مجله زارعت و اصلاح نباتات
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱
صفحات ۱۲۵-۱۱۵

تاثیر محلول پاشی متانول بر عملکرد و اجزاء عملکرد آفتابگردان (رقم آذرگل) تحت شرایط مختلف رطوبتی

Effect of Methanol Spraying on Yield and Yield Components of Sunflower (*Helianthus annuss* L. *Azargol hybrid*) Under Different Moisture Conditions

مجید اسفینی فراهانی*[۱]، فرزاد پاک نژاد[۲]، علی کاشانی[۲]، محمد رضا اردکانی[۲]، مجید بختیاری مقدم[۱]، مهدی رضایی[۱]

چکیده

تحقیقات سال‌های اخیر نشان داده‌اند که متانول به عنوان یک منبع کربن برای گیاهان سه کربنه سبب افزایش عملکرد و رشد آنها می‌شود. به منظور بررسی تاثیر محلول پاشی متانول بر عملکرد و اجزاء عملکرد آفتابگردان (رقم آذرگل) تحت شرایط رطوبتی مختلف، آزمایشی به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در اردیبهشت سال ۱۳۸۹ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج به اجراء در آمد. فاکتور اول شامل آبیاری با دو سطح (آبیاری پس از ۴۰% تخلیه رطوبتی خاک (آبیاری نرمال) و آبیاری پس از ۷۰% تخلیه رطوبتی خاک (تنش خشکی)، فاکتور دوم زمان محلول پاشی با ۲ سطح (صبح و عصر) و فاکتور سوم محلول پاشی غلظت‌های مختلف متانول با ۴ سطح (۱۴، ۲۱ و ۲۸ درصد حجمی متانول) بود و تیمار شاهد که فقط آب محلول پاشی شد، که فاکتور اول و دوم به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و فاکتور سوم به صورت اسپلیت پلات در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. صفات مورد اندازه گیری شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق، تعداد دانه پوک در طبق و شاخص برداشت بود. در این آزمایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق و تعداد دانه پوک در طبق در سطح احتمال ۱% و شاخص برداشت در سطح احتمال ۵% اختلاف معنی داری را از خود نشان دادند. تیمار آبیاری نرمال با میانگین ۳۵۲۷/۹ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار تنش خشکی ۳۶% افزایش عملکرد دانه را نشان داد. همچنین تیمار غلظت ۲۱% حجمی متانول با میانگین ۳۰۹۹/۷ کیلوگرم در هکتار باعث ۱۲%افزایش نسبت به تیمار شاهد شد. بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار آبیاری نرمال، محلول پاشی عصر و با غلظت ۲۱% حجمی متانول با میانگین ۴۰۹۵/۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۲۳% نسبت به شاهد شد. همچنین کمترین میزان عملکرد دانه در تیمار تنش خشکی، محلول پاشی صبح و محلول پاشی غلظت ۰% حجمی متانول با میانگین ۱۸۶۳/۷۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، متانول، آبیاری، زمان محلول پاشی، غلظت متانول

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، باشگاه پژوهشگران جوان، کرج، ایران
۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت، کرج، ایران.
* نویسنده مسئول: Email: Biomsf@Yahoo.com

مقدمه

خشکی یکی از پر اهمیت ترین عوامل محدود کننده ی محصولات گیاهی در مناطق خشک می‌باشد (نور جو و همکاران، ۱۳۸۵). به نظر می‌رسد کاهش فتوسنتز تحت شرایط تنش خشکی با اختلال در فعالیت‌های بیوشیمیایی مرتبط است (صفرزاده ویشگاهی، ۱۳۷۸). فعالیت‌های شیمیایی فتوسیستم ۲ به شدت به وسیله ی تنش خشکی تاثیر می‌پذیرد (نادعلی و همکاران، ۱۳۸۹). تنش خشکی بر هم زننده ی تعادل از طریق اختلال در فرایندهای فیزیولوژیک و بیولوژیک در گیاه می‌باشد (Ober, 2001). تحت شرایط تنش خشکی به علت تغییر در واکنش‌های بیوشیمیایی، رشد در گیاه کاهش می‌یابد. موران و همکاران (Moran et al., 1994) گزارش کردند که عملکرد سویا به شدت به دلیل تنش خشکی در طول دوره ی تشکیل دانه در غلاف تاثیر می‌پذیرد. تحت شرایط تنش، علاوه بر محدودیت فرایندهای نوری، ورود دی اکسید کربن نیز کم شده و انتقال الکترون در اثر محدودیت دی اکسید کربن کاهش یافته و قدرت آسیمیلاسیون نیز محدود می‌شود (Boyer et al., 1987). همچنین میر آخوری و همکاران (Mirakhori et al., 2009) گزارش کردند که تنش خشکی دارای اثر معنی داری بر عملکرد دانه در گیاه سویا بود. به نظر می‌رسد اثر متانول بر افزایش رشد گیاهان سه کربنه ناشی از کاهش تنفس نوری آنها باشد، زیرا در شرایط مزرعه زمانی که دمای هوا و شدت نور زیاد بود، تنفس نوری زیاد شده و در نتیجه محلول پاشی متانول رشد گیاهان را افزایش داد (Nonomura and Benson, 1992; Fall and Benson, 1996). نادعلی و همکاران (۱۳۸۹) نیز گزارش کردند که اثر متانول بر عملکرد ریشه، عملکرد برگ، عملکرد شکر سفید، درصد قند، نیتروژن مضره و درصد قند قابل استحصال تفاوت معنی داری از خود نشان داد. تفاوت آشکاری که بین گیاهان ۳ کربنه با گیاهان ۴ کربنه طی آسیمیلاسیون متانول مشاهده می‌شود، باز داشتن تنفس نوری در گیاهان سه کربنه می‌باشد (Nonomura and Benson, 1992). علاوه بر این نانومیورا و بنسون (Nonomura and Benson, 1992) اظهار داشتند که گلیسین تولید شده طی تنفس نوری، برای آسیمیلاسیون متانول در گیاهان سه کربنه ضروری می‌باشد. به عبارت دیگر گیاهانی که تنفس نوری ندارند، نمی‌توانند متانول را آسیمیله نموده و در نتیجه پس از متانول پاشی بر روی آنها، از خود علائم مسمومیت نشان می‌دهند. در تحقیقات هرناندز و همکاران (Hernandez et al., 2000) نیز متانول باعث افزایش وزن تر و خشک ساقه و برگ در آفتابگردان شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به منظور بررسی تاثیر زمان محلول پاشی متانول و غلظت‌های مختلف متانول بر روی رشد و عملکرد آفتابگردان در شرایط مختلف رطوبتی، در سال زراعی ۱۳۸۹ در مزرعه آموزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج واقع در ماهدشت (واقع در ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه و ۵۰ ثانیه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه و ۴۱ ثانیه طول شرقی به ارتفاع ۱۱۷۳ متر از سطح دریا) انجام شد. آمار هواشناسی مورد نیاز بطور روزانه از ایستگاه سینوپتیک واقع در محمد آباد کرج دریافت گردید. آزمایش بصورت فاکتوریل اسپلیت پلات با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار به اجراء در آمد. فاکتور آبیاری با دو سطح (آبیاری پس از ۴۰% تخلیه رطوبتی خاک (آبیاری نرمال)و آبیاری پس از ۷۰% تخلیه رطوبتی خاک (تنش خشکی)) و فاکتور زمان در دو سطح (صبح و عصر) و فاکتور محلول پاشی متانول با ۴ سطح (صفر، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ درصد حجمی متانول) بود، که فاکتور اول و دوم به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و فاکتور سوم به صورت اسپلیت پلات در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. متانول مورد استفاده از شرکت پیشرو شیمی و بذر آفتابگردان از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال به میزان مورد نیاز تهیه شدندآبیاری به صورت نشتی اجرا و برای جلوگیری از نشت آب بین تیمارهای تنش ۲ خط بصورت نکاشت گذاشته و زمان آبیاری بوسیله بلوک گچی بر اساس تخلیه رطوبتی زمین مشخص شد.

بلوک‌ها قبلا مورد آزمایش واسنجی قرار گرفته و از منحنی تخلیه رطوبتی قابل دسترس که توسط پاک نژاد و همکاران (۱۳۸۶) در مزرعه دانشگاه بدست آمده بودند استفاده شد. در زمان قرائت اعداد ۸۰ و ۲۰ توسط دستگاه رطوبت سنج اقدام به آبیاری تیمارهای ذکر شده گردید. هر کرت شامل ۵ خط کاشت بطول ۶ متر، فاصله بین ردیف‌ها ۶۰ سانتی متر، فاصله بوته‌ها روی خط کاشت ۲۰ سانتی متر و تراکم در هر کرت ۸ بوته در متر مربع بود. در بهار نسبت به اجرای شخم سبک، دیسک و تسطیح و خط کشی اقدام گردید. کود نیتروژنه با توجه به آزمایش خاک در دو مرحله قبل از کاشت و مرحله قبل از گلدهی یا مرحله R5 (Schneiter and Miller, 1981) به کرت‌ها اضافه شد. اولین محلول پاشی در ۳۰ تیرماه و ۶۰ روز پس از کاشت، طبق آمار هواشناسی ۲۵ ساله با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتیگراد انجام شد.. به هر کدام از سطوح غلظت‌های متانول ۲ گرم در لیتر گلیسین اضافه شد. کرت‌های مربوط به تیمار شاهد نیز در هنگام محلول پاشی با آب و گلیسین اسپری شدند. گلیسین اضافه شده جهت جلوگیری از اثر سمیت متانول در حضور مستقیم نور خورشید استفاده شد. محلول‌ها ۳ بار طی فصل رشد گیاه و با فواصل ۱۴ روز یکبار روی گیاه اسپری شدند. زمان محلول پاشی صبح ساعت ۶ تا ۸ و عصر ساعت ۱۷ تا ۱۹ بود. محلول پاشی گیاه تا زمان جاری شدن قطره‌های محلول مورد استفاده از روی گیاه ادامه یافت. بذرهای آفتابگردان ضدعفونی شده و در تاریخ ۸۹/۲/۳۰ به صورت دستی کاشته شدند. گیاهان در تاریخ ۸۹/۷/۲ برداشت شدند. برای تعیین عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن هزار دانه، سطحی معادل ۷/۲ متر مربع برداشت شد و برای تعیین اجزای عملکرد ۵ گیاه از هر کرت انتخاب گردید و صفات مورد نظر روی آن‌ها بررسی شد. برای سنجش وزن هزار دانه از هر کرت ۵ دسته هزار تایی دانه جدا و پس از اندازه گیری با ترازوی دقیق، از آنها میانگین گرفته شد.

بررسی‌های آماری

برای تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده از این تحقیق، از نرم افزار SAS و روش آنالیز GLM استفاده شد. برای انجام مقایسات میانگین از آزمون چند دامنه‌ای LSD با ضریب احتمال ۵% و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد، اثر تیمار آبیاری بر عملکرد دانه آفتابگردان در سطح احتمال ۱% و اثر غلظت‌های مختلف محلول پاشی متانول، اثر متقابل زمان محلول پاشی و غلظت محلول پاشی متانول و اثر متقابل آبیاری، زمان محلول پاشی و غلظت محلول پاشی متانول در سطح احتمال ۵% اختلاف معنی داری از خود نشان داده‌اند. زمان محلول پاشی متانول بر عملکرد دانه اثر معنی داری نداشت. بالاترین میزان عملکرد دانه در کرت‌های با آبیاری نرمال با میانگین ۳۵۲۷/۹۰ کیلوگرم در هکتار و پایینترین میزان عملکرد دانه در کرت‌های با تنش خشکی با میانگین ۲۲۲۸/۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۲). همچنین بالاترین میزان عملکرد دانه در کرت‌های محلول پاشی شده با غلظت ۲۱%، با میانگین ۳۰۹۹/۷ کیلوگرم در هکتار و پایینترین میزان عملکرد دانه در کرت‌های محلول پاشی شده با غلظت صفر، با میانگین ۲۷۰۳/۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۲). بالاترین میزان عملکرد دانه در کرت‌های با آبیاری نرمال و در زمان عصر با غلظت ۲۱% محلول پاشی شده، با میانگین ۴۰۹۵/۰۰ کیلوگرم در هکتار و پایینترین میزان عملکرد دانه در کرت‌های با تنش خشکی، در زمان صبح و با غلظت صفر محلول پاشی شده، با میانگین ۱۸۶۳/۷۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۳). در شرایط آبیاری نرمال به دلیل باز بودن روزنه‌ها امکان استفاده بهتر و بیشتر از متانول محلول پاشی شده وجود دارد، اما در شرایط تنش عکس این قضیه صادق است. از طرفی در شرایط نرمال گیاه از لحاظ میزان آب تامین است و دسترسی

بیشتری به CO_2 برای کاهش اثر تنفس نوری و افزایش توان تولید خود را دارد. در واقع افزایش در عملکرد دانه می‌تواند به دلیل افزایش در بیوماس، افزایش در تعداد دانه در طبق، کاهش در تعداد دانه پوک در طبق و افزایش در وزن هزار دانه گیاه باشد. میر آخوری و همکاران (Mirakhori et al., 2009) نیز گزارش کردند که تنش خشکی اثر معنی داری بر عملکرد دانه سویا داشت. روی برگ اکثر گیاهان باکتری‌های همزیست بنام باکتری‌های متیلوتروفیک زندگی می‌کنند که با استفاده از متانول تولیدی در گیاهان هورمون سیتوکنین و اکسین را برای افزایش رشد در اختیار آنها قرار می‌دهند (Safarzade Vishkaei, 2007; Lee et al., 2006). بر اساس گزارش نادعلی و همکاران (۱۳۸۹) محلول پاشی متانول بر عملکرد ریشه و شکر چغندرقند تاثیر معنی داری داشته و همچنین غلظت ۲۱ درصد حجمی متانول بیشترین عملکرد را داشته است. گزارش هایی نیز وجود دارد که نشان می‌دهد افزایش رشد و عملکرد گیاهان در اثر کاربرد متانول، ناشی از اثر متانول به عنوان یک بازدارنده ی تنفس نوری است (Boyer et al., 1987). مطابق با نتایج لی و همکاران (li et al., 1995) عملکرد دانه در گیاهان با متانول تیمار شده نسبت به گیاهان شاهد میزان بالاتری را دارا می‌باشد.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد، اثر تیمار آبیاری و اثر غلظت‌های مختلف محلول پاشی متانول بر عملکرد بیولوژیک آفتابگردان در سطح احتمال ۱% و اثر متقابل زمان محلول پاشی و غلظت محلول پاشی متانول و اثر متقابل آبیاری، زمان محلول پاشی و غلظت محلول پاشی متانول در سطح احتمال ۵% اختلاف معنی داری داشته است. در صورتی که تیمار زمان محلول پاشی متانول اثر معنی داری را از خود نشان نداد. بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک در کرت‌های با آبیاری نرمال و با میانگین ۷۶۴۵/۵ کیلوگرم در هکتار و پایینترین میزان عملکرد بیولوژیک در کرت‌های با تنش خشکی و با میانگین ۴۴۹۶/۹ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۲). همچنین بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک در کرت‌های محلول پاشی شده با غلظت ۲۱% متانول و با میانگین ۶۵۸۶/۳ کیلوگرم در هکتار و پایینترین میزان عملکرد بیولوژیک در کرت‌های محلول پاشی شده با غلظت صفر متانول و با میانگین ۵۴۲۰/۸ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۲). بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک متعلق به کرت هایی است که با آبیاری نرمال و در زمان عصر با غلظت ۲۱% متانول محلول پاشی شده و دارای میانگین ۸۷۲۰/۹۱ کیلوگرم در هکتار هستند. پایینترین میزان عملکرد بیولوژیک نیز متعلق به کرت هایی است که با تنش خشکی و در زمان عصر با غلظت صفر متانول محلول پاشی شده و دارای میانگین ۲۹۵۱/۵۵ کیلوگرم در هکتار هستند (جدول ۳). خیلی از محققین اعتقاد دارند که میزان استفاده ی گیاه از آب می‌تواند میزان رشد و توسعه‌ی گیاه را تعیین کند. ضمناً در تمامی مراحل رشدی ممکن است در شرایط نامطلوب دسترسی به آب، گیاه دچار خسارت شود.

(Brown et al., 1985; Daneshian and Zare, 2005; Daneshian and Jonobi, 2001)

متانول در مقایسه با مولکول CO_2 کوچکتر است و می‌تواند به راحتی توسط گیاهان سه کربنه برای افزایش عملکرد ماده خشک و به عنوان منبع کربن درون گیاه مورد استفاده قرار گیرد (Ramirez et al., 2006). کاربرد دوره‌ای و با فاصله زمانی معین متانول روی گیاه باعث می‌شود تا حدی سرعت متابولیکی تنفس گیاه حداقل برای مدت ۲ هفته افزایش یابد. بنابراین از آنجایی که سرعت رشد گیاهان به سرعت و راندمان تنفس آنها وابسته است (Hanson and Roje, 2001)، در نتیجه محلول پاشی متانول سرعت تنفس و راندمان تبدیل کربن حاصل از تنفس را افزایش می‌دهد؛

(Hemming and Criddle, 1995; Nemecek-Marshall et al., 1995; Fall and Benson, 1996)

و باعث افزایش در عملکرد بیولوژیک گیاه می‌شود. نتیجه بدست آمده با نتایج پاک نژاد و همکاران (Paknejad et al., 2009) و میرآخوری و همکاران (Mirakhori et al., 2009) که اعلام کردند متانول ۲۱% باعث افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود

مطابقت دارد. همچنین صفرزاده ویشگاهی (۱۳۸۷) و لی و همکاران (Li et al., 1995) عنوان کردند محلول پاشی متانول روی بادام زمینی و سویا موجب افزایش عملکرد دانه شد، که این خود تاثیر مستقیم بر روی عملکرد بیولوژیک دارد. در تحقیقاتی نیز آمده است که در نتیجه ی محلول پاشی متانول رشد گیاهانی نظیر گندم، نخود، بادام زمینی و گوجه افزایش پیدا کرد.

(McGiffen and Manthey, 1996; Ramberg et al., 2002; Ramirez et al., 2006; Safarzade Vishkaei, 2007)

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد، اثر تیمار آبیاری و اثر غلظت‌های مختلف محلول پاشی متانول بر وزن هزار دانه آفتابگردان در سطح احتمال ۱% اختلاف معنی داری داشته است. ولی زمان محلول پاشی متانول و اثرات متقابل تاثیر معنی داری را بر وزن هزار دانه نشان نداد. بالاترین میزان وزن هزار دانه در کرت‌های با آبیاری نرمال با میانگین ۵۰/۴۸ گرم و پایینترین میزان وزن هزار دانه در کرت‌های با تنش شدید با میانگین ۴۸/۱۲ گرم بدست آمد (جدول ۲). همچنین بالاترین میزان وزن هزار دانه در کرت‌های محلول پاشی شده با غلظت ۱۴% با میانگین ۵۳/۷۷ گرم و پایینترین میزان وزن هزار دانه در کرت‌های محلول پاشی شده با غلظت ۲۸% با میانگین ۴۴/۶۴ گرم بدست آمد (جدول ۲). شاید بتوان علت کمبود وزن هزار دانه را با توجه به اینکه مواد غذایی از طریق برگ نیز به دانه منتقل می‌شود و اثرات بازدارندگی متانول به غلظت متانول و مدت زمان قرار گیری متانول روی گیاه بستگی دارد، توجیح کرد. از طرفی به دلیل محلول پاشی با غلظت‌های بالا به برگ گیاه آسیب وارد شده و مواد غذایی لازم به دانه‌ها نرسیده و وزن دانه‌ها کاهش یافته است. این نتایج با نتایج پاک نژاد و همکاران (Paknejad et al., 2009)، میرآخوری و همکاران (Mirakhori et al., 2009)، لی و همکاران (li et al., 1995) و مادهیان و همکاران (Madhaiyan et al., 2006)، که بیان کردند کاربرد متانول موجب افزایش وزن هزار دانه سویا شده و ضمنا با نتایج صفرزاده ویشکایی (Safarzade Vishkaei, 2007) که وی نیز افزایش وزن هزار دانه بادام زمینی در اثر کاربرد متانول را گزارش کرده است مطابقت ندارد. طبق نتایج همینگ و کریدل (Hemming and Criddle, 1995) زمانی که بافت برگ با غلظت‌های بالاتر از ۳۰ درصد حجمی متانول تیمار می‌شود، مواد سمی در برگ به وجود می‌آید. علاوه بر این غلظت‌های بالاتر از ۳۰ درصد حجمی متانول، غشاء سلولی را تخریب کرده به ویژه در زمان تنش خشکی و در این حالت غشاء سلولی همانند حالتی که کلروفیل از بافت زنده و یا بافت مرده برگ به وسیله متانول استخراج می‌شود در می‌آید. مطابق با نتایج لی و همکاران (li et al., 1995) وزن هزار دانه در گیاهان با متانول تیمار شده نسبت به گیاهان شاهد میزان بالاتری را دارا می‌باشد.

تعداد دانه در طبق

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد، اثر تیمار آبیاری و اثر غلظت‌های مختلف محلول پاشی متانول بر میانگین تعداد دانه در طبق آفتابگردان در سطح احتمال ۱%، اثر متقابل تیمار آبیاری و غلظت‌های مختلف متانول و اثر متقابل تیمار آبیاری، زمان محلول پاشی و غلظت‌های مختلف محلول پاشی متانول بر میانگین تعداد دانه در طبق آفتابگردان، در سطح احتمال ۵% اختلاف معنی داری داشته است، ولی زمان محلول پاشی متانول تاثیر معنی داری را بر تعداد دانه در طبق نشان نداد. بالاترین تعداد دانه در طبق در کرت‌های با آبیاری نرمال با میانگین ۹۷۱/۳۱ و پایینترین تعداد دانه در طبق در کرت‌های با تنش شدید با میانگین ۴۳۳/۲۵ بدست آمد (جدول ۲). همچنین بالاترین تعداد دانه در طبق در کرت‌های محلول پاشی شده با غلظت ۲۱% با میانگین ۷۵۸/۷۲ و پایینترین تعداد دانه در طبق در کرت‌های محلول پاشی شده با غلظت صفر با میانگین ۶۶۳/۴۴ بدست آمد (جدول ۲). بالاترین تعداد دانه در طبق در کرت‌های با آبیاری نرمال که در زمان عصر با غلظت ۲۱%

متانول محلول پاشی شدند با میانگین ۱۰۷۲/۴۹ دانه در طبق و پایینترین تعداد دانه در طبق در کرت‌های با تنش خشکی که در زمان عصر با غلظت صفر متانول محلول پاشی شدند با میانگین ۳۳۷/۴۳ دانه در طبق بدست آمد (جدول ۳). افزایش در تعداد دانه در طبق را می‌توان به دلیل افزایش در عملکرد بیولوژیک و دسترسی بیشتر به CO_2 دانست. مطابق با نتایج لی و همکاران (li et al., 1995) تعداد دانه در غلاف در گیاهان سویا که با متانول تیمار شده بودند نسبت به گیاهان شاهد میزان بالاتری را دارا می‌باشد.

تعداد دانه پوک در طبق

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد، اثر تیمار آبیاری و اثر غلظت‌های مختلف محلول پاشی متانول بر میانگین تعداد دانه پوک در طبق آفتابگردان در سطح احتمال ۱%، و اثر متقابل آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول پاشی متانول بر میانگین تعداد دانه پوک در طبق آفتابگردان در سطح احتمال ۵% اختلاف معنی داری داشته است. در صورتی که زمان‌های مختلف محلول پاشی متانول تاثیر معنی داری را بر تعداد دانه پوک در طبق نداشت. بالاترین تعداد دانه پوک در طبق در کرت‌های با آبیاری نرمال با میانگین ۳۴۷/۰۰ و پایینترین تعداد دانه پوک در طبق در کرت‌های با تنش شدید با میانگین ۲۹۳/۷۸ بدست آمد (جدول ۲). همچنین بالاترین تعداد دانه در طبق در کرت‌های محلول پاشی شده با غلظت ۲۸% با میانگین ۳۵۳/۰۲ و پایینترین تعداد دانه در طبق در کرت‌های محلول پاشی شده با غلظت ۲۱% با میانگین ۲۹۵/۳۹ بدست آمد (جدول ۲). بالاترین تعداد دانه در طبق در کرت‌های با آبیاری نرمال که با غلظت ۲۸% محلول پاشی شده با میانگین ۳۸۴/۵۹ و پایینترین تعداد دانه در طبق در کرت‌های با تنش خشکی که با غلظت ۱۴% محلول پاشی شده با میانگین ۲۵۸/۴۴ بدست آمد (جدول ۳). علت افزایش نسبت تعداد دانه پوک به تعداد دانه در طبق در کرت‌های با تنش خشکی، نسبت به کرت‌های با آبیاری نرمال را می‌توان عدم جذب مناسب مواد غذایی توسط دانه در شرایط نامساعد رطوبتی و عدم وجود لقاح کامل در شرایط کم آبی دانست. علت کاهش تعداد دانه پوک در طبق در غلظت ۱۴% متانول نسبت به تیمار شاهد، دسترسی بیشتر به CO_2 و علت افزایش تعداد دانه پوک در طبق در غلظت‌های بالاتر متانول احتمالا به دلیل اثر سمیت متانول می‌باشد. مطابق با تحقیقات میراخوری و همکاران (Mirakhori et al., 2009) که کاربرد متانول در آنها باعث تاثیرات معنی داری در تعداد دانه پوک در غلاف سویا شد، در این تحقیق نیز کاربرد متانول باعث ایجاد تاثیرات معنی داری در تعداد دانه پوک در طبق آفتابگردان گردید.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد، اثر تیمار آبیاری بر شاخص برداشت آفتابگردان در سطح احتمال ۵%، و اثر متقابل تیمار زمان محلول پاشی متانول و غلظت‌های مختلف محلول پاشی متانول در سطح احتمال ۱% بر شاخص برداشت آفتابگردان اختلاف معنی داری داشته است، ولی زمان محلول پاشی متانول و غلظت‌های مختلف محلول پاشی متانول بر شاخص برداشت تاثیر معنی داری را از خود نشان ندادند. بالاترین میزان شاخص برداشت در کرت‌های با تنش خشکی با میانگین ۴۹/۵۲% و پایینترین میزان شاخص برداشت در کرت‌های با آبیاری نرمال با میانگین ۴۸/۰۲% بدست آمد (جدول ۲). همچنین بالاترین میزان شاخص برداشت در کرت‌های محلول پاشی شده با غلظت صفر متانول با میانگین ۵۲/۹۰% و پایینترین میزان شاخص برداشت در کرت‌های محلول پاشی شده با غلظت ۲۱% متانول با میانگین ۴۷/۳۳% بدست آمد (جدول ۲). بالاترین میزان شاخص برداشت در زمان عصر و با غلظت صفر متانول با میانگین ۶۳/۱۵% بدست آمد. در صورتی که پایینترین میزان شاخص برداشت در زمان صبح و با غلظت صفر متانول با میانگین ۴۲/۶۴% بدست آمد (جدول ۳). با در نظر گرفتن نتایج حاصل از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، شاید بتوان نتیجه گرفت که محلول

پاشی با شاهد بدون غلظت حجمی و محلول پاشی عصر به دلیل کاهش استرس به گیاه باعث افزایش شاخص برداشت آفتابگردان شده است. همچنین افزایش شاخص برداشت توسط نادعلی و همکاران (۱۳۸۹) بر روی گیاه چغندرقند گزارش شده است. بعضی از تحقیقات نشان دادند که کاربرد متانول در گیاهانی که با کمبود آب مواجه هستند، باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه می‌شود ولی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک گیاهانی می‌شود که تحت شرایط کنترل شده رشد می‌کنند (Nonomura and Benson, 1992; Ramberg et al., 2002; Theodoridou et al., 2002; Safarzade Vishkaei, 2007).

سپاسگزاری

بر خود لازم می‌داند از مسئولین محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، مسئولین محترم موسسه تحقیقاتی ثبت و گواهی بذر و نهال که ما را در انجام پژوهش فوق یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشیم.

جدول ۱- تجزیه واریانس

Table 1- Analysis of variance

منابع تغییر SOV	درجه آزادی DF	عملکرد دانه Seed yield	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	دانه در طبق Seed per head	دانه پوک در طبق Empty seed per head
تکرار (Replication)	3	1181954.71*	25.25ns	1625315.8*	140.73ns	32970.65**	2422.89ns
آبیاری (I) (Irrigation)	1	27036750.10**	89.44**	158619635.5**	398.75*	4632169.30**	45316.83*
زمان محلول پاشی (Spraying Time) (T)	1	1727.44ns	0.94ns	881.7ns	35.92ns	4273.56ns	1092.79ns
آبیاری × زمان (I × T)	1	621.88ns	0.72ns	465071.1ns	130.95ns	3137.68ns	121.88ns
خطای اصلی Error	9	227180.35	1.71	491100.1	62.74	8743.52	1122.49
غلظت متانول (C) (Concentration)	3	448126.63*	224.94**	3849929.0**	120.94ns	26170.41**	9687.28**
غلظت متانول × آبیاری (C × I)	3	87243.16ns	16.93ns	295980.2ns	103.03ns	22287.34*	4351.13*
غلظت متانول × زمان (C × T)	3	578260.42*	10.79ns	1354707.6*	665.33*	342.09ns	299.85ns
غلظت متانول × زمان × آبیاری (C × T × I)	3	656146.94*	10.62ns	1303243.4*	147.96ns	16685.81*	1324.42ns
CV٪	---	13.65	6.09	11.10	19.75	10.43	11.21

*، ** و ns به ترتیب به منظور معنی داری با ۹۵% اطمینان، با ۹۹% اطمینان و غیر معنی دار می‌باشند.

*, ** and ns: Significant at 5% and 1% level of probability and non-significant, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی

Table 2- Means comparison of main effect

تیمارها Treatments		دانه در طبق Seed per head		دانه پوک در طبق Empty seed per head		وزن هزار دانه (g) 1000 seed weight		عملکرد دانه (kg/ha) Seed yield		عملکرد بیولوژیک (kg/ha) Biological yield		شاخص برداشت (٪) Harvest index
آبیاری (I)												
آبیاری نرمال (i_1)	a	971.31	a	347.00	a	50.48	a	3527.9	a	7645.5	a	46.28
تنش خشکی (i_2)	b	433.25	b	293.78	b	48.12	b	2228.0	b	4496.9	b	51.27
زمان محلول پاشی (T)												
محلول پاشی صبح (t_1)	a	710.45	a	324.52	a	49.42	a	2883.1	a	6074.9	a	48.02
محلول پاشی عصر (t_2)	a	694.11	a	316.25	a	49.18	a	2872.7	a	6067.5	a	49.52
غلظت محلول پاشی (C)												
شاهد ٪۰ (c_1)	b	663.44	bc	309.59	b	48.93	b	2703.5	c	5420.8	a	52.90
غلظت ٪۱۴ (c_2)	b	698.87	c	295.39	a	53.77	ab	2894.9	ab	6249.1	a	47.33
غلظت ٪۲۱ (c_3)	a	758.72	b	323.57	b	49.86	a	3099.7	a	6586.3	a	47.50
غلظت ٪۲۸ (c_4)	b	688.10	a	353.02	c	44.64	b	2813.6	b	6028.4	a	47.36

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آزمون چند دامنه‌ای LSD در سطح احتمال ۵% اختلاف معنی داری ندارند.

Mean in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل

Table 2- Mean comparison of interactions

تیمارها Treatments		تعداد دانه در طبق Seed per head	تعداد دانه پوک در طبق Empty seed per head	وزن هزار دانه (g) 1000 seed weight	عملکرد دانه (kg/ha) Seed yield	عملکرد بیولوژیک (kg/ha) Biological yield	شاخص برداشت (٪) Harvest index
I_1	T_1	a 972.48	a 352.51	a 50.50	a 3529.96	a 7563.93	a 46.96
	T_2	a 970.14	a 341.48	a 50.47	a 3525.81	a 7727.00	a 45.60
I_2	T_1	a 448.42	a 296.53	a 48.35	a 2236.28	a 4585.82	a 49.09
	T_2	a 418.07	a 291.02	a 47.89	a 2219.65	a 4407.90	a 53.45
I_1	C_1	bc 950.33	b 345.38	a 49.98	a 3371.81	a 7174.22	a 47.05
	C_2	ab 989.54	b 332.33	a 56.45	a 3475.93	a 7673.81	a 45.37
	C_3	a 1044.12	b 325.68	a 50.39	a 3845.62	a 8128.54	a 47.79
	C_4	c 901.25	a 384.59	a 45.12	a 3418.18	a 7605.31	a 44.90
I_2	C_1	b 376.54	b 273.78	a 47.89	a 2035.25	a 3667.40	a 58.75
	C_2	ab 408.18	b 258.44	a 51.10	a 2313.93	a 4824.40	a 49.29
	C_3	a 473.32	a 321.44	a 49.34	a 2353.75	a 5044.14	a 47.21
	C_4	a 474.95	a 321.44	a 44.16	a 2208.93	a 4451.51	a 49.83
T_1	C_1	a 673.11	a 320.20	a 50.11	b 2468.37	a 5827.04	a 42.64
	C_2	a 700.15	a 297.30	a 53.19	a 3119.81	a 6160.25	a 50.98
	C_3	a 769.36	a 325.82	a 49.40	a 3082.18	a 6302.07	a 50.28
	C_4	a 699.18	a 354.75	a 45.00	ab 2862.12	a 6010.14	a 48.19
T_2	C_1	a 653.76	a 298.97	a 47.75	ab 2938.68	c 5014.57	a 63.15
	C_2	a 697.57	a 293.47	a 54.36	b 2670.06	ab 6337.96	b 43.68
	C_3	a 748.08	a 321.30	a 50.33	a 3117.18	a 6870.61	b 44.72
	C_4	a 677.02	a 351.28	a 44.28	ab 2765.00	b 6046.67	b 46.53
I_1 T_1	C_1	b 930.57	a 344.92	a 51.19	b 3073.00	a 7270.84	a 42.32
	C_2	a 1018.77	a 345.01	a 55.34	a 3730.12	a 7574.42	a 49.12
	C_3	ab 1015.75	a 331.17	a 50.89	ab 3596.25	a 7536.17	a 48.99
	C_4	b 924.82	a 388.94	a 44.57	a 3720.50	a 7874.31	a 47.41

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آزمون چند دامنه‌ای LSD در سطح احتمال ۵% اختلاف معنی داری ندارند.

Mean in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test.

منابع References

پاک نژاد، ف.، ا. مجیدی هروان، ق. نورمحمدی، ع. سیادت و س. وزان. ۱۳۸۶. بررسی تاثیر تنش خشکی بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل، محتوای کلروفیل و عملکرد دانه ارقام مختلف گندم. جلد ۱-۳۷، شماره ۳.

صفرزاده ویشکائی. م.ن. ۱۳۷۸. بادام زمینی (درسنامه). انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت. ۴۶ صفحه.

نادعلی، ا.، ف. پاک نژاد، ف. مرادی، و س. وزان. ۱۳۸۹. اثر متانول بر عملکرد و برخی خصوصیات کیفی چغندر قند (Beta vulgaris L.) رقم رسول در شرایط تنش و بدون تنش خشکی. مجله به زراعی نهال و بذر ۲-۲۶ (۱): ۱۰۸-۹۵.

نور جو، ا.، ف. عباسی، م. بقایی کیا و ع. جدایی. ۱۳۸۵. تأثیر کم آبیاری بر کمیت و کیفیت چغندرقند در منطقه میاندوآب. چغندرقند. ۲۲(۲): ۶۶-۵۳.

Boyer, J.S., P.A. Armand and R.E. Sharp. 1987. Light Stress and Leaf Water Relations. In: Photoinbibition. Amsterdam, Kyle, D.J., C.B. Osmoud and C.J. Arntzen (Eds.). Elsevier Science Publishers BV., ISBN: 10: 0444808906. pp.: 111-122.

Brown, E.A., C.E. Canviness and D.A. Brown. 1985. Response of selected soybean cultivars to soil moisture deficit. Agron. J. 77: 274-278.

Daneshian, J. and D. Zare. 2005. Diversity for resistance drought on soybean. J. Agric. Sci. 1: 23-50.

Daneshian, J. and P. Jonobi. 2001. Effect of drought stress and different calcium on characters soybean. Agric. Sci. 1: 95-108.

Fall, R. and A.A. Benson. 1996. Leaf methanol, the simplest natural product from plants. Trends Plant Sci. 1: 296-301.

Hanson, A.D. and S. Roje. 2001. One-carbon metabolism in higher plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 52: 119-137.

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

Hernandez, L.F., C.N. Pellegrini, L.M. Malla. 2000. Effect of foliar application of methanol on growth and yield of sunflower (Helianthus annuus L.). Phyton–Revista Internacional de Botanica Experimental. 66: 1-8.

Lee, H.S., M. Madhaiyan, C.W. Kim, S.J. Choi, K.Y. Chung and T.M. Sa. 2006. Physiological enhancement of early growth of soybean seedlings (Glycin max L.) by production of phytohormone of N_2-fixing methylotrophic isolates. Bio. Ferti. Soils. 42: 402-408.

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

Madhaiyan, M., S. Poonguzhali, S.P. Sundaram and S.A. Tongmin. 2006. A new insight into foliar applied methanol influencing Phylloplane ethylotrophic dynamics and growth promotion of cotton (Gossypium hirsutum L.) and sugarcane (Saccharum officinarum L.). Environ. Exp. Bot.57 : 168-176.

McGiffen, M.E. and J.A. Manthey. 1996. The role of methanol in promoting plant growth: A current evaluation.

Hort Science. 31: 1092-1096.

Mirakhori, M, F. Paknejad, F. Moradi, M.R. Ardakani, H. Zahedi and P. Nazeri. 2009. Effect of drought stress and Methanol on yield and yield components of soybean Max (L17). American journal of Biochemistry and Biotechnology. 5(4): 162-169.

Moran, J.F., M. Becana, I. Iturbe-Ormaetxe, S. Frechilla, R.V. Klucas and P. Aparicio-Teho. 1994. Drought induces oxidative stress in pea plants. Planta. 194: 346-352.

Nemecek-Marshall M., R.C. Macdonald, J.J. Franzen, C.L. Wojciechowski and R. Fall. 1995. Methanol emission from leaves: enzymatic detection of gas phase methanol and relation methanol fluxes to stomatal conductance and leaf development. Plant Physiol.108 : 1359–1368.

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

Paknejad, F, M. Mirakhori, M. Jami Al-Ahmadi and P. Nazeri. 2009. Physiological Response of Soybean (Glycine max L.) to Foliar Application of Methanol under Different Soil Moistures. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 4(4): 311-318.

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

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

Safarzade Vishkaei, M. 2007. Effects of methanol on growth and yield of peanut. Ph.D. thesis. Sciences and Research Unit, Islamic Azad University Tehran, Iran. 232 pp. (in Farsi).

Schneiter, A.A., and J.F. Miller. 1981. Description of Sunflower Growth Stages. Crop Sci. 21: 901-903.

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