایر پروتئین‌های متصل به غشا افزایش داده و در نتیجه سبب فعال‌تر شدن این آنزیم می‌شود (Andres *et al*., 1990). افزایش سطح برگ بر اثر محلول‌پاشی متانول سبب افزایش فتوسنتز و نهایتا عملکرد می‌شود. بر روی برگ اکثر گیاهان زراعی باکتری‌هایی به نام متیلوتروفیک زندگی می‌کنند این باکتری‌ها قادرند در محیط‌های حاوی کربن زندگی کنند که محیط حاوی متانول یکی از بارزترین آن‌ها است. متیلوتروفیک‌ها به وسیله هم‌زیستی با گیاهان، موجب ساخته شدن هورمون‌های رشد مانند اکسین و سیتوکنین شده و سبب افزایش رشد در گیاهان می‌شوند (Lee *et al*., 2006). یکی دیگر از دلایل افزایش عملکرد در گیاهان تیمار شده با متانول افزایش دوره‌ی فعال فتوسنتزی برگ‌ها است که در اثر به تعویق افتادن پیری آن‌ها صورت می‌گیرد. طبق بررسی‌های انجام شده الکل‌های زنجیره کوتاه با ممانعت از

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]

ساخته شدن پیش ماده‌ی تولید اتیلن از تولید این هورمون بازدارنده جلوگیری می‌کنند (Heins, 1980). برخی مطالعات نشان داده‌اند که به‌کار بردن الکل‌ها روند پیر شدن برگ‌ها در یولاف و کل میخک را به تأخیر می‌اندازند (Heins, 1980; Satler and Thimanna, 1980; Saltveit, 1989) این تأخیر در پیری برگ‌های گیاه می‌تواند سبب افزایش دوام سطح برگ و در نتیجه افزایش مدت فعالیت فتوسنتزی در برگ‌ها و هم‌چنین افزایش تثبیت CO_2 شود (Ramberg *et al*., 2002; Ramirez *et al*., 2006). یکی دیگر از دلایل تأخیر در پیری برگ‌ها با محلول‌پاشی متانول را به اثر بر روی محرک‌های تولید اتیلن در گیاه مرتبط می دانند که این امر موجب افزایش دوره فعال فتوسنتزی و دوام سطح برگ می‌شود (Heins, 1980). متابولیسم متانول به افزایش قندسازی در برگ‌ها منجر می‌شود که در نتیجه، فشار آماس سرعت تثبیت و رشد در گیاهان تیمار شده با آن افزایش می‌یابد (نادعلی و همکاران، ۱۳۸۹). میرآخوری و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی اثر محلول‌پاشی متانول بر گیاه سویا اعلام کردند این ماده سبب افزایش دوام سطح برگ، سرعت رشد محصول، افزایش محتوای کلروفیل، راندمان مصرف تشعشع، افزایش عملکرد غلاف و دانه و افزایش وزن صد دانه سویا می‌شود. هم‌چنین محلول‌پاشی متانول روی چغندرقند نشان داد این ماده سبب افزایش عملکرد ریشه، شکر سفید و بهبود صفات رشدی گیاه می‌شود (نادعلی و همکاران، ۱۳۸۹). حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) بیان نمودند که محلول‌پاشی متانول موجب افزایش عملکرد در گیاه نخود می‌شود. تحقیقات نشان دهنده اثر مثبت محلول‌پاشی متانول بر افزایش تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه است (Aslani *et al*., 2011 و عیسی زاده و همکاران؛ ۱۳۹۴). هدف از محاسبه اجزای رشد تشریح چگونگی واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی است. تجزیه رشد روشی مهم در تجزیه و تحلیل کمی رشد و نمو گیاه و تولید محصولات به‌شمار می‌آید که برای اولین بار توسط Blackman (۱۹۱۹) پیشنهاد شد. این پژوهش به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی متانول و تنش خشکی بر عملکرد دانه و شاخص‌های رشدی سویا (*Glycine max* L.) اجرا شد.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۴ در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، واقع در منطقه ماهدشت در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا به‌اجرا درآمد. آزمایش مورد استفاده به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. عامل‌های مورد بررسی شامل سه سطح بدون تنش آبی (آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک)، تنش متوسط (آبیاری پس از ۶۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک) و تنش شدید (آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک) به‌عنوان عامل اصلی و سطوح متانول به‌صورت محلول‌پاشی برگی شامل محلول شاهد (آب پاشی بدون مصرف متانول) و محلول‌های ۷، ۱۴ و ۲۱ درصد حجمی متانول به‌عنوان عامل فرعی بود؛

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

[DOR: 20.1001.1.20084403.1396.9.34.6.3]

که به هر کدام از محلول‌ها دو گرم در لیتر گلیسین اضافه‌شد. زمان محلول‌پاشی بین ۴ تا ۷ بعداز ظهر بود. محلوپاشی روی اندام هوایی سه دفعه طی فصل رشد و با فواصل ۱۵ روزه انجام شد. متوسط بارندگی در زمان آزمایش در منطقه بین ۲ تا ۱۰ میلی‌متر و متوسط دما بین ۱۷ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود. نتایج تجزیه خاک مزرعه مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده‌است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (سانتی متر)	بافت خاک	ضریب هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته	کربن آلی (٪)	ازت کل (٪)	قدرت حفظ آب(٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	منگنز (ppm)	روی (ppm)
۰-۶۰	لومی- رسی	۳/۴	۷/۶	۰/۷۵	۰/۰۷	۳۳	۱۰/۵	۳۲۰	۷/۳	۲/۳

آبیاری به‌صورت جوی و پشته و زمان آن از طریق بلوک گچی که قبلاً در مزرعه پژوهشی دانشگاه واسنجی شده بود تعیین شد (Paknejad *et al*., 2007). هر کرت آزمایش شامل ۶ ردیف با طول ۵ متر و با فواصل بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته‌شد. رقم کشت شده ویلیامز که یک رقم زودرس می‌باشد. بذرهای سویا قبل از کاشت با قارچ‌کش ویتاواکس ضدعفونی شدند و در نیمه دوم اردیبهشت در عمق پنج سانتی‌متری کشت شدند. تراکم در حدود ۲۸ بوته در مترمربع تنک شد. با توجه به حساسیت گیاه به تنش خشکی در مراحل اولیه رشد تا استقرار کامل گیاه و زمان گل‌دهی، آبیاری به اندازه کافی و اولین محلول‌پاشی در ۵۰ روز بعد از کاشت (مصادف با زمان گل‌دهی) انجام گرفت. محلول‌های متانول به‌صورت درصد حجمی از متانول با درجه خلوص ۹۹/۹ درصد تهیه شد و برای انجام محلول پاشی از سم‌پاش موتوری پشتی استفاده شد. جهت تعیین شاخص‌های رشد سویا، نمونه‌برداری در سطح مزرعه از کلیه کرت‌ها، از ۳۰ روز پس از کاشت تا انتهای دوره رشد با فواصل ۱۵ روز به‌روش Gardner و Auma (۱۹۹۸) انجام گرفت. بر این اساس ابتدا هر کرت به دو منطقه نمونه‌برداری و برداشت تقسیم شد. برای انجام صحیح نمونه‌برداری و به‌منظور حذف اثر حاشیه‌ای، دو ردیف کناری از هر کرت و یک بوته از ابتدا و انتهای هر یک از خطوط کاشت در نمونه‌برداری‌ها به‌عنوان اثر حاشیه در نظر گرفته‌شد و از آن‌ها استفاده نشد.

محاسبه وزن خشک

جهت تعیین تجمع ماده خشک (TDW)، نمونه‌گیری به طول ۰/۵ متر روی خط و از دو ردیف وسط برداشت شد. به‌دلیل ریزش برگ‌ها در قسمت‌های هوایی که نمونه‌برداری صورت می‌گرفت در فواصل هر نمونه‌برداری نایلون‌های بزرگی در

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]

سطح زمین پهن و سپس برگ‌های ریزش یافته نیز از سطح نایلون جمع‌آوری و در محاسبات استفاده شد. پس از برداشت، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و برگ‌ها و غلاف‌ها هر یک از اجزا به‌صورت جداگانه در آون تهویه‌دار ۷۰ درجه‌سلسیوس تا مرحله خشک‌شدن کامل و رسیدن به وزن خشک ثابت نگهداری شدند. پس از خروج نمونه‌ها از آون، بلافاصله توزین با ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۱ گرم صورت‌گرفت. سپس ماده خشک کل و برگ به صورت مجزا بر حسب گرم در مترمربع مورد محاسبه قرارگرفت. پس از اندازه‌گیری وزن خشک، براساس معادلات زیر، روند تغییرات در هرکدام از شاخص‌های رشد تشریح شد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰). روند تغییرات ماده‌خشک تجمعی با استفاده از معادله سیگموئیدی سه‌پارامتره:

رابطه ۱ : $TDM= TDM_m/1+e^{-(t-t_{m/2})}/b$

که در آن TDM: ماده‌خشک بخش هوایی سویا در هر مترمربع، TDM_m: بیشینه ماده‌خشک بخش هوایی سویا در متر-مربع در طول دوره رشد آن، t: زمان بر حسب روز، $t_{m/2}$ زمان دستیابی به نیمی از TDM_m و b: شیب منحنی در نقطه $t_{m/2}$(بیشینه سرعت رشد یا CGR_m) را نشان می‌دهند.

رابطه ۲: TDM (Metanol 0%) = 1672/(1+exp(-(x-84)/15)

رابطه ۳: TDM (Metanol 7%) = 3402/(1+exp(-(x-99)/17))

رابطه ۴: TDM (Metanol 14%) = 3907/(1+exp(-(x-102)/19))

رابطه ۵: TDM (Metanol 21%) = 1661/(1+exp(-(x-66)/10)

رابطه ۶: TDM (Metanol 0%) = 1064/(1+exp(-(x-88)/18))

رابطه ۷: TDM (Metanol 7%) = 751/(1+exp(-(x-69)/13

رابطه ۸: TDM (Metanol 14%) = 3977/(1+exp(-(x-114)/19

رابطه ۹: TDM (Metanol 21%) = 1641/(1+exp(-(x-89)/17))

رابطه ۱۰: TDM (Metanol 0%) = 652/(1+exp(-(x-84)/19))

رابطه ۱۱: TDM (Metanol 7%) = 641/(1+exp(-(x-78)/19

رابطه ۱۲: TDM (Metanol 14%) = 2859/(1+exp(-(x-121)/22

رابطه ۱۳: TDM (Metanol 21%) = 546/(1+exp(-(x-67)/15

اندازه‌گیری پرولین

برای تعیین میزان پرولین برگ این مراحل انجام شد:

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]

توزین نمونه‌های تر و همگن‌سازی آن‌ها در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد، سانتریفیوژ کردن نمونه‌ها و اضافه کردن معرف نین‌هیدرین و اسیداستیک خالص به سوپرناتانت، قرار دادن در بن‌ماری به مدت یک ساعت، افزودن تولوئن، جداسازی محلول بالایی و خواندن جذب آن در طول موج ۵۲۰ نانومتر در مقابل شاهد دستگاه، رسم منحنی استاندارد پرولین و محاسبه میزان پرولین اندام‌های گیاه بر حسب میکرومول بر گرم وزن تر نمونه (Bates *et al*., 1973).

اندازه گیری قندهای محلول برگ

میزان قندهای محلول به روش فنل‌سولفوریک (Kochert, 1978) و بر اساس هیدرولیز اسیدی قندهای محلول و ایجاد ترکیب فورفورال که با فنل تولید یک کمپلس رنگی می‌کند، اندازه‌گیری شد. ۰/۵ گرم وزن تر گیاه از هر تیمار توزین شد و در داخل ۵ میلی‌لیتر آب مقطر به‌وسیله هاون خوب له گردید سپس با تنظیف صاف شد و از عصاره گیاهی حاصله ۲ میلی‌لیتر برداشته و روی آن ۱ میلی‌لیتر فنل ۵ درصد ریخته شد و در نهایت به هرکدام از لوله‌ها ۳ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۹۸ درصد اضافه گردید، لوله‌ها به مدت یک ساعت به حال خود رها شدند تا رنگ ظاهر و تثبیت شود. بعد از ظهور رنگ، میزان جذب در ۴۸۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و با استفاده از منحنی استاندارد قند گلوکز، میزان قند بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر ($mgg^{-1}FW$) محاسبه گردید.

اندازه‌گیری پراکسید هیدروژن

سنجش پراکسید هیدروژن با استفاده از روش Sagisaka (۱۹۷۶) انجام شد. به این منظور مقدار ۰/۵ گرم از بافت تر برگ با ۵ میلی‌لیتر اسیدتری کلرواستیک ۱ درصد در حمام یخ کاملاً سائیده و همگن شد. هموژن حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوز گردید. در مرحله بعد، در حمام یخ ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول فوق به لوله‌آزمایش منتقل و به آن ۰/۵ میلی‌لیتر بافرفسفات‌پتاسیم ۱۰ میلی‌مولار با PH برابر ۷ و ۱ میلی‌لیتر یدیدپتاسیم ۱ مولار اضافه گردید. در نهایت جذب نمونه‌ها در طول موج ۳۹۰ نانومتر به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین گردید. سپس بر اساس منحنی استاندارد آب اکسیژنه، غلظت پراکسیدهیدروزن در نمونه‌ها بر حسب میکرومول بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد.

محتوای نسبی آب برگ

جهت تعیین وضعیت آب در بوته‌های سویا تیمار شده با متانول در شرایط مختلف آبیاری اندازه‌گیری محتوای رطوبت نسبی برگ یک روز بعد از آخرین محلول‌پاشی متانول انجام شد. ۰/۵ گرم از جوان‌ترین برگ‌های توسعه یافته هر گیاه جدا شده و سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت روی آب مقطر شناور شدند. چهار ساعت پس از آب‌گیری، قطعات برگ بلافاصله وزن شدند تا وزن برگ‌ها در حالت تورزسانس به‌دست آید. پس از آن که قطعات برگ در آون ۷۰ درجه سانتی گراد به

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]

مدت ۴۸ ساعت خشک شدند تا وزن خشک نمونه برگی به‌دست آید و برای محاسبه محتوای نسبی آب برگ‌ها از رابطه زیر استفاده شد (Gunes *et al*., 2008).

رابطه ۱۴: $RWC= 100*[(FW-DW)/(TW-DW)]$

FW: وزن‌تر نمونه برگی، TW: وزن برگ‌ها در حالت تورژسانس و DW: وزن خشک نمونه برگی. بررسی تغییرات و روند در سرعت رشد محصول با استفاده از مشتق درجه اول و دوم معادله به‌دست آمد. محاسبه شاخص‌های فیزیولوژیک رشد با در دست داشتن وزن خشک کل، وزن خشک برگ و هم‌چنین سطح برگ به روش Auma and Gardner (۱۹۸۸) صورت گرفت. برای این منظور با استفاده از نرم افزار SAS معادلات چند جمله‌ای مختلفی مورد پردازش قرار گرفت و از بین آن‌ها بهترین معادلات با ضریب تبیین بالا جهت برآورد روند رشد سویا انتخاب شد و با استفاده از این معادلات نمودارهای روند رشد در نرم افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

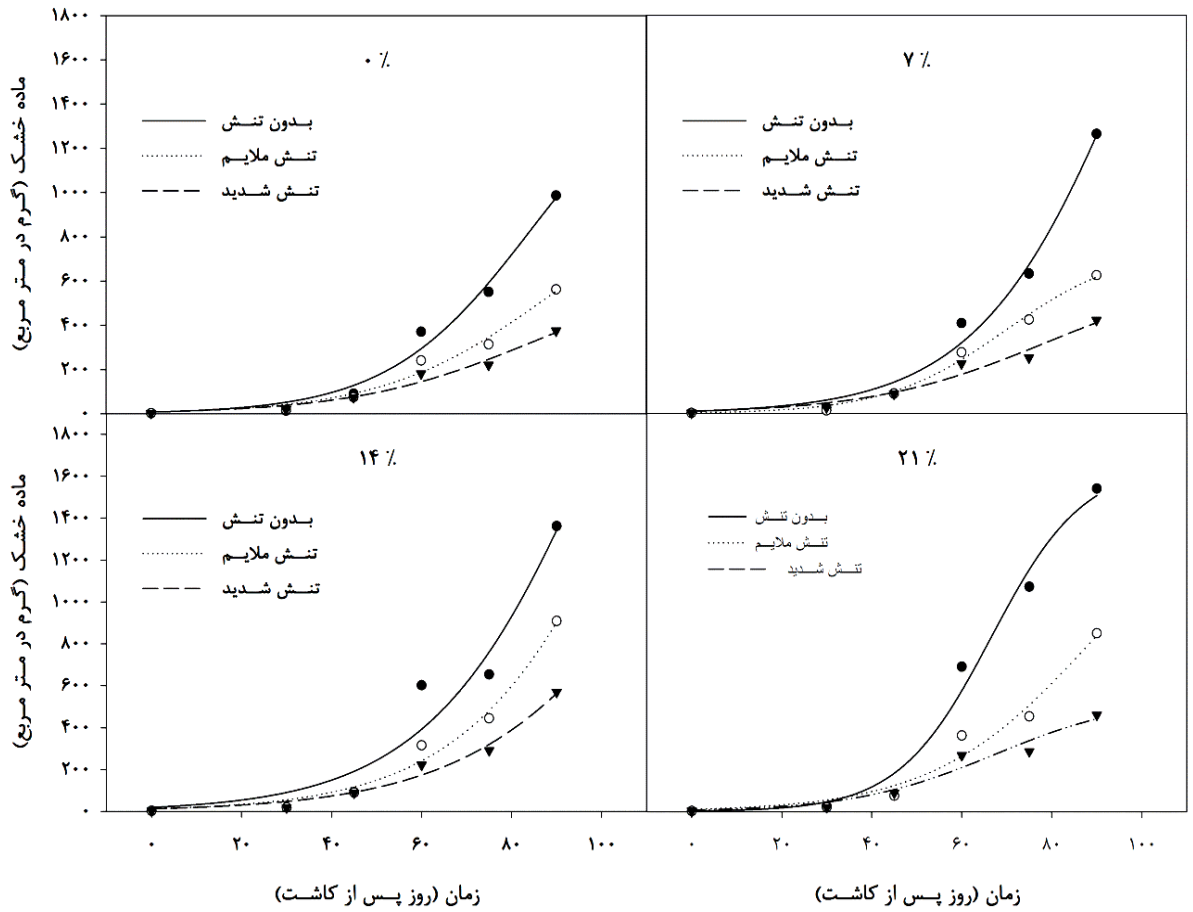
تجمع ماده خشک

همان‌طور که در شکل ۱ نشان‌داده شده‌است، با افزایش سطح تنش خشکی میزان تجمع ماده خشک سویا کاهش معنی‌داری نشان داده‌است (جدول ۲). هم‌چنین با محلول‌پاشی متانول با درصد بالاتر، بر تجمع ماده‌خشک و سرعت تجمع ماده خشک افزوده شده‌است. بالاترین ماده خشک برای ۹۰ روز پس از کاشت و پس از ۳ مرحله محلول‌پاشی متانول ثبت شده است. در این زمان، بیش‌ترین تجمع ماده‌خشک با مقدار ۱۵۴۰ گرم در مترمربع مربوط به تیمار بدون تنش همراه با محلول‌پاشی متانول ۲۱ درصد مشاهده‌شد. کم‌ترین تجمع ماده‌خشک برابر با مقدار ۳۷۵ گرم در مترمربع مربوط به تیمار تنش شدید بدون محلول‌پاشی متانول بود. میزان تجمع ماده‌خشک در محلول‌پاشی متانول ۱۴ درصد، نسبت به عدم محلول‌پاشی آن در تیمار تنش شدید، افزایش ۵۰ درصدی از خود نشان داد (شکل ۱). سرعت تجمع ماده خشک که در معادله سیگموئیدی با b نشان داده شده‌است، برای تیمار تنش شدید به همراه محلول‌پاشی متانول ۱۴ درصد بالاترین مقدار بود. کم‌ترین اختلاف تجمع ماده خشک سویا بین سطوح مختلف تنش خشکی، با محلول‌پاشی متانول ۱۴ درصد حاصل شد و بیش‌ترین اختلاف بین سطح بدون تنش و تنش خشکی شدید در تیمار محلول‌پاشی متانول ۲۱ درصد به مقدار ۱۰۸۰ گرم در مترمربع ماده‌خشک در ۹۰ روز پس از کاشت مشاهده شد (شکل ۱). بررسی‌های انجام شده نشان-داده‌اند که تیمار بسیاری از گیاهان سه کربنه با متانول، در زمانی که دمای هوا به بالاتر از حد مطلوب برای رشد این گیاهان می‌رسد، باعث افزایش وزن خشک آن‌ها می‌شود (صفرزاد ویشکایی، ۱۳۸۶). یکی‌دیگر از علل افزایش تجمع ماده

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]

خشک در گیاهان تیمار شده با متانول مختل شدن تنفس نوری و در نتیجه افزایش ماده خشک کل است Nonomura and beson,) 1992) متانول با تبدیل شدن به فرمالدئید و اسیدفورمیک در انتها به CO_2 تبدیل می‌شود. این امر سبب افزایش غلظت CO_2 در داخل برگ‌ها شده و در نتیجه اندازه آنتن فتوسیستم‌ها کاهش پیدا می‌کند. کاهش اندازه آنتن فتوسیستم-ها سبب افزایش نقطه جبران نوری فتوسنتز می‌شود (Theodoridou *et al*., 2002). مصرف متانول می‌تواند روند افزایش وزن تر و وزن خشک گیاهان را تحریک کند و ارتباط نزدیکی بین مقدار افزایش وزن خشک گیاهان با مقدار متانول مصرف شده بر روی آنها وجود دارد، هم‌چنین محلول‌پاشی متانول روند پیری برگ‌ها را به تأخیر می‌اندازد که می-تواند سبب افزایش دوام سطح برگ و در نتیجه افزایش مدت فعالیت فتوسنتزی در برگ‌ها شود (Ramberg *et al*., 2002; Theodoridou *et al*., 2002). نتایج آزمایش Zeinab و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که بیش‌ترین عملکرد بوته در گیاهان تیمار شده با ۱۵ درصد حجمی متانول مشاهده شد.



شکل ۱: روند تغییرات ماده خشک سویا تحت اثر فاکتورهای آزمایشی (پیکان‌ها نشان دهنده زمان‌های محلول‌پاشی متانول می باشد).

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]

جدول ۲: پارامترها و ضریب تصحیح‌شده معادله سیگموئیدی برای تجمع ماده خشک سویا تحت تأثیر فاکتورهای آزمایشی

تنش رطوبتی	متانول (درصد)	a	b	$T_{max/2}$	R_{adj}^2
بدون تنش	۰	۱۶۷۲	۱۵/۹	۸۴/۵	۰/۹۷
	۷	۳۴۰۲	۱۷/۳	۹۹/۲	۰/۹۸
	۱۴	۳۹۰۷	۱۹/۴	۱۰۲/۵	۰/۹۱
	۲۱	۱۶۶۱	۱۰/۳	۶۶/۴	۰/۹۷
تنش ملایم	۰	۱۰۶۴	۱۸/۴	۸۸/۴	۰/۹۶
	۷	۷۵۱	۱۳/۳	۶۹/۷	۰/۹۸
	۱۴	۳۹۷۷	۱۹/۸	۱۱۴/۲	۰/۹۷
	۲۱	۱۶۴۱	۱۷/۶	۸۹/۱	۰/۹۴
تنش شدید	۰	۶۵۲	۱۹/۹	۸۴/۸	۰/۹۵
	۷	۶۴۱	۱۹/۴	۷۸/۶	۰/۹۴
	۱۴	۲۸۵۹	۲۲/۴	۱۲۱/۵	۰/۹۶
	۲۱	۵۴۶	۱۵/۵	۶۷/۳	۰/۹۲

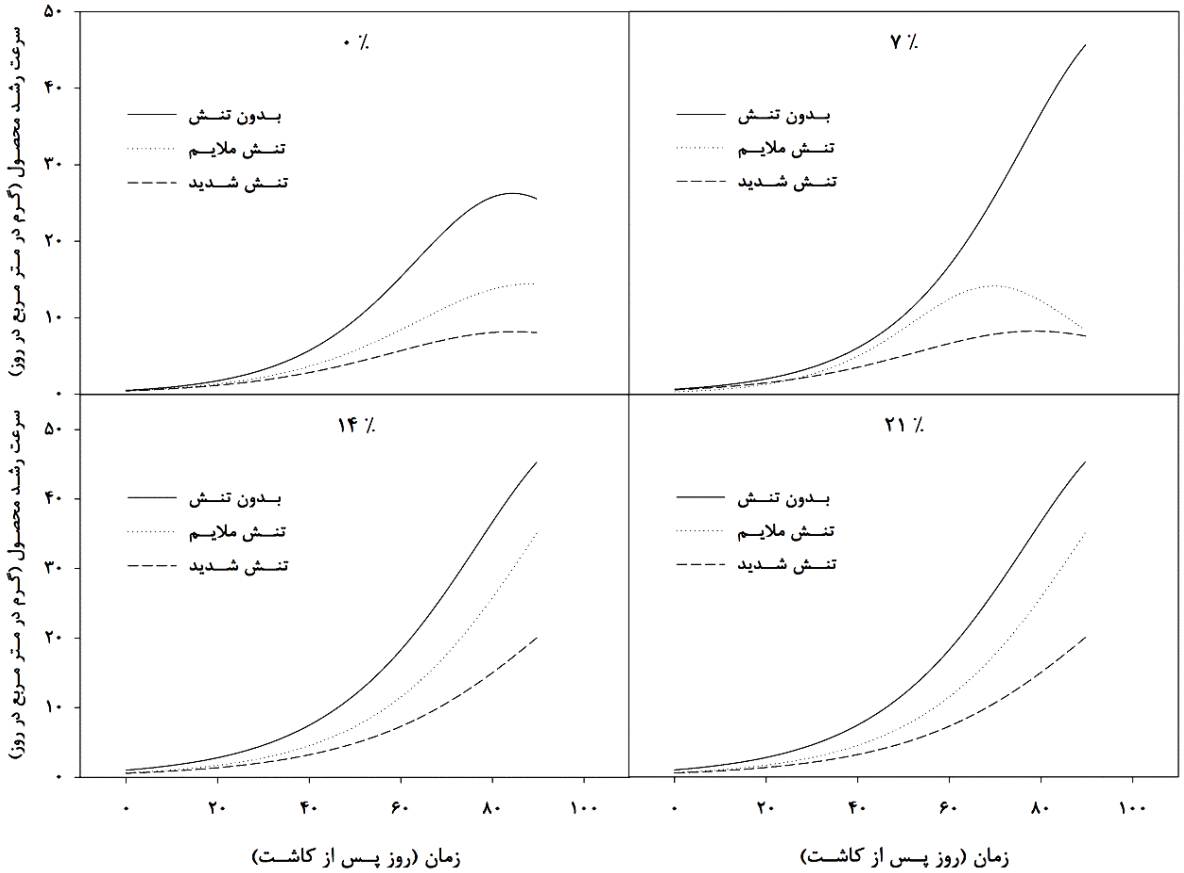
R_{adj}^2: ضریب تبیین $T_{max/2}$: زمان دست یابی به نیمی از ماده خشک b: شیب منحنی a: عرض از مبدا

سرعت رشد محصول

سرعت رشد محصول تا زمان تجمع ماده خشک روند افزایشی از خود نشان می‌دهد و پس از به ثبات رسیدن تجمع ماده خشک (یعنی عدم اضافه شدن ماده خشک به ازای روز)، سرعت رشد محصول کاهش می‌یابد. با توجه به شکل ۲، مشاهده می‌شود که روند تغییرات رشد محصول تا ۹۰ روز پس از کاشت، به جز در تیمارهای تنش ملایم با ۷ درصد محلول‌پاشی متانول و بدون تنش با محلول‌پاشی ۲۱ درصد، افزایشی بوده است. در سطح بدون تنش، در مواقعی که از محلول‌پاشی متانول ۷ درصد و ۱۴ درصد استفاده شده است، در روز ۸۹ ام مقدار سرعت رشد محصول برابر ۴۵ گرم ماده خشک در متر مربع در روز بود. این مقدار بالاترین مقدار سرعت رشد محصول در بین تیمارهای آزمایشی برای روزهای پس از کاشت سویا بوده است. کم‌ترین مقادیر سرعت رشد محصول برای همه تیمارهای مربوط به روزهای ابتدایی پس از کاشت می‌باشد؛ که میزان سطح فتوسنتزکننده (شاخص سطح برگ پایین) جهت افزایش مقدار ماده خشک در روز نیز در کم‌ترین مقدار خود قرار دارد. در تیمار بدون تنش همراه با محلول‌پاشی متانول ۲۱ درصد، سرعت رشد محصول به بالاترین مقدار خود (۴۰/۳ گرم ماد خشک در متر مربع در روز) در روز ۶۰ ام رسید و پس از آن روند کاهش از خود نشان داد (شکل ۲). سرعت رشد محصول (CGR) به بهترین شکل مفهوم رشد را می رساند و اثر متقابل فتوسنتز و تنفس را نشان می‌دهد (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷). اکسیداسیون سریع متانول در بافت‌های گیاهی و تولید CO_2 در آن‌ها این امکان را به وجود می آورد که CO_2 تولید شده از متانول برای ترکیب شدن با ریبولوز ۱ و ۵ بی‌فسفات توانایی رقابت با اکسیژن را داشته باشد و در نتیجه سبب افزایش فتوسنتز خالص شود (Zbiec *et al*., 2003).

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

[DOR: 20.1001.1.20084403.1396.9.34.6.3]



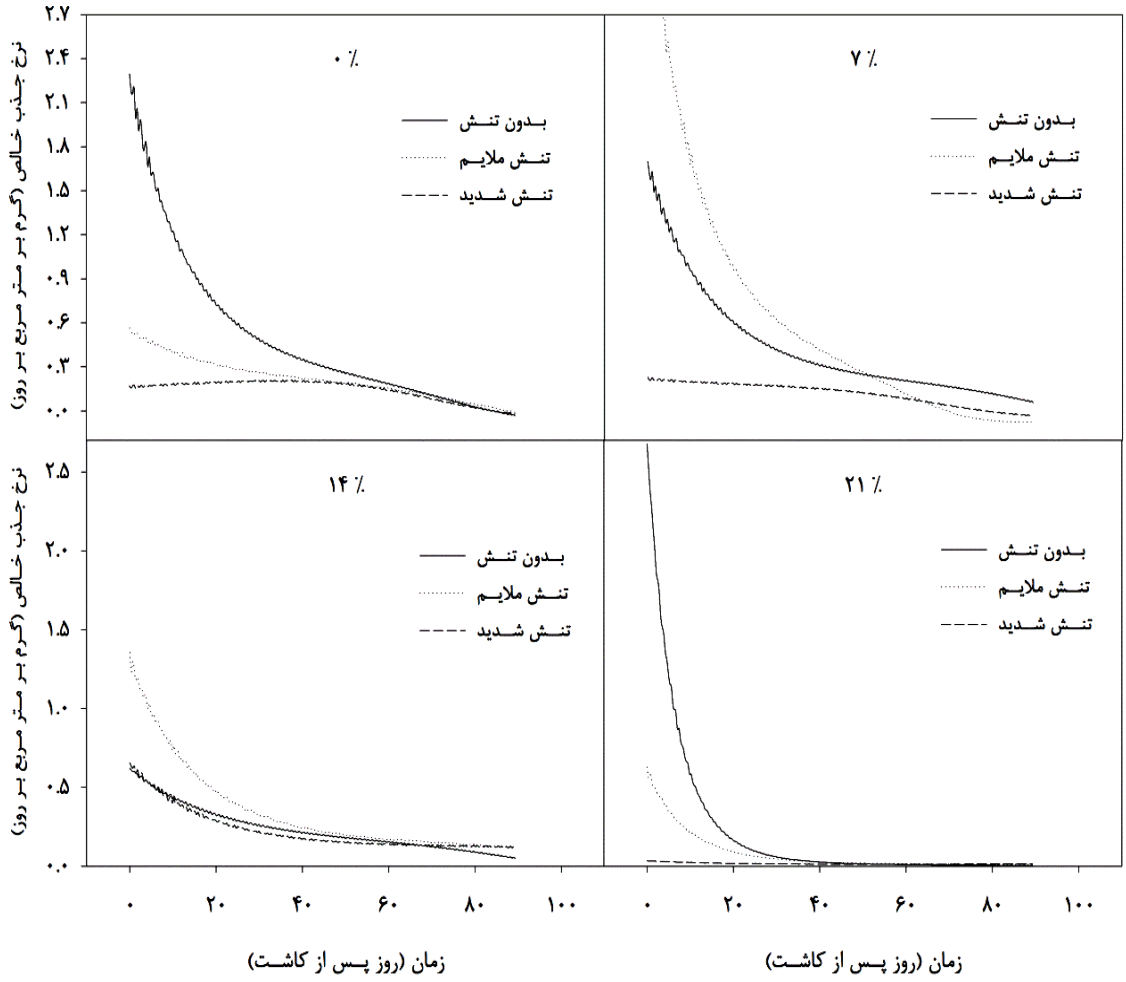
شکل ۲: روند تغییرات شاخص سطح برگ سویا تحت اثر فاکتورهای آزمایشی (پیکان‌ها نشان دهنده زمان‌های محلول-پاشی متانول می‌باشد)

جدول۳: نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورهای آزمایشی بر برخی صفات سویا

		میانگین مربعات			
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک برگ	عملکرد دانه	سطح برگ	وزن خشک کل
تکرار	۲	۰/۰۱۸	۹۲۱۲۵/۶	۵۹۴/۲۱	۰/۰۶۱
تنش	۲	۰/۰۳۹^{ns}	۱۹۷۴۵۸۳/۴**	۱۲۷۰/۳۸^{ns}	۰/۰۸۱*
aخطای	۴	۰/۰۲۴	۳۶۵۱۲۱/۳	۹۴۵/۳۹	۰/۰۵۸
متانول	۳	۰/۰۴۲*	۴۷۶۹۸۱/۸**	۷۲۲/۶۴*	۰/۱۵*
تنش رطوبتی×متانول	۶	۰/۰۲۴*	۲۸۹۶۴/۷*	۱۰۱۳/۹۱*	۰/۱۰^{ns}
bخطای	۱۸	۰/۰۱۳	۸۹۳۵۸/۴	۵۹۴/۲۳	۰/۰۶۶
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۲/۸۹	۱۷/۸۶	۱۲/۰۲	۱۱/۸۹

ns: غیر معنی دار **: معنی دار در سطح ۱ درصد *: معنی دار در سطح ۵ درصد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]



شکل ۳: روند تغییرات سرعت رشد محصول سویا تحت اثر فاکتورهای آزمایشی (پیکان‌ها نشان دهنده زمان‌های محلول‌پاشی متانول می‌باشد).

طبق گزارشات Hemming و Criddle (۱۹۹۵) مقدار کافی CO_2 که از طریق محلول‌پاشی متانول ایجاد می‌شود سبب تغییر مسیر تنفس نوری از کاتابولیسم به سمت آنابولیسم می شود و می‌تواند سرعت رشد محصول را افزایش دهد.

عملکرد دانه

تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی به‌دست آمد. اثر محلول‌پاشی متانول بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۴) و بیش‌ترین عملکرد دانه از اثر محلول‌پاشی با ۲۱ درصد حجمی متانول به‌دست آمد (جدول ۵). در شرایط آبیاری کامل میزان فتوسنتز و تولید مواد پرورده افزایش یافت و در نتیجه از طریق افزایش سرعت پر شدن دانه، وزن دانه و در نهایت عملکرد آن افزایش یافت. این روند تحت شرایط تنش آبی دچار اختلال شده و نتیجه آن کاهش عملکرد بود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]

جدول۴: نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتوهای آزمایشی بر برخی صفات سویا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن خشک برگ	عملکرد دانه	سطح برگ	وزن خشک کل
تکرار	۲	۰/۰۱۸	۹۲۱۲۵/۶	۵۹۴/۲۱	۰/۰۶۱
تنش	۲	۰/۰۳۹^{ns}	۱۹۷۴۵۸۳/۴**	۱۲۷۰/۳۸^{ns}	۰/۰۸۱*
خطای a	۴	۰/۰۲۴	۳۶۵۱۲۱/۳	۹۴۵/۳۹	۰/۰۵۸
متانول	۳	۰/۰۴۲*	۴۷۶۹۸۱/۸**	۷۲۲/۶۴*	۰/۱۵*
تنش رطوبتی×متانول	۶	۰/۰۲۴*	۲۸۹۶۴/۷*	۱۰۱۳/۹۱*	۰/۱۰^{ns}
خطای b	۱۸	۰/۰۱۳	۸۹۳۵۸/۴	۵۹۴/۲۳	۰/۰۶۶
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۲/۸۹	۱۷/۸۶	۱۲/۰۲	۱۱/۸۹

ns: غیر معنی‌دار **: معنی دار در سطح ۱درصد. *: معنی دار در سطح ۵ درصد.

در این بین مصرف متانول اثر مثبت داشته و عملکرد دانه را به طور معنی داری افزایش داد چرا که گیاهان می توانند متانول محلول‌پاشی شده بر روی برگ ها را به راحتی جذب کرده و آن را به عنوان منبع کربنی اضافه بر کربن اتمسفر مورد استفاده قرار دهند. افزایش عملکرد دانه در اثر مصرف متانول در بسیاری از گیاهان گزارش شده است (صفرزاده ویشگاهی ۱۳۸۶، نادعلی و همکاران ۱۳۸۹).

جدول ۵: نتایج تجزیه واریانس تأثیر فاکتورهای آزمایشی بر برخی صفات سویا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		پرولین	قندهای محلول	پراکسید هیدروژن	RWC
تکرار	۲	۲۵/۱۶	۶۴/۱۲	۷/۱۸	۰/۰۶۱
تنش	۲	۱۳۸/۱۹**	۱۷۵۸/۰۹**	۱۰/۹۷**	۵۰۶/۹۶**
خطای a	۴	۲/۲۱	۸۵/۲۳	۱/۴۰	۲۵/۸۰
متانول	۳	۲۰/۲۲**	۸۰/۳۲**	۱۲/۹۵**	۹۰/۹۰**
تنش رطوبتی×متانول	۶	۶/۶۰**	۷۶/۶۳*	۳/۳۳**	۳۷/۲۹**
خطای b	۱۸	۱/۳۵	۴۷/۱۸	۱/۰۶	۱۹/۶۶
ضریب تغییرات (٪)	-	۶/۹۱	۵/۱۹	۶/۶۴	۳/۴۵

ns: غیر معنی دار **: معنی دار در سطح ۱ درصد *: معنی دار در سطح ۵ درصد.

نرخ جذب خالص

با تغییر در سطوح هر کدام از فاکتورهای آزمایشی، تغییرات این شاخص رشدی نسبت به شاخص‌های رشدی دیگر از

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]

تنوع پاسخ بیش‌تری برخوردار بود. به‌طورکلی بر خلاف دو سطح بدون تنش و تنش ملایم، در شرایط تنش شدید برای سویا حتی در مراحل اولیه رشد تغییرات اندکی در نرخ جذب خالص مشاهده گردید. در شرایط عدم محلول پاشی متانول در ابتدای فصل رشد، بالاترین مقدار جذب خالص برای شرایط بدون تنش با مقدار ۲/۳ گرم بر متر مربع بر روز ثبت شد. و کم‌ترین نرخ جذب خالص در این سطح متانول، در شرایط تنش شدید رطوبتی با مقدار ۰/۱۶ مشاهده شد (شکل۵). در این تیمار، نرخ جذب خالص در روزهای ابتدایی فصل رشد (۲۵ روز پس از کاشت) به بالاترین مقدار خود رسید (۰/۲ گرم بر متر مربع در روز). در شرایط محلول پاشی متانول ۷ درصد، این سطح تنش ملایم بود که با نرخ جذب خالص ۲/۵ گرم بر متر مربع بر روز، بالاترین مقدار این شاخص را نشان داد و پس از آن شرایط عدم تنش با مقدار ۱/۷ گرم بر متر مربع بر روز قرار داشت. در این تیمار محلول‌پاشی، مقدار جذب خالص در شرایط تنش شدید رطوبتی، افزایش نسبی نشان داد و به ۰/۲۲ گرم بر متر مربع بر روز در ابتدای رشد سویا رسید. هر چند در دو سطح عدم محلول پاشی و محلول پاشی متانول ۷ درصد در اواخر فصل رشد نرخ جذب خالص منفی شد، اما این حالت برای تیمارهای محلول پاشی متانول ۱۴ و ۲۱ درصد مشاهده نگردید. سرعت آسیمیلاسیون خالص (NAR)، مواد معدنی جذب شده در گیاهان را نیز نشان می دهد (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷). Field و همکاران (۲۰۰۱) مشاهد کردند متانول با افزایش آنتوسیانین‌ها سبب جذب عناصر معدنی می-شود، بنابراین با بررسی سرعت آسیمیلاسیون خالص می‌توان میزان جذب مواد معدنی را در گیاه تشخیص داد. بنابراین می‌توان گفت گیاهان تیمار شده با متانول به‌نسبت شاهد جذب عناصرمعدنی بیش‌تری داشتند.

میزان آب نسبی (RWC)

آنالیز واریانس نشاندهنده اثر معنی دار متانول در شرایط تنش رطوبتی بر میزان آب نسبی در سطح احتمال خطای ۱ درصد بود (جدول ۵). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار آب نسبی در شرایط بدون تنش رطوبتی با کاربرد حجمی متانول ۲۱ درصد مشاهده شد و در شرایط تنش ملایم و تنش شدید با افزایش کاربرد حجمی متانول از ۷ به ۱۴ درصد مقدار آب نسبی بیشتر در گیاه حفظ شد و با کاربرد بیشتر متانول این مقدار تغییری نکرد (جدول ۶). یکی از مهم-ترین تغییرات ناشی از تنش خشکی در گیاهان زراعی، کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ می‌باشد. در واقع این شاخص توانمندی گیاهان را در تحمل به تنش خشکی نیز نشان می‌دهد. در شرایط تنش خشکی میزان هدایت روزنه‌ای به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Yordanov *et al.*, 2001). به نظر می‌رسد که احتمالاً با شدت تنش خشکی هدایت‌روزنه‌ای کاهش یافته و قدرت تثبیت کربن نیز کاهش یافته باشد و به‌نظر می‌رسد که با محدود شدن هدایت روزنه‌ای مقادیر بیش‌تر متانول بی اثر بوده است هر چند که مشخص شده است که متانول باعث افزایش هدایت روزنه‌ای، نیز می‌شود (Makhdum *et al.*, 2002). اما در این تحقیق به نظر می‌رسد مقادیر مشخصی از متانول توانسته بر هدایت روزنه‌ای

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

[DOR: 20.1001.1.20084403.1396.9.34.6.3]

موثر باشد. Mirakhori و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که با افزایش درصد متانول محلول‌پاشی شده تا ۲۱ درصد حجمی، محتوای رطوبت نسبی در گیاه سویا تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد، ولی در مقادیر بالاتر متانول (۲۸ و ۳۵ درصد حجمی)، محتوای رطوبت نسبی حتی کم‌تر از تیمار عدم محلول‌پاشی شده است. صفرزاده (۱۳۸۶) نیز در بادام-زمینی نتایج مشابهی به‌دست آوردند.

پرولین

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر متانول در تنش رطوبتی بر میزان پرولین در سطح احتمال خطای ۱ درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که متانول در شرایط تنش ملایم بر هر دو صفت معنی‌دار است اما متانول در شرایط تنش شدید بر پرولین معنی‌دار نیست (جدول ۵). در شرایط تنش ملایم کاربرد بیش‌تر متانول موثرتر بود ولی در شرایط تنش شدید با کاربرد ۱۴درصد متانول افزایش بیش‌تری در کارایی پرولین مشاهده شد و با کاربرد متانول بیش‌تر در این شرایط کارایی عملکرد پرولین کم‌تر شد (جدول ۶). متانول محلول‌پاشی شده بر روی برگ توسط آنزیم متانول‌اکسیداز و با از دست دادن $2\ H^+$ به فرمات (متانوئیک اسید) تبدیل می‌شود. فرمات در مرحله بعد و توسط آنزیم فرمات دهیدروژناز تبدیل به CO_2 و H^+می‌شود (Nonomura and Benson, 1992) از طرف دیگر گزارش شده آنزیم پیرولین-۵ کربوکسیلات سنتتاز (P5CS) در شرایط اسیدی بیش‌ترین فعالیت را دارد (Yordanov *et al*., 2003). به‌نظر می‌رسد متانول با کاهش PH در گیاه منجر به افزایش فعالیت آنزیم پیرولین ۵کربوکسیلات سنتتاز شده و در نهایت تجمع پرولین در برگ را خواهیم داشت. پرولین علاوه بر شرکت در تنظیم اسمزی، نقش‌های مهمی مانند حفاظت از سیستم‌های غشایی سلول، سمیت زدایی (Puritch and Barker, 1967) و تنظیم اسیدیته سیتوزول را نیز بر عهده دارد (Hare *et al*., 1998).

قندهای محلول

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر هر کدام از فاکتورهای آزمایشی (تنش رطوبتی و متانول) بر میزان قندهای محلول برگ سویا معنی‌دار می‌باشد (جدول ۵). هر چهار سطح متانول کاربردی در هر سه سطح تنش رطوبتی اثر معنی‌داری بر میزان قندهای محلول برگ سویا داشت و میانگین‌های آن ها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند. تنها بین دو سطح کاربرد متانول ۲۱ درصد و ۱۴ درصد در تنش ملایم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۶). از جمله دلایل اثرگذاری متانول بر مقدار قندهای محلول برگ این است که به نظر می‌رسد متانول از طریق تحت اثر قرار دادن متابولیسم گیاه سبب افزایش میزان قند می شود. هم‌چنین متانول به سرعت به فرم آلدئید اکسیده شده و سپس تبدیل به فروکتوز ۶ فسفات می‌شود، این ترکیب نیز به ساکارز تبدیل می‌گردد و سبب افزایش میزان قند در گیاه می شود. متانول هم‌چنین از طریق اثر گذاشتن روی گروه متیل‌پکتین میزان قند را در گیاه تحت اثر قرار می دهد. افزایش میزان

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]

کربوهیدرات‌ها در شرایط تنش می‌تواند به‌عنوان یک سیگنال متابولیکی به تنش خشکی و شوری عمل نماید و در بروز پاسخ‌های دفاعی نقش داشته باشد (Ramirez *et al*., 2006). محلول‌پاشی متانول باعث افزایش غلظت CO_2 شده که می‌تواند میزان تثبیت CO_2 را در گیاه افزایش دهد. متانول با متابولیزه شدن سریع به دی‌اکسیدکربن و با افزایش CO_2 منجر به روند کربوکسیلاسیون بیش‌تر و اکسیژناسیون کم‌تر در گیاه می‌شود. بنابراین با افزایش فتوسنتز در اثر کاربرد متانول، میزان قندهای محلول برگی افزایش می‌یابد (Zbiec *et al*., 2003).

جدول ۶: مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی متانول تحت تنش خشکی بر برخی صفات سویا

تنش رطوبتی	متانول (درصد)	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)	مقدار آب نسبی (٪)	قندهای محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر)	پراکسیدهیدروژن (میکرومول بر گرم وزن تر)
بدون تنش	۰	۱/۳^{b}	۸۰/۸^{c}	۲۱/۷۳^{c}	۳/۴^{a}
	۷	۱/۶^{b}	۸۲/۸^{b}	۲۸/۵۳^{b}	۰/۳^{b}
	۱۴	۱/۸^{ab}	۸۳/۸^{b}	۲۹/۹۳^{b}	۲/۸^{b}
	۲۱	۲/۲^{a}	۸۷/۸^{a}	۳۳/۴۳^{a}	۲/۷^{b}
تنش ملایم	۰	۲/۳^{c}	۷۵/۶^{c}	۳۱/۰۳^{c}	۴/۳^{a}
	۷	۳/۲^{b}	۷۸/۱^{b}	۳۷/۶۳^{b}	۳/۳^{b}
	۱۴	۳/۴^{b}	۸۰/۱^{a}	۴۱/۰۱^{a}	۳/۵^{b}
	۲۱	۴/۱^{a}	۷۹/۴^{ab}	۴۱/۵۶^{a}	۲/۸c
تنش شدید	۰	۴/۳^{c}	۷۳/۵^{b}	۳۶/۳۳^{c}	۵/۹^{a}
	۷	۶/۳^{b}	۷۳/۹^{b}	۴۴/۰۱^{bc}	۴/۳^{b}
	۱۴	۷/۳^{a}	۷۶/۳^{a}	۵۲/۹۳^{a}	۳/۸^{c}
	۲۱	۷/۷^{a}	۷۴/۹^{ab}	۴۸/۶۳^{b}	۳/۳^{d}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون برای هر سطح تنش خشکی، اختلاف معنی‌داری با یک‌دیگر ندارند.

پراکسید هیدروژن

اثر متانول در شرایط تنش رطوبتی بر تولید پراکسیدهیدروژن در سطح احتمال خطای ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بر طبق جدول مقایسه میانگین (جدول ۶) تولید پراکسیدهیدروژن بدون کاربرد متانول در بیش‌ترین مقدار است. در شرایط تنش ملایم و تنش شدید با کاربرد بیش‌ترین مقدار از سطح متانول ۲۱ درصد مقدار تولید پراکسیدهیدروژن به کم-ترین میزان رسید. به‌نظر می‌رسد که متانول کارایی مثبتی در شرایط تنش خشکی بر کاهش تولید پراکسیدهیدروژن که در واقع به تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در قسمت‌های مختلف گیاه منجر می‌شود داشته است. این احتمال وجود دارد که در شرایط تنش خشکی و عدم کاربرد متانول محدودیت دی‌اکسیدکربن (CO_2) بیش‌تر شده باشد. بنابراین می‌توان گفت که با کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن کلروپلاستی، تنفس نوری افزایش یافته و در نتیجه تولید پراکسیدهیدروژن نیز افزایش یافته است (Yordanov *et al*., 2003). در این شرایط گیاهان برای جلوگیری از مسیر چرخه الکترون کلروپلاستی گیاهان عالی مسیر تنفس نوری را با تولید مجدد $NADP^{+}$ به راه انداخته (Shao *et al*., 2008)، به‌همین دلیل به‌نظر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]

می‌رسد که با کاربرد متانول تثبیت دی‌اکسیدکربن صورت گرفته و با تولید مجدد $NADP^+$ توسط سیکل کالوین چرخه فتوسنتزی ادامه یافته و تولید پراکسید هیدروژن کاهش یافته است. از طرف دیگر تولید پراکسید هیدروژن در گیاه سبب فعال شدن بعضی متابولیت‌های گیاهی و یا هورمون‌ها و آنزیم‌ها می‌شود (Shao *et al*., 2008). که می‌تواند به‌صورت مانعی برای تولید اکسیژن‌های رادیکال آزاد و جلوگیری از آسیب‌های سلولی باشد که به پایداری گیاه در شرایط تنش کمک کند. نظر به **اثر**گذاری متانول بر رشد گیاهان زراعی سه کربنه از جمله سویا و هم‌چنین اثرات جانبی این ماده در کنترل برخی از آفات و بیماری‌های قارچی، می‌توان از این ماده به‌عنوان یک ماده جایگزین سموم استفاده نمود.

نتیجه گیری

نتایج آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی متانول، مقدار عملکرد دانه، سرعت رشد محصول، تجمع ماده خشک، پرولین، قندهای محلول، رطوبت نسبی و پراکسیدهیدروژن را تحت **اثر** قرار داد. از نتایج تحقیق نتیجه‌گیری می‌شود که به‌عنوان یک منبع کربن در افزایش مقاومت گیاه و بالا بردن توانایی گیاه در تولید می‌تواند از متانول استفاده شود. در این مطالعه مشخص شد که هر بار محلول‌پاشی متانول در شرایط تنش خشکی بر اکثر صفات **اثر**گذار بود و ویژگی‌های کمی را تحت اثر قرار داد. درکل استفاده از متانول به‌عنوان یک ماده‌ی ضدتنشی می‌تواند مفید باشد.

منابع

حسین زاده، س.، سلیمی، ا.، گنجعلی، ع. و احمدپور، ر. ۱۳۹۲. تأثیر محلول پاشی متانول بر ویژگی‌های فتوسنتزی، فلورسانس کلروفیل و محتوای کلروفیل نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش خشکی. زیست شناسی گیاهی ایران جلد ۵ شماره ۱۸، ص ۱۳۲-۱۱۵.

حسین زاده، س.، سلیمی، ا. و گنجعلی، ع. ۱۳۹۲. تأثیر کاربرد متانول بر برخی خصوصیات مرتبط با رشد ریشه نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش خشکی. فیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد ۵ شماره ۱۷، ص ۱۶-۵.

حسینی، پ.، رحیمیان مشهدی، ح. و علیزاده. ح. ۱۳۹۰. بررسی رقابت علف هرز تاج خروس ریشه قرمز در کشت خالص و مخلوط دو رقم سویا ۱- عملکرد سویا و شاخص های رشد تاج خروس. مجله دانش علف های هرز، جلد ۷، ص ۱۳-۲۴.

ساجدی مقدم، س.، مهرآفرین، ع.، نقدی بادی، ح.، پازکی، ع.، و قوامی، ن، ۱۳۹۱. ارزیابی عملکرد فیتوشیمیایی گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) تحت محلول پاشی هیدروالکل‌ها. فصلنامه گیاهان دارویی، سال ۱۱، جلد ۴ شماره ۴۴، ص ۱۴۰-۱۳۰.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]

صفرزاده و یشکایی، م.ن. ۱۳۸۶. اثر متانول بر رشد و عملکرد بادام زمینی، (رساله دکتری)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران. ۲۳۶۶ صفحه.

عیسی‌زاده، ج.، خرابسی، پ.، گلوی، م. و رمرودی، م. ۱۳۹۴. اثر محلول‌پاشی متانول بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی سویا تحت تنش خشکی. به زراعی کشاورزی، جلد ۴ شماره ۱۷، ص ۱۰۸۵-۱۰۷۵.

قلی پور، س.، عبادی، ع. و پرمون، ق. ۱۳۹۵. بررسی اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد مواد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ های مختلف گندم نان. فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۸ شماره ۳۱، ص ۱۲۸-۱۱۱.

کوچکی، ع.، راشد محصل، م. نصیری محلاتی، م. و صدرآبادی، ر.۱۳۶۷. مبانی فیزیولوژیک رشد و نمو گیاهان زراعی، بنیاد فرهنگی رضوی. مشهد.

میرآخوری، م.، پاک نژاد، ف.، اردکانی، م.، مرادی، ف.، ناظری، پ. و نصری، م. ۱۳۸۹. اثر محلول پاشی متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max* L.). نشریه بوم شناسی کشاورزی، جلد ۲، ص ۲۴۴-۲۳۶.

میرآخوری، م.، پاک نژاد، ف.، مرادی، ف.، اردکانی، م.، ناظری، پ. و پورجهرمی، م. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر تنش کم آبی و محلول پاشی متانول بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل، محتوای آب نسبی سلول و محتوای کلروفیل برگ سویا (*Glycine max* L. var. L17). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۸، ص ۵۴۱-۵۳۱.

نادعلی، ا.، پاک نژاد، ف.، مرادی، ف.، وزان، س. و پازکی، ع، ۱۳۸۹. اثر محلول پاشی متانول بر عملکرد و صفات کیفی چغندرقند. مجله زراعت و اصلاح نباتات، جلد ۶ شماره ۱، ص ۹۷-۸۹.

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. Phytochemistry, 65: 2305-2316.

Field, T.S., Lee, D. W. and. Holbrook, N. M. 2001. Why leaves turn red in autumn. The role of anthocyanins in senescing leaves of re-osier dogwood. Plant Physiol, 127: 566-574.

Gardner, F.P. and Auma, E. O. 1988. Canopy structure, light interception. Yield and market quality of peanut genotypes as influenced by planting pattern and planting date. Field Crop Res., 20: 13-29.

Gerik, T. J. and Faver, K.L. 1994. Methanol effects on cotton growth and photosynthesis. In Proceedings of Beltwide Cotton Conference, 1: 1328.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]

Heins, R. 1980. Inhibition of ethylene synthesis and senescence in carnation by ethanol. J. Am. Soc. Hort. Sci, 105(1): 141-144.

Hemming, D. and Criddle, R. 1995. Effects of methanol on plant respiration. J. Plant Physiol, 146: 193-198.

Lee, E.H. and Rowland, R. A. 1994. Field studies of agrimethanol on photosynthesis and yield of snapbean cv. Top Crop. In Proc. Plant Growth Regulation Society of America,22: 28.

Lee, H.S., Madhaiyan, M., Kim, C.W., Choi, S. J. and Chung, K. Y . 2006. Physiological enhancement of early growth of rice seedling (*Oryza sativa* L.) by production of phytohormone of N2-fixing methylotrophic isolated. Bio. Fertil. Soils. 42: 402-408.

Nonomura, A.M. and Beson, A.A. 1992. The path to carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A, 89: 9794-9798.

Paknejad F., Majidi heravan, E., Noormohammadi, Q., Siadat, A., and Vazan, S.2007.

Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. American Journal of Biochemistry and Biotechnology 5(4): 162-169.

Theodoridou, A., Dornemann, D. and Kotzabasis, K. 2002. Light‐dependent induction of strongly increased microalgal growth methanol. Biochim. Biophys. Acta, 1573: 189-198.

Ramberg, H. A., Bradley, J. S. C., Olson, J. S. C., Nishio, J. N. Markwell, J. and Osterman, J. C. 2002. The role of methanol in promoting plant growth: An update. Rev. Plant Biochem. Biotechnol, 1: 113-126.

Ramirez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A. and Pen a Cortes, H. 2006. Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of *Arabidopsis*, tobacco and tomato plants. J. Plant Growth Regul, 25: 30-44.

Satler, S., Thimann, K. 1980. The influence of aplophatic alcohols on leaf senescence. Plant Physiol, 66: 395-399.

Saltveit, M. 1989. Effect of alcohols and their interaction with ethylene on the ripening of epidermal pericarp discs of tomato fruit. Plant Physiol, 90: 167-174.

Zbiec, I. I., Karczmarczyk, S. and Koszanski, Z. 1999. Influence of methanol on some cultivated plants. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis. Agricultura. 73: 217-220.

Zbiec, L., S. Karczmarczyk and C. Podsiadlo. 2003. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Elec. J. Polish Agri. Univer., Agronomy. 6 (1): 1-7.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]

Zeinab, Y., Mahdi, A. and Esmaeil, S. 2015. Effects of foliar and root applications of hydro-alcoholic solutions on physiological and biochemical attributes and fruit yield and weight of strawberry. Journal of Plant Physiology and Breeding, 5 (1): 47-54.

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

[DOR: 20.1001.1.2008403.1396.9.34.6.3]