بررسی اثر محلول‌پاشی متانول برصفات زراعی و مورفوفیزیولوژیک آفتابگردان روغنی (*Helianthus annuus*L.) تحت شرایط تنش قطع آبیاری

Effects of foliar application of methanol on agronomic and morph physiological traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under cut irrigation stress

ندا حقی‌نژاد[۱]، میثم اویسی[۲] و محمد نصری[۲]

۱- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا، ورامین- ایران.

۲- مرکز تحقیقات فنآوری‌های نوین تولید غذای سالم، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین- تهران- ایران

نویسنده مسوول مکاتبات: nedahaghinezhad@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی متانول بر صفات زراعی و مورفوفیزیولوژیک آفتابگردان روغنی تحت شرایط تنش شرایط قطع آبیاری، تحقیقی به‌صورت کرت خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین (پیشوا) اجرا شد. عامل اصلی در این آزمایش قطع آبیاری و عامل فرعی متانول بود. تیمار قطع آبیاری در سه سطح عدم تنش (شاهد)، تنش در مرحله گل‌دهی، تنش در مرحله پر شدن دانه در تیمارهای اصلی و تیمار محلول‌پاشی متانول در چهار سطح شاهد، ۱۰، ۲۰، ۳۰ درصد حجمی در تیمارهای فرعی قرارگرفتند. زمان محلول‌پاشی در سه مرحله هشت برگی، ۱۵ و ۳۰روز بعد از اولین محلول¬پاشی انجام گرفت. نتایج نشان دادند که اثرات ساده قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، قطر طبق و هدایت الکتریکی در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شدند. حداکثر عملکرد دانه به‌عنوان مهم‌ترین صفت مورد بررسی از تیمار عدم تنش و محلول‌پاشی متانول ۲۰ درصد حجمی به‌میزان ۳۲۰۵/۶۶۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و کم‌ترین عملکرد دانه متعلق به تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه و عدم محلول‌پاشی متانول به‌میزان ۱۶۴۸/۳۷۱ کیلوگرم در هکتار بود.

واژگان کلیدی: آفتابگردان، قطع آبیاری، متانول، عملکرد دانه، اجزای عملکرد، هدایت الکتریکی.

مقدمه

پیشرفت برای افزایش تحمل به تنش در گیاهان زراعی، نیازمند شناسایی و ارزیابی کامل صفات کمی و کیفی مؤثر در عملکرد گیاهان می‌باشد (Anonymous, 2010). گیاهان به‌صور مختلف تحت تاثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند که عمده این تنش‌ها اثرات مشابهی بر وضعیت آبی گیاه دارند. دستیابی به آب به‌واسطه نقش بیولوژیک آن به‌عنوان یک حلاّل و نیز نقش آن در انتقال مواد، حائز اهمیت است (Larson and Eastin, 2009). در بسیاری از نقاط دنیا، رشد و نمو گیاهان توسط عوامل تنش‌زای زنده و غیرزنده محدود می‌شود. از این رو تنش‌های محیطی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان شناخته شدند. تأثیر منفی عوامل تنش‌زا، بر فرآیندهای فیزیولوژیک و رشد و نموی گیاه نه‌تنها بازدهی کم‌تر محصولات کشاورزی را باعث می‌شود، بلکه سبب افزایش هزینه‌های تولید نیز می‌گردد (شافعی، ۱۳۸۳). اتخاذ روش‌های مختلف به‌منظور استفاده صحیح و بهینه از منابع آب و همچنین شناخت روابط آب در مراحل مختلف رشد، به‌همراه بررسی اثرات کمبود آب بر واکنش‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک گیاه، از لحاظ سازوکارهای تحمل و سازگاری در رأس تحقیقات زراعی قرار دارد (اویسی، ۱۳۸۹). تنش خشکی از توسعه بیش‌تر سلول و تقسیم سلولی ممانعت می‌کند و سبب کاهش عملکرد در گیاهان می‌شود (Hisao, 2000). بیش‌تر این راه‌کارها در یافتن راهی جهت کاهش تعرق، حفظ تثبیت دی‌اکسیدکربن و کاهش تنفس نوری در شرایط تنش کم‌آبی است. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن می‌تواند اثر ناشی از تنش را خنثی کند (Zbiec *et al.*,1999). بنابراین به‌کاربردن موادی که بتواند سبب افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاه شود، موجب تثبیت عملکرد در شرایط خشکی می‌شود. یکی از راه‌کارهای افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاهان استفاده از ترکیباتی نظیر متانول، اتانول، پروپانول، بوتان وهمچنین استفاده از اسیدآمینه گلیسین، گلوتامات و آسپارتات است (Nonomura and Benson, 1992). طی سال‌های اخیر مطالعات به‌سمت استفاده از ترکیبی معطوف گردید که در داخل گیاه ساخته می‌شود و در مراحلی از دوره رشد گیاه، جهت افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در داخل گیاه و بالابردن بازده فتوسنتزی گیاه استفاده می‌شود. این ماده متانول است که ساده‌ترین الکل تک کربنی می‌باشد (Nonomuraand Benson, 1992). یکی از اولویت‌های تحقیقاتی که متاسفانه در ایران چندان به آن توجه چندانی نشد، استفاده از متانول در تولید محصولات کشاورزی است. اگرچه استفاده از این تکنیک سودمند در بسیاری از کشورهای دنیا نظیر کانادا، چین و حتی هند بسیار متداول است. روش‌هایی در تولید آفتابگردان و سایر دانه‌های روغنی است که باعث افزایش درصد روغن شود، از جمله این راه‌کارها افزایش شاخص سطح برگ، اجزای عملکرد و غیره می‌باشد. آفتابگردان *Helianthus annuus* L. از مهم‌ترین گیاهان روغنی ایران و جهان است (Bhardwaj, 2009). از این‌رو با استفاده از روش‌هایی مانند محلول‌پاشی متانول که باعث کاهش تعرق و تنفس‌نوری و حفظ تثبیت دی‌اکسیدکربن می‌شود، می‌توان تاثیرات مثبت در موارد فوق ایجادکرد. اولین شرط جهت دستیابی به عملکرد بالا، تولید ماده خشک زیاد در واحد سطح است این درحالی‌است که حدود ۹۰ درصد وزن خشک گیاهان ناشی از آسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن توسط فتوسنتز است. بنابراین راه‌هایی که باعث افزایش تثبیت دی‌اکسیدکربن در گیاهان زراعی می‌شوند، می‌توانند به‌عنوان راه‌کارهایی مناسب جهت افزایش عملکرد آن‌ها مورد توجه قرارگیرند (رحیمیان و کوچکی، ۱۳۷۹). متانول استفاده شده روی گیاهان سه کربنه در شرایط تنفس نوری زیاد، می‌تواند بخشی از تلفات کربن تثبیت شده توسط فتوسنتز را جبران‌نماید که این امر منجر به افزایش فتوسنتز خالص در واحد سطح و بالارفتن تولید ماده خشک در گیاهان زراعی سه کربنه می‌شود (Mcgiffen *et al.*,1995).

مخدوم و همکاران (Makhdum *et al.*, 2002) اعلام کردند که عملکرد میوه و دانه تعداد زیادی از گیاهان زراعی و گیاهان زینتی سه‌کربنه پس از

اسپری‌کردن با محلول‌های ۱۰ تا ۵۰ درصد متانول افزایش یافت. زبیک و همکاران (Zbiec *et al*., 2003) بیان کردند که محلول‌پاشی با غلظت ۳۰ درصد باعث افزایش ۱۲ تا ۳۰ درصد میزان عملکرد در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) نسبت به شاهد شد. زبیک و پودسیادلو (Zbiec and Podsiadlo, 2003) با تحقیقات خود بر روی کلزا، لوبیا و گوجه‌فرنگی اعلام کردند که در شرایط دیم، بیش‌ترین عملکرد در تیمار محلول‌پاشی ۲۰ درصد متانول و در شرایط آبیاری در محلول‌پاشی ۴۰ درصد متانول مشاهده‌شد. صفرزاده ویشگاهی و همکاران (Safarazade vishgahi *et al*., 2005) گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول روی بادام زمینی (*Arachishypogaea*L.) سبب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد غلاف، کارآیی مصرف تشعشع، افزایش عملکرد غلاف و دانه، افزایش وزن هزار دانه، افزایش تعداد غلاف رسیده و مقدار پروتئین در دانه بادام زمینی گردید.

این تحقیق به‌منظور افزایش عملکرد آفتابگردان با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاه با استفاده از ترکیباتی نظیر متانول صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین – پیشوا واقع در منطقه قلعه‌سین اجرا شد. مختصات جغرافیایی منطقه مورد تحقیق، ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی است و ارتفاع از سطح دریا ۸۹۵ متر و خصوصیات خاک محل آزمایش طبق جدول یک بود. آزمایش به‌صورت کرت خرد شده (اسپلیت‌پلات) در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اصلی در این آزمایش قطع آبیاری (S) و عامل فرعی متانول (M) بود. تیمار تنش قطع آبیاری در سه سطح در به‌عنوان عامل اصلی و تیمار محلول‌پاشی متانول در چهار سطح به عنوان عامل فرعی بودند. زمان محلول‌پاشی در سه مرحله هشت‌برگی، ۱۵ و ۳۰روز بعد از آن انجام گرفت. برای‌این‌که میزان جذب درصد حجمی متانول بالا برود دو گرم در لیتر محلول گلیسین به متانول اضافه شد. پس از پیاده‌سازی نقشه کشت و تعیین تصادفی مکان تیمارها در طرح، کشت آزمایش در ۱ /۱۳۹۱/۲ صورت گرفت. در هر تکرار ۱۲ کرت و تعداد خطوط در هر کرت شش خط بود. طول هر خط‌کاشت پنج متر، فاصله‌ی بین ردیف‌های کاشت ۶۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بین بوته روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر بود. کشت بذور دستی و به‌صورت کپه‌ای روی پشته‌ها انجام شد. عمق کاشت از ۵ سانتی‌متر بود. اولین آبیاری یک روز پس از کاشت با نصب سیستم آبیاری قطره‌ای انجام گردید. برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش تریفلورالین به‌میزان ۹۶۰ گرم ماده موثر در هکتار و به‌صورت پیش‌کاشت استفاده شد. طی فصل رشد نیز به‌دفعات لازم وجین دستی انجام گرفت. طبق‌های واقع در ردیف‌های کاشت، پس از پایان دوران گرده‌افشانی توسط کاغذ روزنامه پوشانیده شدند تا از خسارت پرندگان محفوظ بمانند.با حذف ردیف اول، سوم و آخر هر واحد آزمایشی به‌منظور حذف اثرات حاشیه‌ای از سه ردیف باقی‌مانده با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط کاشت نمونه‌برداری انجام شد. جهت اندازه‌گیری قسمت فوقانی طبق که شامل دانه بود، از متر استفاده شد و میانگین قطر طبق برای هر کرت فرعی به‌دست آمد. پس از برداشت نهایی از کل بوته‌های مربوط به هر کرت آزمایشی در خطوط مربوط به عملکرد، تعداد پنج بوته به‌صورت تصادفی انتخاب گردید و وزن هزار دانه شمارش شده، با ترازو اندازه‌گیری شد. جهت محاسبه عملکرد با در نظر گرفتن نیم متر حاشیه از هر خط تمامی طبق‌های خطوط عملکرد پس از برداشت بسته‌بندی و شماره‌گذاری گردید و پس از جداکردن دانه‌ها از طبق به‌صورت دستی و توزین، عملکرد دانه در هر کرت فرعی برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. بیوماس کل (عملکرد بیولوژیک) از جمع وزن خشک کل ساقه، برگ، طبق، دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی برگ از روش (Andrade *et al*., 2002) استفاده شد. داده‌های خام حاصل از آزمایش به

وسیله‌ی نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه و تحلیل آماری شدند.

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Soil characteristics of the experimental field

عمق Depth (cm)	سیلت Silt (٪)	رس Clay (٪)	شن Sand (٪)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن کل Total N (٪)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Ec ($\mu mos.cm^2$)
0-30	45.7	22.7	32	280.4	20.2	0.079	8.0	1.10
31-60	50.9	18.1	30.3	175	10	0.047	7.7	1.85

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول دو) اثرات ساده و متقابل تیمار قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول بر قطر طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و هدایت الکتریکی غشا در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود. اما تکرارها در این میان اثری معنی‌دار بر صفات نداشت.

جدول ۲- تجزیه واریانس قطر طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و هدایت الکتریکی غشا تحت تاثیر تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول.

Table 2. Analysis of variance for head diameter, 1000 seed weight, seed yield, biological yield and electrical conductivity of the membrane under cut irrigation stress and spring methanol.

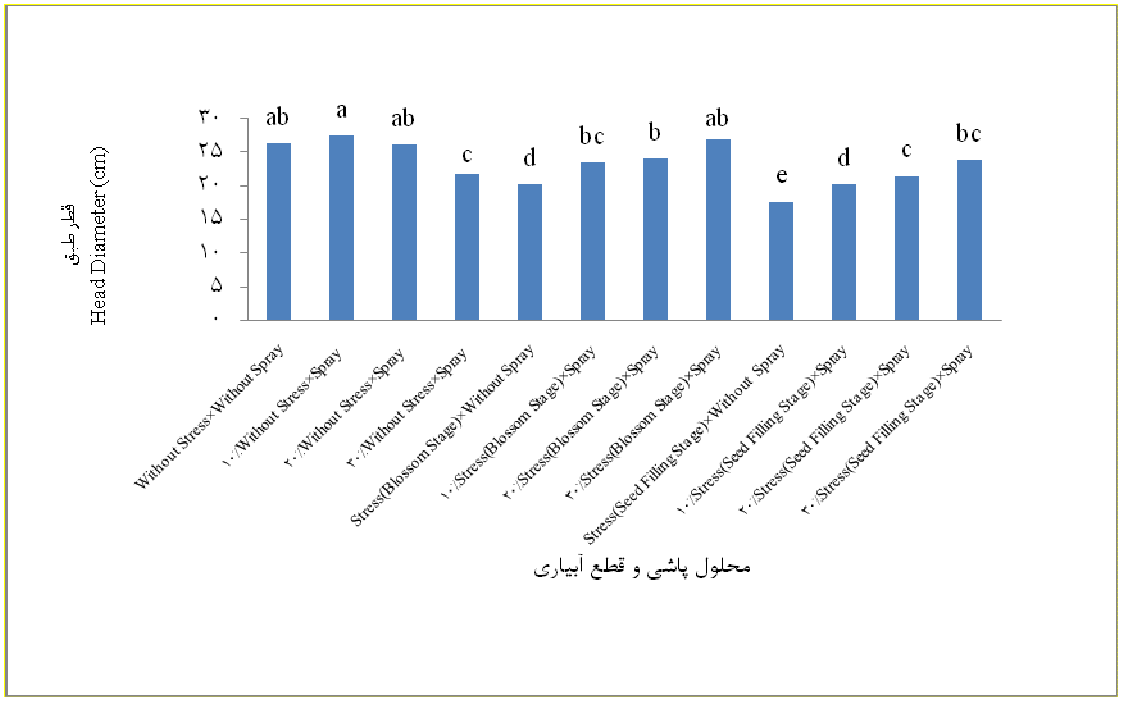
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S: قطر طبق H.D	وزن هزار دانه T.S.W	عملکرد دانه G. Y	عملکرد بیولوژیک B.Y	هدایت الکتریکی EC of M
Replication	تکرار	2	5.350^{ns}	201.333^{ns}	431700.778^{ns}	1322725.000^{ns}	668460.333^{ns}
Cut irrigation	قطع آبیاری	2	65.650**	4679.333**	7304925.778**	17122808.333**	186036.750**
Error a	خطای(a)	4	2.787	232.167	370028.903	757308.333	9956.583
Methanol (MS)	متانول	3	14.643**	642.963*	781283.259*	6396340.741**	741811.954**
DS × MS	تنش × متانول	6	23.179**	624.741**	910004.704**	7163326.852**	570542.454**
Error b	خطای(b)	18	2.685	142.481	197932.306	1042984.259	121353.759
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)		7.03	12.18	14.23	11.60	13.91

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

قطر طبق

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول و اثرات متقابل تیمارها بر صفت قطر طبق تاثیر معنی‌داری داشت و اختلافات به‌وجود آمده از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول دو).



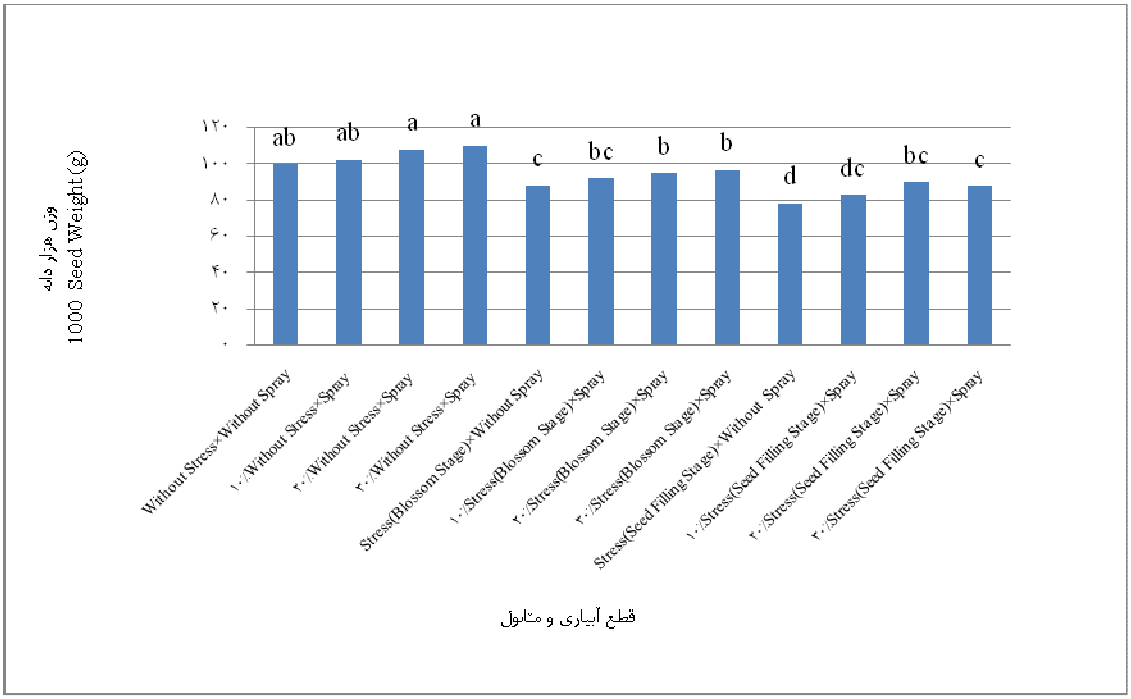
نمودار ۱- اثرات متقابل تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول بر قطر طبق

Fig. 1. Mean Comparison Interaction between cut irrigation and spraying Methanol on Head Diameter

نتایج تحقیقات نشان داد که آفتابگردان در مراحل اولیه تشکیل طبق و رشد آن احتیاج به آب دارد و کمبود آب در این مراحل سبب کاهش قطر طبق می‌گردد. در شرایط تنش بخش اعظم مواد غذایی مورد نیاز دانه از مواد ذخیره شده در ساقه و طبق تأمین می‌شود در این حالت قطع آبیاری باعث کاهش قطر طبق می‌گردد که این کاهش قطر طبق در تیمارهای تنش دیده شد. به‌ویژه در تیمار بدون محلول‌پاشی متانول، منجر به کاهش تعداد گلچه‌های بارور و به‌دنبال آن کاهش تعداد دانه‌های پر در طبق شد و در نهایت عملکرد دانه کاهش یافت، ولی محلول‌پاشی متانول با کاهش نیاز آبی و کاهش تأثیر تنش و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه در مرحله رشد زایشی با افزایش مقدار CO_2، مانع کاهش چشمگیر قطر طبق نسبت به سایر تیمارها شد و از افت عملکرد جلوگیری کرد. نتایج به‌دست آمده از این آزمایش گزارش‌های رشدی و همکاران (Roshdi *et al*., 2005) مطابقت داشت.

وزن هزار دانه

نتایج نشان داد اثر قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول و اثرات متقابل آن‌ها بر وزن هزار دانه تاثیر داشت و اختلافات به وجود آمده از نظر آماری در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول دو). نمودار اثرات متقابل قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول (نمودار دو) نشان داد که تیمار عدم تنش و محلول‌پاشی متانول ۳۰٪ حجمی، با متوسط ۱۱۰/۳ گرم بیش‌ترین وزن هزار دانه و تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه با عدم محلول‌پاشی متانول به میزان ۷۸/۶۶۷ گرم کم‌ترین وزن هزار دانه را به‌دست آورد.



نمودار ۱- اثرات متقابل تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول بر وزن هزار دانه

Fig. 1. Mean Comparison Interaction between cut irrigation and spraying Methanol on 1000 seed weight.

وزن هزار دانه از اجزای مهم عملکرد است که همبستگی بالایی با عملکرد دانه دارد و با افزایش آن عملکرد دانه افزایش می‌یابد. ظاهراً تعرق با افزایش دما بیش‌تر می‌شود و در زمان قطع آبیاری، نسبت تعرق به جذب آب افزایش یافت و از درصد حجم موادفتوسنتزی انتقال یافته به دانه و راندمان فتوسنتز کاسته می‌شود و اندازه دانه به‌عنوان مخزن فیزیولوژیکی کاهش داشت و وزن هزار دانه کم گردید. مقدار رطوبت در مدت بین ظهور گل تا رسیدگی فیزیولوژیکی اثر غیرمستقیم بر وزن هزار دانه دارد. تنش‌خشکی اثر معنی‌داری بر کاهش وزن هزار دانه می‌گذارد که علت این کاهش را می‌توان به دلیل کاهش تعداد گل‌ها در زمان اولیه شروع گل‌دهی، کاهش قطر طبق و در نتیجه کاهش تعداد دانه در طبق دانست. افزایش وزن هزار دانه ناشی از افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به سمت طبق‌های در حال رشد و هم‌چنین افزایش سرعت رشد طبق به‌دلیل افزایش فتوسنتز بر اثر افزایش CO_2 مورد نیاز گیاه بود. در این آزمایش محلول‌پاشی متانول موجب افزایش دسترسی گیاه به کربن حاصل از تجزیه متانول و کاهش تنفس نوری در گیاهان شد و این امر موجب افزایش وزن هزار دانه گردید که نتایج صفرزاده ویشگاهی و همکاران (SafarazadeVishgahi*et al.*, 2005) و میرآخوری و همکاران (۱۳۸۷) مطابقت داشت.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات ساده قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول و اثرات متقابل آن بر عملکرد دانه نشان داد که اختلافات به‌وجود آمده از نظر آماری در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول دو). مقایسه میانگین اثرات ساده قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول بر عملکرد دانه نشان داد بیش‌ترین میزان عملکرد دانه با ۲۹۵۹/۸۳۷ کیلوگرم در هکتار از تیمار عدم تنش و کم‌ترین میزان از تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه با ۱۹۰۰/۹۶۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. همچنین بیش‌ترین میزان عملکرد دانه با ۲۵۹۷/۲۷۵ کیلوگرم در هکتار از تیمار محلول‌پاشی متانول با۲۰ درصد حجمی و عدم محلول‌پاشی متانول با میانگین ۲۱۳۸/۳۳۴ کیلوگرم در هکتار، کم‌ترین مقدار عملکرد دانه را به‌دست آورد. نتایج نمودار مقایسات میانگین اثرات متقابل قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول (نمودارسه) نشان داد که تیمار عدم تنش با محلول‌پاشی متانول ۲۰٪

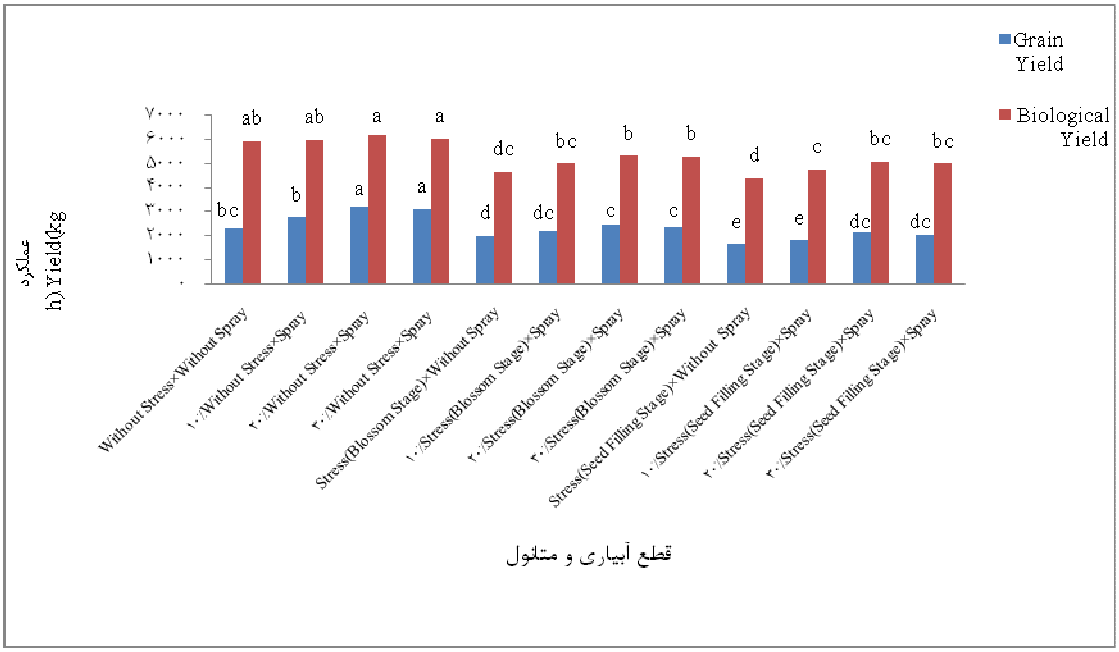
حجمی بیش‌ترین میزان عملکرد دانه را با متوسط ۳۲۰۵/۶۶۷ کیلوگرم در هکتار و تیمار عدم تنش با محلول‌پاشی متانول ۳۰٪ حجمی با ۳۰۹۴/۳۲۸ کیلوگرم در هکتار تفاوت چندانی نداشت و هر دو در گروه آماری a جای گرفتند. کم‌ترین میزان عملکرد دانه با ۱۶۴۸/۳۷۱ کیلوگرم در هکتار به تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه و عدم محلول‌پاشی متانول اختصاص یافت. مقایسه میانگین عملکرد دانه در تیمارهای مختلف قطع آبیاری نشان می داد که بیش‌ترین عملکرد دانه متعلق به تیمار بدون تنش و آبیاری معمول بود که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. وقوع تنش در مرحله پر شدن دانه، بیش‌ترین میزان خسارت را بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان از خود نشان داد که در نهایت موجب کاهش عملکرد دانه گردید. تیمارهایی که تحت تنش قرارگرفتند تعداد دانه در طبق کاهش یافت ولی به‌تعداد دانه‌های پوک افزوده شد که موجب کاهش عملکرد دانه در این تیمارها گردید. همچنین کاهش عملکرد به‌دلیل کاهش فتوسنتز جاری بود و کاهش پتانسیل آب برگ موجب کاهش قدرت مخزن برای ذخیره مواد فتوسنتزی گردید در نهایت با کاهش تعداد دانه در طبق و وزن دانه موجب کاهش عملکرد دانه شد. در این حالت محلول‌پاشی متانول باعث افزایش عملکرد در واحد سطح و افزایش تولید ماده خشک شد زیرا حدود ۹۰ درصد وزن خشک گیاهان ناشی از آسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن طی فتوسنتز است. در نتیجه افزایش سرعت تثبیت برای بالابردن ظرفیت تولید گیاهان زراعی می‌تواند مفید باشد. متانول در گیاهان سه کربنه می‌تواند سبب افزایش عملکرد در این گیاهان شود. با توجه به این‌که ۲۵٪ از کربن گیاه صرف تنفس نوری می‌شود با استفاده از محلول‌پاشی متانول می‌توان مقدار تنفس نوری را به‌حداقل رساند. افزایش عملکرد دانه ناشی از افزایش سرعت رشد طبق و وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق بود به این طریق محلول‌پاشی متانول از افت عملکرد دانه جلوگیری کرد. نتایج این آزمایش با تحقیقات صفرزاده ویشگاهی و همکاران و لی و سیانبانوو و فاور و همکاران (Li SafarazadeVishgahi *et al.*, 2005 and Siyumbano, 1995 and Faver *et al.*, 1996, و میرآخوری و همکاران (۱۳۸۷) و پیله‌وری خمامی (۱۳۸۷) هماهنگی داشت.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد بیولوژیک تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت و اختلافات به‌وجود آمده از نظر آماری معنی‌دار شد (جدول دو). اثرات ساده قطع آبیاری بر عملکرد بیولوژیک نشان داد که تیمار عدم تنش با ۶۰۴۶/۰۶۶ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین و تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه با ۴۸۰۷/۳۱۲ کیلوگرم در هکتار، کم‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک را به‌خود اختصاص داد. همچنین بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک را تیمار متانول ۲۰٪ حجمی با ۵۵۳۷/۸۶۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آورد که با تیمار متانول ۳۰٪ حجمی با ۵۴۳۳/۱۵۳ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت و هر دو در گروه آماری a جای‌گرفتند. کم‌ترین عملکرد بیولوژیک را تیمار عدم محلول‌پاشی متانول با ۴۹۹۰/۱۲۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آورد. همچنین مقایسات میانگین اثرات متقابل تیمارهای قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول بر عملکرد بیولوژیک (نمودار سه) نشان داد که تیمار عدم تنش و متانول ۲۰٪با ۶۲۱۶/۶۶۷ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیک را داشته که با تیمار محلول‌پاشی متانول ۳۰٪ حجمی با ۶۰۱۸/۳۶۷ کیلوگرم در هکتار تفاوت چندانی نداشت و هر دو گروه آماری a را به خود اختصاص دادند. کم‌ترین عملکرد بیولوژیک را تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه وعدم محلول‌پاشی متانول با میانگین ۴۳۸۳/۳۳۳ کیلوگرم در هکتار دارا بود.

تنش کم‌آبی موجب بسته‌شدن روزنه‌ها شد، در نتیجه میزان فتوسنتز کاهش یافت و در نهایت تولید ماده خشک کم‌تر شد و از میزان عملکرد کاسته شد. کاهش میزان فتوسنتز خالص در شرایط قطع آبیاری، بیانگر کاهش مقدار تولید ماده خشک در واحد سطح برگ و در نتیجه کاهش عملکرد بود، نشان می داد که در اثر قطع آبیاری، کارآیی سطح برگ کاهش

داشت. اما محلول‌پاشی متانول باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گردید و با افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه در مرحله رشد زایشی وبالارفتن میزان دی‌اکسیدکربن بر میزان بیوماس افزوده شد. همچنین متانول باعث افزایش کارآیی تبدیل کربن شد و متانول در حالت کمبود آب باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گردید. دلیل دیگر افزایش بیوماس تیمارهای محلول‌پاشی شده با متانول، افزایش سطح برگ و مقدار کلروفیل بود. عملکرد بالای بیولوژیک نشان داد که متانول بر آسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن اثر گذاشت. متانول نیز با افزایش آنزیم FBpase که یکی از آنزیم‌های مهم کنترل کننده‌ی فتوسنتز است باعث افزایش فتوسنتز گردید. کاهش تنفس نوری در گیاهان تیمار شده، نیز می‌تواند دلیل افزایش مقدار ماده خشک باشد. نتایج به‌دست آمده با گزارش‌های میرآخوری و همکاران، (۱۳۸۷) و قلی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸) و فاور و همکاران و میودگت و همکاران (Faver *et al*., 1996 و Mudgett *et al*., 1993) مطابقت داشت.

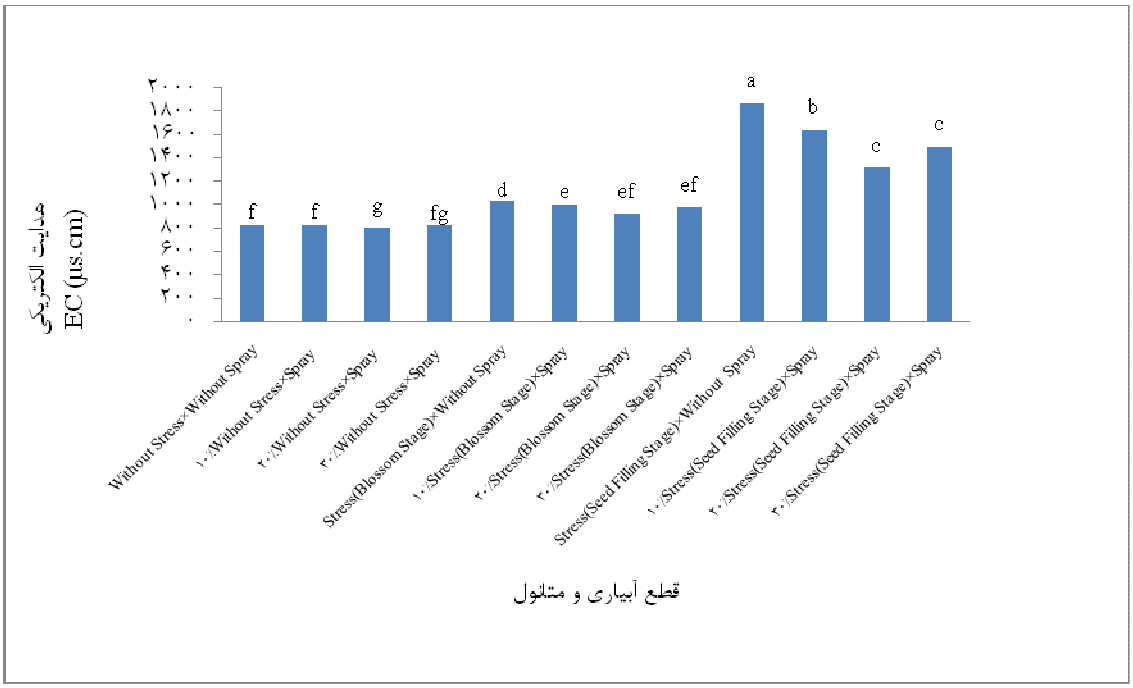


نمودار ۳- اثرات متقابل تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول بر عملکرد

Fig. 3. Mean Comparison Interaction between cut irrigation and spraying Methanol on yield

مقایسات میانگین میزان هدایت الکتریکی (EC)

نتایج داده‌ها نشان داد اثرات ساده قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول و اثرات متقابل تیمارها بر صفت هدایت الکتریکی تاثیرگذار بود و اختلافات به‌وجود آمده از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول دو). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین میزان هدایت الکتریکی مربوط به تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه با مقدار ۱۸۷۹/۳۰۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و کم‌ترین میزان به تیمار عدم تنش با متوسط ۸۱۷/۲۰۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بود. در تیمار محلول‌پاشی متانول بیش‌ترین میزان به تیمار عدم محلول‌پاشی متانول با متوسط ۱۲۴۰/۹۹۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و کم‌ترین به تیمار متانول ۲۰٪ با میزان ۱۰۱۱/۷۱۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر اختصاص یافت.



نمودار ۴- اثرات متقابل تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی متانول بر هدایت الکتریکی

Fig. 4. Mean Comparison Interaction between cut irrigation and spraying Methanol on Ec

در بررسی نمودار مقایسات میانگین اثرات متقابل به‌دست آمد که بیش‌ترین میزان هدایت الکتریکی را تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه و عدم محلول‌پاشی متانول به‌مقدار ۱۸۶۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و کم‌ترین میزان هدایت الکتریکی با متوسط ۸۰۱/۳۳۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر از تیمار عدم تنش و محلول‌پاشی متانول ۲۰٪ به‌دست آورد. غشا هرچه خسارت کم‌تری ببیند نقش بیش‌تری در تبادل یون‌ها و آب خواهد داشت و پایدارتر است. در شرایط تنش ارزیابی EC به‌عنوان شاخص مطرح است. با توجه به این که پایداری غشا سیتوپلاسمی با میزان هدایت الکتریکی نسبت عکس دارد می‌توان گفت که تنش کم‌آبی باعث گردید که فسفولیپیدهای غشای سلولی حالت گرانوله پیدا کند و منافذی در ساختار غشای ایجاد نماید که این خود نیز موجب ناپایداری غشای سلولی می‌شود در نتیجه باعث نشت محتویات درون سلولی به فضای بین سلولی می‌گردد. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که محلول‌پاشی متانول در شرایط قطع آبیاری باعث کاهش خسارت ناشی از تنش کم‌آبی بر غشای سیتوپلاسمی می‌شود و همچنین محلول‌پاشی متانول باعث کاهش نیاز آبی گیاه می‌گردد. همچنین با توجه به این‌که قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه بیش‌ترین آسیب را به دیواره سلولی گیاه می‌رساند، می‌توان نتیجه گرفت که به‌دلیل این‌که در این مرحله گیاه در اواخر دوره زندگی خود است و بافت‌های گیاه فرسوده شدند و گیاه نسبت به تنش در زمان گل‌دهی قادر به بازسازی دیواره‌های سلولی آسیب دیده، نمی‌باشد. نتایج به‌دست آمده با نتایج پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵) و رحمانی و همکاران (۱۳۸۸) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بسیاری از خصوصیات کمی و کیفی رشد آفتابگردان تحت تاثیر تنش قطع آبیاری قرارگرفت و بروز خشکی به ویژه در طی دوره رشد زایشی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه از طریق اثرگذاری بر اجزای مهم عملکرد دانه آفتابگردان از قبیل قطر طبق و وزن هزار دانه گردید. وزن هزار دانه به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد دانه تحت تأثیر سرعت و دوره پر

شدن دانه قرار دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط تنش خشکی محدودیت شدید اندازه مخزن و تا حدی محدودیت قدرت منبع وجود دارد. با این که در تنش خشکی انتظار می‌رود از طریق کاهش تولید ماده خشک باعث کاهش کارایی تسهیم آن شود، ولی محلول‌پاشی متانول (در شرایط تنش) به‌دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود که مهم‌ترین آن‌ها افزایش دی‌اکسیدکربن در گیاه است، باعث کاهش اثرات تنش و در نهایت افزایش کارآیی گیاه شد. همچنین برای به‌دست آوردن حداکثر عملکرد نیاز به شاخص سطح برگ مطلوب بود تا گیاه بتواند فتوسنتز جاری خود را افزایش دهد، مواد پرورده بیش‌تری سنتز کند و مازاد آن را در سایر بخش‌ها ذخیره نماید که در مواقع ضروری (تنش) که سرعت فتوسنتز جاری کم‌تر می‌شود از این ذخایر جهت پر کردن مخزن (دانه‌ها) استفاده کند که محلول‌پاشی متانول خصوصا متانول ۲۰٪ حجمی موجب شد تا از خسارت‌های تنش به اجزای عملکرد گیاه کاسته شود و سطح برگ در حد مطلوب خود باقی بماند و گیاه توانست فتوسنتز جاری خود را با کم‌ترین میزان افت انجام دهد و در نهایت عملکرد کاهش زیادی متحمل نشود.

تشکر و قدر دانی

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد می‌باشد و بدین وسیله از اساتید راهنما و مشاور کمال تشکر و قدردانی را دارم.

منابع References

اویسی، م. ۱۳۸۹. بررسی اثر میزان و زمان حذف برگ بر صفات مرفوفیزیولوژیک، توزیع و تسهیم ماده خشک ذرت دانه‌ای هیبرید KSC704 در شرایط کم‌آبی. رساله دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران. ۱۱۲ صفحه.

پوراسماعیل، پ. ۱۳۸۵. بررسی تاثیرات پلیمر سوپر جاذب بر کارآیی مصرف آب و عملکرد در لوبیای قرمز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی کرج. دانشگاه آزاد اسلامی. ۲۰۴ صفحه.

پیله‌وری خمامی، ر.، صفرزاده ویشکایی، م.، ساجدی، ن.، رسولی، م. و مرادی، م. ۱۳۸۷. اثر مصرف مقادیر متانول و روی بر خصوصیات کمی و کیفی بادام زمینی در گیلان. یافته های نوین کشاورزی. س دوم، ش ۴.

رحمانی، م.، حبیبی، د.، شیرانی‌راد، ا.، دانشیان، ج.، ولدآبادی، ع.، مشهدی اکبر بوجار، م. و خلعتبری، م. ۱۳۸۸. تاثیر پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز) و پایداری غشای سیتوپلاسمی در گیاه دارویی خردل تحت شرایط تنش کم‌آبی. فصلنامه علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم. ۳۸:۲۲-۱۹.

رحیمیان، ح.، کوچکی، ع. و زند، ا. ۱۳۷۹. فتوسنتز و تولید در شرایط متغیر محیط (ترجمه). انتشارات سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران. ۴۳۰ صفحه.

شافعی، س. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر برخی از خصوصیات فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و زراعی ارقام مختلف سویا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۱۳۳ صفحه.

قلی‌نژاد، ا.، آیینه‌بند، ا.، حسن‌زاده قورت تپه، ع.، برنوسی، ا. و رضایی، ح. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر تنش خشکی با سطوح نیتروژن و تراکم بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و شاخص برداشت رقم ایروفلور آفتابگردان در ارومیه. ۱۶ (۳): ۲۶-۱.

میرآخوری. م.، پاک‌نژاد، ف.، اردکانی، م.، مرادی، ف.، ناظری، پ. و نصری، م. ۱۳۸۷. اثر محلول‌پاشی متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ج ۲، ش ۲، ص ۲۳۶-۲۴۴.

Anonymous. 2010. Sunflower, Improvement and Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations Production and Protection Series. No. 65. pp 303–362.

Andrade, F., Echarte, L., Rizzalli, R., Della, A., and Casanovas, M. 2002. Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress. Crop Science. 42: 1173-1179.

Bhardwaj, R. K. 2009. Advances in oil seed research. Oxford Book Company, Jaipur, India.

Faver, K.L., and Gerik, T.J. 1996. Foliar-applied methanol effects on cotton(*Gossy piumhirsutum* L.) gas exchange and growth. Field Crop Res. 47: 227-234.

Hsiao, T.C. 2000. Leaf and root growth in relation to water status. Hort. Sci., 35: 1051-1058.

Larson, K.L., and Eastin, J.D. 2009. Drought injury and resistance in crop. GSSA special publication No. 2. Crop sci. of America. Madison, Wisconnsin.

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

Makhdum, M.I., Malik, M.N.A., Din, S.U., Ahmad, F., and Chaudhry, F.I. 2002. Physiological response of cotton to methanol foliar application. J. Res. (Sci.) 13: 37-43.

Mcgiffen, M.E., Green, R.L., Manthey, J.A., Faber, B.A., Downer, A.J., Sakovich, N.J., and Aguiar, J. 1995. Field tests of methanol as a crop yield enhancer. Hort sci. 30:1225-1228.

Mudgett, M.E., and Clarke, S.1993. Characterization of plant L-iso as partyl methyl transferees that may be involved in seed survival. Purification, characterization and sequence analysis of the wheat germ enzyme. Biochem. 32: 1100-1111.

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

Roshdi, M., Rezadost, S., and Zeinalzade, H. 2005. A survey on the effect of different levels of irrigation features on the qualitative and quantitative varieties of sunflower. Rome, Italy: 82.

SafarazadeVishgahi, M.N., and Nourmohamadi Magidi, H. 2005. Effect of Methanol on peanutfunction and yield components. Iranian Journal of Agricultural Sciences103-88.(In Persian with English Summary)

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

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