تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۹
۸۲۷-۸۱۵
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2199.1549

مقاله پژوهشی

اثر محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک بر برخی از صفات رشد و عملکردی گندم پاییزه رقم میهن تحت تنش کمبود آب

الهه عطاردی اصل[۱]، ابراهیم خلیل‌وند بهروزیار[۲*]

۱. کارشناس ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۳۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک بر برخی از صفات فیزیولوژیک گندم پاییزه تحت آبیاری محدود، آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ به اجرا در آمد. عامل اصلی دور آبیاری در دو سطح شامل هر هفت روز یک‌بار (آبیاری کامل) و هر ۱۴ روز یک‌بار (آبیاری محدود) و ترکیب فاکتوریلی کاربرد متانول (در سه سطح صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد) و اسید سالیسیلیک (در دو سطح صفر و نیم درصد) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. سرعت پر شدن دانه در اثر محلول‌پاشی ۱۰ درصد متانول و آبیاری کامل، ۴۷ درصد بیشتر از عدم محلول‌پاشی و آبیاری هر ۱۴ روز یک‌بار بود. بیشترین دوره مؤثر پر شدن دانه نیز در اثر محلول‌پاشی ۱۰ درصد متانول و ۰/۵ درصد اسید سالیسیلیک و بیشترین عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی ۰/۵ درصد اسید سالیسیلیک و متانول ۲۰ درصد با میانگین ۷۴۴/۷ گرم در مترمربع بود که نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی افزایش معادل ۵۸ درصد داشت. در شرایط تنش کم‌آبی، کاربرد اسید سالیسیلیک موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد اسید سالیسیلیک) گردید به‌طوری‌که کاربرد تیمار ۰/۵ درصد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش موجب افزایش ۶۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار صفر درصد اسید سالیسیلیک گردید.

واژه‌های کلیدی: **دوره مؤثر پر شدن دانه، سرعت پر شدن دانه، عملکرد دانه، کلروفیل، محتوای رطوبت نسبی**

مقدمه

گندم یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی ازلحاظ سطح زیرکشت و میزان تولید در جهان است و نقش مهمی را در تأمین نیاز غذایی جوامع بشری دارد (Rahimi et al., 2017). سطح زیر کشت غلات در سال ۱۳۹۵ در ایران ۷۱/۷۶ درصد بود که از این مقدار گندم با ۵۰/۳۹ درصد مقام اول را دارا بود. همچنین در میان غلات، گندم ازلحاظ تولید با ۱۷/۵۸ درصد (۱۴ میلیون تن) نسبت به ذرت با ۲۷ درصد (۲۲ میلیون تن) در رتبه دوم دارد (Ministry of Agriculture Jihad, 2017). در میان عوامل محدودکننده عملکرد، کمبود آب مهم‌ترین عاملی است که به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و ایران، از راه‌های مختلف، تولید گیاهان زراعی را با مشکل مواجه ساخته و منجر به کاهش حاصلخیزی خاک‌ها و محدودیت کاشت می‌شود (Mollasadeghi et al., 2011; Khalilvand and Yarnia, 2016).

تحت شرایط تنش کمبود آب فرآیندهای فیزیولوژیک و بیولوژیکی گیاه مختل شده و رشد در گیاه کاهش می‌یابد (Ober, 2001). در بررسی واکنش ارقام مختلف گندم به تنش خشکی بعد از گلدهی، قطع آبیاری موجب کاهش

* نگارنده پاسخگو: ابراهیم خلیل‌وند بهروزیار. پست الکترونیک e.khalilvand@iaut.ac.ir

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه گردید (Momtazi, 2011).

طبق گزارش‌های زبیک و همکاران (Zebic et al., 2003) افزایش غلظت دی‌اکسید کربن می‌تواند اثرات ناشی از تنش کمبود آب را خنثی نماید (Khalilvand and Yarnia, 2015). ازاین‌رو به کار بردن موادی که بتواند سبب افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در گیاه شود موجب تثبیت عملکرد در شرایط کمبود آب می‌گردد (Ramirez et al., 2006). متانول ماده‌ای است که با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن، تأثیر قابل‌توجهی بر فیزیولوژی گیاهان دارد و با افزایش ظرفیت فتوسنتزی، باعث افزایش عملکرد گیاهان خصوصاً در شرایط تنش‌های محیطی می‌شود (Downie et al, 2004).

نونومورا و بنسون (Nonomura and Benson, 1992) معتقدند که مهم‌ترین ویژگی و مزیت کاربرد متانول، جلوگیری و کاهش اثر تنش‌های القاشده به گیاهان زراعی در اثر کاهش تنفس نوری در آن‌هاست. طی آزمایشی راجالا و همکاران (Rajala et al.1988) علت کاهش تنفس نوری را در گیاهان تیمار شده با متانول را اکسیداسیون سریع متانول به دی‌اکسید کربن و ترکیب شدن آن با آنزیم ریبولوز ۱-۵ بیس فسفات کربوکسیلاز و کم شدن رقابت بین دی‌اکسید کربن با اکسیژن بیان داشتند. محلول‌پاشی با متانول به دلیل افزایش فعالیت فتوسنتزی و رشد رویشی و افزایش تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف موجب افزایش تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه در سویا تحت تنش خشکی گردید (Esazadeh Panjali Kharabasiet al., 2017). خلیل‌وند و هریسچی (Khalilvand and Herischi, 2014) گزارش کردند که محلول‌پاشی بوته‌های آفتابگردان با محلول ۲۱٪ حجمی متانول در شرایط آبیاری نرمال موجب افزایش ۳۵ درصدی ارتفاع بوته، ۶۵ درصدی قطر طبق و ۶۹ درصدی روغن می‌گردد. پاک‌نژاد و همکاران (Paknejad et al., 2009) نشان دادند که محلول‌پاشی با متانول موجب افزایش عملکرد دانه، محتوای کلروفیل و هدایت الکتریکی در گیاه نخود تحت تنش خشکی می‌شود.

سالیسیلات یکی از تنظیم‌کننده‌های درونی رشد و از ترکیبات طبیعی فنولی است که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک در گیاهان مشارکت دارد (Rao et al., 2012). از این فرآیندهای فیزیولوژیک می‌توان به جذب یون‌ها، نفوذپذیری غشاها، فتوسنتز، جوانه‌زنی، رشد و نمو گیاه اشاره نمود (Talebi et al., 2012). اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان مهم در پاسخ به تنش‌های متعددی زیستی و غیر زیستی شناخته‌شده و باعث افزایش مقاومت گیاهان در مقابل این تنش‌ها ازجمله خشکی می‌شود (Chen et al., 2014). بر اساس نتایج حاصل از بررسی نیکولای و همکاران (Nicolae et al, 2009)، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر گیاهچه‌های آفتابگردان رشد گیاه و محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه را افزایش داد. کاربرد اسید سالیسیلیک در لوبیا موجب کاهش اثرات تنش خشکی بر ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و عملکرد پروتئین گردید (Sadeghipour and Aghaei. 2012). حبیبی (Habibi, 2012) گزارش نمود که در گیاه جو تنش خشکی باعث کاهش ماده خشک و جذب خالص گیاه گردید درحالی‌که اسید سالیسیلیک این صفات را افزایش داد.

افزایش تحمل گیاهان نسبت به تنش‌های مختلف زیستی و غیر زیستی از راه‌های مختلف نظیر به نژادی و استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد و مواد شیمیایی شامل کاربرد اسید سالیسیلیک، متانول و غیره عملی است. با توجه به اینکه بخش وسیعی از زمین‌های زیر کشت در ایران دارای شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک است و به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، در اکثر نقاط آن تنش‌های مهم غیرزنده مانند خشکی، شوری و دما موجب کاهش عملکرد و در مواردی نیز موجب عدم موفقیت در کشاورزی گردیده است، ازاین‌رو حصول بالاترین میزان عملکرد با مصرف حداقل آب ممکن در کوتاه‌ترین زمان با کاربرد ترکیبات فوق در مقابل روش‌های به نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بردار هستند ضروری به نظر می‌رسد. تحقیق حاضر نیز در راستای نیل به اهدافی چون ارزیابی و شناسایی صفات مهم فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد نهایی گندم در شرایط تنش کمبود آب و کاربرد ترکیبات متانول و اسید سالیسیلیک صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریا بر روی گندم نان رقم میهن به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی دور آبیاری در دو سطح شامل هر هفت روز یک‌بار (آبیاری کامل) و هر ۱۴ روز یک‌بار (آبیاری محدود)

و ترکیب فاکتوریلی کاربرد متانول (در سه سطح صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد) و اسید سالیسیلیک (در دو سطح صفر و نیم درصد) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. کشت بذور در سوم مهرماه به‌صورت خطی در ردیف‌هایی با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و روی ردیف با فاصله ۳-۲ سانتی‌متر در عمق ۴-۳ سانتی‌متری انجام شد. هر کرت از ۵ ردیف کاشت به طول ۳ متر تشکیل‌شده و فاصله کرت‌های فرعی با یکدیگر نیز ۱ خط نکاشت و فاصله کرت‌های اصلی ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. آبیاری مزرعه تا مرحله ساقه‌روی برحسب نیاز آبی گیاه انجام ولی بعدازآن تنش کم‌آبی اعمال گردید (کد ۳۱ مقیاس زادوکس). برای تعیین نیاز آبی گندم، عمق آبیاری بر مبنای ضرایبی از تبخیر با استفاده از تشت تبخیر کلاس A محاسبه شد. محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک نیز در تمامی تیمارها در مراحل ساقه‌روی، شیری و خمیری دانه‌ها در صبح (ساعت ۷-۹) با استفاده از سم‌پاش تلمبه‌ای دستی با فاصله‌ی ۵۰ سانتی‌متر از بوته‌ها به‌صورت یکنواخت انجام و تا زمان جاری شدن قطرات محلول از روی بوته‌ها ادامه یافت (Khalilvand and Yarnia, 2013). به‌منظور یکنواختی و ایجاد شرایط یکسان، محلول‌پاشی تیمارهای شاهد نیز با آب معمولی انجام گرفت. جدول ۱ مشخصات خاک مورد کشت و جدول ۲ آمار هواشناسی منطقه مورد آزمایش را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات خاک مزرعه مورد آزمایش

Table1. Soil Physical and chemical analysis

رس **Clay** (%)	سیلت **Silt** (%)	شن **Sand** (%)	پتاسیم **K** (ppm)	فسفر **P** (ppm)	نیتروژن **N** (%)	کربن **C** (%)	هدایت الکتریکی **EC** ($dS.m^{-1}$)	**pH**
14	18	68	600	48	0.133	0.92	1.57	7.8-8.9

جدول ۲. آمار هواشناسی منطقه مورد آزمایش

Table2. Meteorological statistics of the tested area

		میانگین دما حداکثر ماهانه **Monthly maximum average temperature**	میانگین دما حداقل ماهانه **Monthly minimum average temperature**	مجموع بارش ماهانه **Total monthly precipitation**	مجموع تبخیر ماهانه **Total Evaporation Monthly**
September 2017	**مهرماه ۱۳۹۵**	32.01	17.24	0.3	293.1
October 2017	**آبان ماه ۱۳۹۵**	20.98	7.46	7.74	157.4
November 2017	**آذرماه ۱۳۹۵**	13.15	2.82	23.59	54.3
December 2017	**دی‌ماه ۱۳۹۵**	8.01	-2.01	28.63	0
January 2018	**بهمن ماه ۱۳۹۵**	6.08	-2.85	30.8	0
February 2018	**اسفندماه ۱۳۹۵**	9	.021	85.67	0
March 2018	**فروردین‌ماه ۱۳۹۶**	16.76	5.34	51.84	0
April 2018	**اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۶**	18.03	7.19	42.33	158.6
May 2018	**خردادماه ۱۳۹۶**	23	11.41	46.79	193.6

به‌منظور ارزیابی دوره مؤثر و سرعت پر شدن دانه در زمان ظهور سنبله اقدام به علامت‌گذاری ۵۰ بوته در هر کرت آزمایشی گردید. برای بررسی رشد دانه، پانزده روز بعد از مرحله آغاز ظهور سنبله، نمونه‌برداری هر ۷ روز یک‌بار از ساقه اصلی روی ۵ بوته انجام شد، به این صورت که با حذف سنبلک‌های بالا و پایین سنبله اصلی، دانه‌های سنبلک‌های وسطی برداشت و وزن خشک آن‌ها پس از خشک شدن در آون الکتریکی با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به دست آمد. نمونه‌برداری‌ها تا پایان دوره رسیدگی انجام گرفت. سرعت پر شدن دانه (b) از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$b = \frac{\sum xy - \frac{\sum x.\sum y}{n}}{\sum_x 2 - \frac{(\sum_x)2}{n}} \quad [۱]$$

که در آن b: سرعت پر شدن دانه، x: تعداد روز از زمان گرده‌افشانی تا رسیدن فیزیولوژیک و y: میانگین وزن تک‌دانه. با توجه به وزن نهایی دانه، دوره مؤثر پر شدن دانه از رابطه زیر (۲) محاسبه گردید (Mosanna and Khalilvand, 2015):

$$\text{دوره مؤثر پرشدن دانه} = \frac{\text{وزن نهایی وزن}}{\text{سرعت پرشدن دانه}} \quad [۲]$$

برای سنجش کلروفیل در مرحله ۵۰ درصد گرده‌افشانی گل‌ها (کد ۶۵ مقیاس زادوکس)، ۰/۲ گرم از بافت تازه برگی با استون ۸۰٪ به‌تدریج ساییده و حجم محلول به‌دست‌آمده به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ و سپس جذب نوری محلول رویی در طول‌موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ توسط اسپکتروفتومتر اندازه-گیری شدند.

مقدار کلروفیل طبق روابط پورا (Porra, 2002) برای محاسبه کلروفیل a (رابطه ۳)، کلروفیل b (رابطه ۴) و مجموع کلروفیل‌های a و b (رابطه ۵) محاسبه شد.

$$\text{Chl a } (\mu g/ml) = 12.25\ E^{663} - 2.55 \times E^{645} \quad [۳]$$

$$\text{Chl b } (\mu g/ml) = 20.31\ 645 - 4.91 \times E^{663} \quad [۴]$$

$$\text{Total Chl } (\mu g/ml) = 17.76\ E^{645} + 7.34 \times E^{663} \quad [۵]$$

برای محاسبه محتوای رطوبت نسبی برگ نیز در مرحله ۵۰ درصد گرده‌افشانی گل‌ها برگ سوم از بالای هر بوته در هر تیمار برداشت و بلافاصله وزن تر برگ توزین شد. سپس با استفاده از آب مقطر برگ موردنظر در داخل لوله‌های آزمایشی به مدت ۵ ساعت به حالت اشباع در آورده شده و بار دیگر توزین شد. در ادامه برگ را در داخل آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و پس از خشک شدن وزن خشک برگ تعیین و با رابطه زیر (۶) محتوای رطوبت نسبی محاسبه گردید (Khalilvand and Yarnia, 2016):

$$\text{محتوای رطوبت نسبی} = \frac{\text{وزن خشک}-\text{وزن تر}}{\text{وزن خشک}-\text{وزن اشباع}} \times 100 \quad [۶]$$

عملکرد دانه در واحد سطح نیز بر اساس وزن دانه‌ها در مترمربع اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار MSTATC انجام و میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

مطابق جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی تنش کم‌آبی و اسید سالیسیلیک بر تمامی صفات به‌جز سرعت پر شدن دانه و میزان کلروفیل a معنی‌دار بودند و اثر اصلی متانول نیز بر همه صفات به‌جز سرعت پر شدن دانه و محتوای رطوبت نسبی، معنی‌دار بود. همچنین اثرات متقابل محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک بر صفات دوره مؤثر پر شدن دانه و عملکرد دانه، تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی متانول بر صفت سرعت پر شدن دانه و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در سطوح تنش کم‌آبی بر صفت عملکرد دانه معنی‌دار بود. اثرات متقابل محلول‌پاشی متانول، اسید سالیسیلیک و تنش کم‌آبی نیز در صفت محتوای رطوبت نسبی برگ معنی‌دار بود (جدول ۳).

سرعت و دوره پر شدن دانه

برهم‌کنش محلول‌پاشی با متانول در سطوح مختلف تنش کم‌آبی نشان داد که بیش‌ترین سرعت پر شدن دانه در بوته-های تحت محلول‌پاشی با متانول ۱۰ درصد و آبیاری هر ۷ روز یک‌بار با میانگین ۱/۲۵۹ گرم در روز و کم‌ترین سرعت پر شدن دانه نیز در تیمار عدم محلول‌پاشی و آبیاری هر ۱۴ روز یک‌بار با میانگین ۰/۸۵۵۲ گرم در روز بود (شکل ۱).

در شرایط آبیاری کامل (بدون تنش)، کاربرد متانول اثر معنی‌داری بر سرعت پر شدن دانه نداشت ولی در شرایط تنش کم‌آبی، کاربرد متانول موجب افزایش معنی‌دار سرعت پر شدن دانه نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد متانول) گردید به‌طوری‌که کاربرد تیمارهای ۱۰ و ۲۰ درصد متانول در شرایط تنش به ترتیب موجب افزایش ۴۵ و ۳۰ درصدی سرعت پر شدن دانه نسبت به تیمار صفر درصد متانول گردید (شکل ۱). همچنین برهم‌کنش محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک نشان داد که کوتاه‌ترین دوره پر شدن دانه در تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک) با میانگین ۲۹/۵۵ روز و بیش‌ترین آن در تیمار محلول‌پاشی ۰/۵ درصد اسید سالیسیلیک و متانول ۱۰ درصد با میانگین ۴۵/۳۸ روز بود (شکل ۲). بین تیمارهای موجود در شرایط محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۰/۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴)

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس صفات (میانگین مربعات) موردارزیابی در گندم پاییزه تحت تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک

Table 3. Analysis of variance (square mean) of studied traits of winter wheat under water deficit and methanol and salicylic acid foliar application

			میانگین مربعات Mean Square			
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	محتوای کلروفیل a Chl a Content	محتوای کلروفیل b Chl b Content	محتوای کلروفیل a+b Chl a+b Content	محتوای رطوبت نسبی Relative Water Content
Replication	تکرار	2	0.001 ns	.003 ns	0.016 ns	5.339 ns
Water Deficit (WD)	کم‌آبی	1	0.008 ns	0.083 *	0.207 *	188.1**
Error	خطا	2	0.001	0.003	0.006	1.344
Methanol Foliar Application (MFA)	متانول	2	0.007*	0.022**	0.0032**	5.32 ns
MFA× WD	متانول × کم‌آبی	2	0.001 ns	0.003 ns	0.003 ns	7.36 ns
Salicylic Acid (SA)	اسید سالیسیلیک	1	0.001 ns	0.011*	0.029**	18939**
SA×WD	اسید سالیسیلیک × کم‌آبی	1	0.002 ns	0.003 ns	0.003 ns	22.23 ns
SA× MFA	متانول × اسید سالیسیلیک	2	0.006 ns	0.005 ns	0.008 ns	3.36 ns
SA×MFA WD	کم‌آبی×متانول×اسید سالیسیلیک	2	0.001 ns	0.015 ns	0.007 ns	73.32**
Error	خطا	20	0.0027	0.002	0.003	6.875
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)		*24*	*9.066*	*12.5*	*3.688*

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

			میانگین مربعات Mean Square		
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	سرعت پر شدن دانه Grain filling rate	دوره پر شدن دانه Grain filling duration	عملکرد دانه Grain yield
Replication	تکرار	2	0.038 ns	7.25 ns	2045 ns
Water Deficit (WD)	کم‌آبی	1	0.007 ns	195 *	690505 **
Error	خطا	2	0.032	6.88	1292
Methanol Foliar Application (MFA)	متانول	2	0.044 ns	309**	129479 **
MFA× WD	متانول × کم‌آبی	2	0.321**	37 ns	962 ns
Salicylic Acid (SA)	اسید سالیسیلیک	1	0.001 ns	149*	43236**
SA×WD	اسید سالیسیلیک × کم‌آبی	1	0.069 ns	45 ns	188587**
SA× MFA	متانول × اسید سالیسیلیک	2	0.143 ns	134**	13784*
SA× MFA× WD	کم‌آبی×متانول×اسید سالیسیلیک	2	0.125 ns	14.69 ns	4590 ns
Error	خطا	20	0.047	21	3205
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)		*19.53*	*11.65*	*9.8*

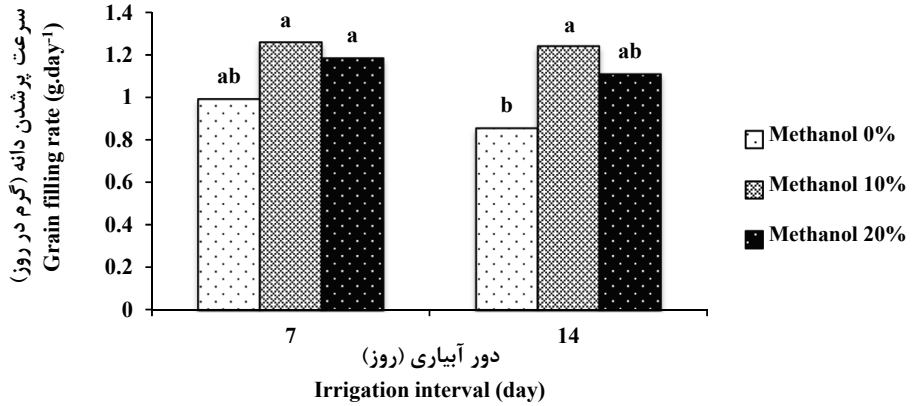
Ns، *،** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns,* and **: Non significant, significant at 5% and 1% respectively, WD: Water Deficit, MFA: Methanol Foliar application, SA: Salicylic Acid

پر شدن دانه به دو عامل سرعت و طول دوره پر شدن دانه بستگی دارد (Brdar et al., 2006). مشارکت سرعت و طول دوره پر شدن دانه از عوامل تعیین‌کننده در رسیدگی فیزیولوژیک و وزن نهایی دانه است (Fanny et al., 2008).

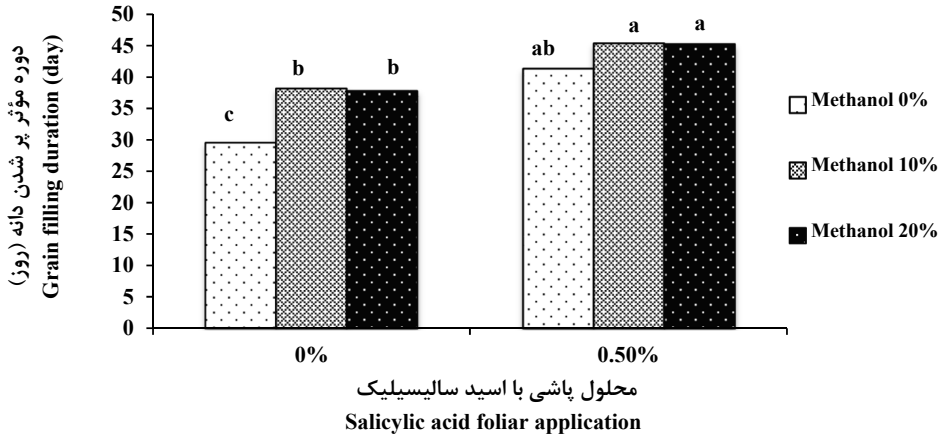
یکی از علل افزایش تجمع ماده خشک در گیاهان تیمار شده با متانول مختل شدن تنفس نوری و درنتیجه افزایش ماده خشک کل است (Nanomoura and Benson, 1992). مصرف متانول می‌تواند روند افزایش وزن تر و وزن خشک

گیاهان را تحریک کند و ارتباط نزدیکی بین مقدار افزایش وزن خشک گیاهان با مقدار متانول مصرف‌شده بر روی آن‌ها وجود دارد، همچنین محلول‌پاشی متانول روند پیری برگ‌ها را به تأخیر می‌اندازد که می‌تواند سبب افزایش دوام سطح برگ و درنتیجه افزایش مدت فعالیت فتوسنتزی در برگ‌ها شود (Ramberg et al., 2002).



شکل ۱. اثر محلول‌پاشی با متانول در سطوح مختلف تنش کم‌آبی بر سرعت پر شدن دانه

Fig. 1. Effect of methanol foliar application under water deficit stress levels on grain filling rate



شکل ۲. اثر محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک بر دوره پر شدن دانه

Fig. 2. Effect of methanol and salicylic acid foliar application on grain filling duration

بهبود پارامترهای رشد تحت تیمار اسید سالیسیلیک را می‌توان به دلیل تأثیر حفاظتی اسید سالیسیلیک بر دستگاه فتوسنتزی، فعالیت آنزیم روبیسکو، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای و سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی دانست (Popova et al., 2009). بررسی‌های سنجری و همکاران (Sanjari et al., 2011) نشان می‌دهد که در شرایط تنش خشکی بعد از گرده‌افشانی انتقال مواد آسیمیلات، کارایی مواد آسیمیلات و شرکت مواد آسیمیلات به دانه‌های در حال تشکیل افزایش می‌یابد، درحالی‌که وزن دانه، میزان رشد دانه و شرکت آسیمیلات‌های جاری در تشکیل دانه به‌شدت کاهش نشان می‌دهد. سیمن و همکاران (Simane et al., 1993) گزارش نمودند که وقوع تنش در ابتدای فصل رشد، مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک را به تأخیر می‌اندازد ولی وقوع تنش در مرحله گلدهی و انتهای دوره رشد (در زمان دانه‌بندی)، دوره پر شدن دانه را در گندم ۱۰ تا ۱۱ روز کوتاه‌تر می‌کند.

کلروفیل a، b و مجموع کلروفیل a+b

بیش‌ترین مقدار کلروفیل a، b و a+b در تیمار محلول‌پاشی با متانول ۲۰ درصد و کم‌ترین آن‌ها در تیمار عدم محلول‌پاشی با متانول بود (جدول ۴). محلول‌پاشی متانول با کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر کارایی رنگیزه‌های فتوسنتزی مؤثر است زیرا کاربرد متانول از طریق کاهش اندازه فتوسیستم I و II، موجب جذب کمتر نور و حفظ سیستم فتوسنتزی و تخریب کمتر مولکول‌های کلروفیل تحت تنش خشکی می‌گردد (Amraei et al., 2017).

در خصوص اثر متانول بر میزان کلروفیل گیاه گزارش‌های متفاوتی وجود دارد. نتایج آزمایشی نشان داد که غلظت‌های متوسط متانول باعث افزایش میزان کلروفیل گیاه سویا شد، ولی غلظت‌های بالاتر کاهش میزان کلروفیل را به همراه داشت (Paknejhad et al., 2009). محلول‌پاشی متانول بر روی بوته‌های فلفل نیز مقدار کلروفیل را افزایش داد (Safarzadeh Vishkaii et al., 2007).

جدول ۴. مقایسات میانگین اثر دور آبیاری، محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک بر صفات موردمطالعه

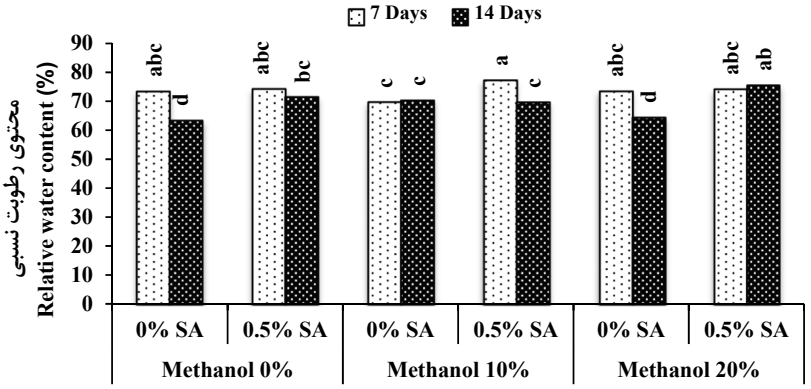
Table4. Mean comparison of irrigation interval, methanol and salicylic acid foliar application effect on traits studied

تیمارها Treatments		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyl b	کلروفیل a+b Chlorophyl a+b	دوره مؤثر پر شدن دانه Grain filling duration
دور آبیاری (روز) Irrigation interval (day)	7	-	0.344	0.334	41.89
	14	-	0.309	0.292	37.3
متانول (٪) Methanol (%)	0	0.1292 b	0.283 b	0.419 b	-
	10	0.1483 b	0.329 a	0.487 a	-
	20	0.1783 a	0.368 a	0.537 a	-
اسید سالیسیلیک (٪) Salicylic acid (%)	0	-	0.309	0.292	-
	0.5	-	0.344	0.334	-

محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۵ درصد نسبت به عدم محلول‌پاشی مقدار کلروفیل b و مجموع کلروفیل a+b را افزایش داد (جدول ۴). تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید باعث افزایش میزان رنگ‌دانه‌ها می‌شود که احتمالاً به دلیل تأثیر سالیسیلیک اسید بر میزان تولید رادیکال‌های آزاد است که درنتیجه از تخریب کلروفیل جلوگیری می‌کند (Farzaneh et al., 2014). پوپووا و همکاران (Popova et al., 2009) نیز گزارش کردند که سالیسیلیک اسید باعث افزایش مقدار کلروفیل در گیاه عدسک آبی شد. کاهش محتوای کلروفیل تحت شرایط تنش و افزایش آن تحت محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید توسط محققین دیگری نیز گزارش شده است (Habibi, 2012). آبیاری هر ۱۴ روز یک‌بار نسبت به هر ۷ روز به ترتیب به میزان ۱۱/۳۲ و ۱۴/۳۸ درصد میزان کلروفیل b و مجموع کلروفیل a+b را کاهش داد (جدول ۴). یکی از راه‌کارهای گیاهان برای کاهش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن، افزایش فعالیت آنزیمی به نام کلروفیلاز است که باعث تجزیه کلروفیل می‌شود (Hassibi et al., 2007).

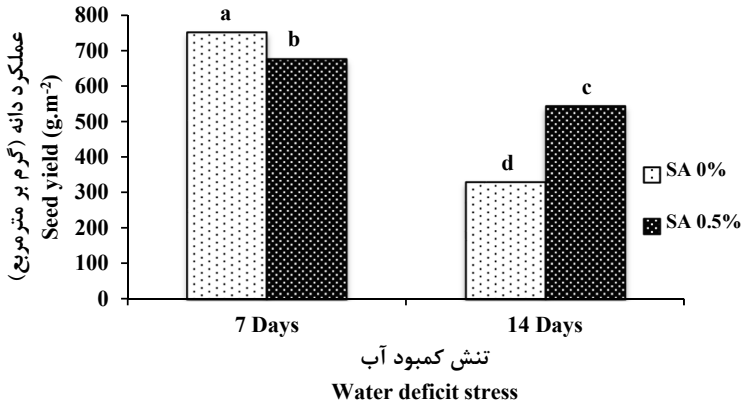
محتوای رطوبت نسبی

بیش‌ترین محتوی رطوبت نسبی در تیمار محلول‌پاشی با متانول ۱۰ درصد و با مصرف همزمان اسید سالیسیلیک ۰/۵ درصد و آبیاری هر ۷ روز یک‌بار به دست آمد و کمترین آن در تیمار عدم مصرف متانول با عدم مصرف اسید سالیسیلیک و آبیاری هر ۱۴ روز یک‌بار با ۶۳/۲۳ درصد به دست آمد که با تیمار ۲۰ درصد متانول تحت آبیاری ۱۴ روز یک‌بار و عدم مصرف اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳)؛ اما عدم استفاده از اسید سالیسیلیک تحت آبیاری هر ۱۴ روز یک‌بار و عدم مصرف متانول میزان این صفت را ۲۱/۸ درصد نسبت به تیمار متانول ۲۰ درصد و استفاده از اسید سالیسیلیک ۰/۵ درصد و آبیاری هر ۷ روز یک‌بار کاهش داد.



شکل ۳. اثر محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک در سطوح مختلف آبیاری بر محتوی رطوبت نسبی برگ

Fig. 3. Effect of methanol and salicylic acid foliar application under different irrigation levels on relative water content



شکل ۴. اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در سطوح مختلف آبیاری بر محتوی رطوبت نسبی

Fig. 4. Effect of salicylic acid foliar application under different irrigation levels on seed yield

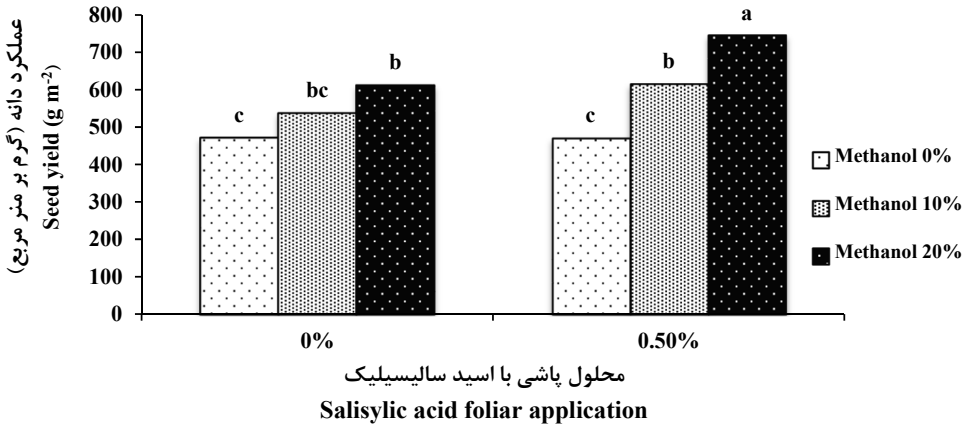
محتوای نسبی آب برگ یکی از صفات فیزیولوژیکی پاسخ‌دهنده به تنش خشکی است که همبستگی بالایی در تحمل به تنش خشکی دارد (Colom and Vazzana, 2003). کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل دخیل در کاهش محتوای رطوبت نسبی شناخته‌شده‌اند (Paknezhad et al., 2013). طبق گزارش‌های پاک‌نژاد و همکاران (Paknezhad et al., 2009) کاهش محتوای آب نسبی و بسته شدن روزنه‌ها اولین تأثیر تنش خشکی بوده که از طریق اختلال در سیستم ساخت مواد فتوسنتزی موجب کاهش میزان عملکرد می‌شود. تحت شرایط تنش خشکی گیاه روزنه‌های خود را می‌بندد درنتیجه میزان دی‌اکسید کربن درون‌سلولی کاهش می‌یابد که این منجر به کاهش فتوسنتز و ساخت‌وساز در برگ می‌شود (Yang et al., 2007). بر اساس گزارش نانومورا (Nonomura, 1997) محلول‌پاشی با متانول در گیاهانی که در معرض تنش خشکی هستند، سبب افزایش پتانسیل آب و محتوای آب نسبی می‌شود. در این پژوهش علت افزایش محتوای آب نسبی در گیاهان تیمار شده با متانول دو برابر شدن میزان قند تولیدشده در برگ این گیاهان بیان‌شده است. سالیسیلیک اسید نیز از طریق افزایش اسیمیلات‌های محلول همچون پرولین باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ می‌شود (Amiri and Baninasab, 2016).

عملکرد دانه

برهمکنش محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در سطوح مختلف تنش کمبود آب نشان داد که بیشترین میزان عملکرد

دانه در شرایط عدم محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و آبیاری هر ۷ روز یک‌بار با ۷۵۱/۲ گرم بر مترمربع و کمترین آن در تیمار عدم محلول‌پاشی و تیمار آبیاری هر ۱۴ روز یک‌بار با ۳۲۹/۴ گرم بر مترمربع مشاهده شد. در شرایط تنش کم‌آبی، کاربرد اسید سالیسیلیک موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد اسید سالیسیلیک) گردید به‌طوری‌که کاربرد تیمار ۰/۵ درصد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش موجب افزایش ۶۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار صفر درصد اسید سالیسیلیک گردید (شکل ۴). تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که احتمالاً به علت تأثیر محافظتی سالیسیلیک اسید بر دستگاه فتوسنتزی، محتوای رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و کاروتنوئیدها، افزایش کارایی فتوسیستم دو، غلظت و فعالیت بیشتر آنزیم روبیسکو و در نهایت تأمین بیشتر ATP و NADPH برای تثبیت کربن و تولید بیشتر آسیمیلات باشد (Khan et al., 2003). طیبی و همکاران (Tayebi et al., 2018) گزارش کردند که استفاده از غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید سبب افزایش معنی‌دار تعداد شاخه فرعی، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه گلرنگ در شرایط عدم تنش شده و بیشترین افزایش از مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید حاصل می‌شود.

برهمکنش محلول‌پاشی با متانول و اسید سالیسیلیک نیز نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی ۰/۵ درصد اسید سالیسیلیک و متانول ۲۰ درصد با میانگین ۷۴۴/۷ گرم در مترمربع و کمترین آن در تیمار محلول‌پاشی ۰/۵ درصد اسید سالیسیلیک و عدم کاربرد متانول با میانگین ۴۶۹/۵ گرم بود. در حالت کاربرد اسید سالیسیلیک، محلول-پاشی با هر دو غلظت ۱۰ و ۲۰ درصد متانول موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۳۱ و ۵۹ درصد نسبت به شاهد (بدون کاربرد متانول) گردید و در حالت عدم محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک، با کاربرد ۲۰ درصد متانول، عملکرد دانه نسبت به شاهد (بدون متانول) افزایش معنی‌داری در حدود ۳۰ درصد داشت ولی تیمار ۱۰ درصد متانول اثر معنی‌داری نسبت به شاهد نداشت (شکل ۵). گزارش شده است که محلول‌پاشی متانول باعث افزایش میزان دی‌اکسید کربن و به دنبال آن افزایش ظرفیت فتوسنتزی و عملکرد دانه گیاه لوبیاچیتی هم در شرایط طبیعی و هم در شرایط تنش خشکی می‌شود (Emaratpardaz et al., 2015). افزایش غلظت متانول در بافت‌های گیاهی بر بازده تبدیل کربن و نیز مسیرهای متابولیکی مربوط به تبدیل کربن نیز اثر می‌گذارد (Bayat et al., 2012). بررسی‌های مختلف نشان داده‌اند که رشد و عملکرد گیاهان زراعی سه کربنه با محلول‌پاشی متانول افزایش پیدا نموده و متانول به‌عنوان یک منبع کربنی به افزایش ظرفیت فتوسنتزی آن‌ها کمک می‌کند (Mirakhori et al., 2009). بر اساس گزارش احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2018) محلول‌پاشی با متانول ۱۰ درصد موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کلزا گردید.



شکل ۵. اثر محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک بر عملکرد دانه

Fig. 5. Effect of methanol and salicylic acid foliar application on seed yield

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که سرعت پر شدن دانه در اثر محلول‌پاشی ۱۰ درصد متانول و آبیاری کامل (۱/۲۵۹ گرم در روز)، ۴۷ درصد بیشتر از عدم محلول‌پاشی و آبیاری هر ۱۴ روز یک‌بار (۰/۸۵ گرم در روز) بود که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی ۲۰ درصد متانول و آبیاری هر ۱۴ روز یک‌بار (۱/۲۴۱ گرم در روز) نداشت. در حالت عدم محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک، محلول‌پاشی با متانول ۲۰ درصد، عملکرد دانه را نسبت به شاهد در حدود ۳۰ درصد افزایش داد درحالی‌که تیمار ۱۰ درصد متانول اثر معنی‌داری نسبت به شاهد نداشت. در حالت کاربرد اسید سالیسیلیک نیز محلول‌پاشی با هر دو غلظت ۱۰ و ۲۰ درصد متانول موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۳۱ و ۵۹ درصد نسبت به شاهد گردید. بر اساس نتایج بیشترین دوره مؤثر پر شدن دانه در اثر محلول-پاشی ۱۰ درصد متانول و ۰/۵ درصد اسید سالیسیلیک (با میانگین ۴۵/۳۸ روز) و بیشترین عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی ۰/۵ درصد اسید سالیسیلیک و متانول ۲۰ درصد با میانگین ۷۴۴/۷ گرم در مترمربع حاصل شد که با توجه به اثرات مثبت متانول و اسید سالیسیلیک برافزایش عملکرد در گیاهان تیمار شده، کاربرد این دو ترکیب در شرایط تنش کمبود آب توصیه می‌گردد.

منابع

Ahmadi, K., Rostami, M., Hosseinzadeh, S.R., 2018. Effects of foliar application of methanol on yield and yield components of two cultivars of canola (*Brassica napus* L.) under rain fed conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 16 (3), 629-640. [In Persian with English summary].

Amiri, A., Baninasab, B., 2016. Effect of Salicylic acid on vegetative and physiological parameters of Bitter Almond seedling under NaCl stress. Iranian Journal of Horticulture and Technology. 17(1), 1-12 [In Persian with English summary].

Amraei, B., Paknejad, F., Ebrahimi, M.A., Sobhanian, H., 2017. Effects of methanol spraying on some biochemical and physiological characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research. 12 (45), 81-94. [In Persian with English summary].

Ministry of Agriculture Jihad., 2017. Annual Agricultural Statistics (Crops). Ministry of Agriculture of Iran. www.amar.maj.ir [In Persian].

Bayat, V., Paknejhad, F., Ardakani, M., Vazan, S., Azizi, J., and Mafakheri, S., 2012. Effect of methanol spraying on physiological characteristics, oil and protein yields of soybean (cv. Williams) under deficit irrigation. Annals of Biological Research. 3(2), 871-883.

Brdar, M., Kobiljski, B., Balalić-Kraljević, M., 2006. Grain filling parameters and yield components in wheat. Genetika. 38(3), 175-181.

Chen, Z.L., Li, X.M., Zhang, L.H., 2014. Effect of salicylic acid pretreatment on drought stress responses of zoysia grass (*Zoysia japonica*). Russian Journal of Plant Physiology. 61, 619-625.

Colom, M.R., Vazzana, C., 2003. Photosynthesis and PSII functionality of drought resistant and drought-sensitive weeping love grass plants. Environmental and Experimental Botany. 49, 135–144.

Downie, A., Miyazaki, S., Bohnert, H., John, P., Coleman, J., Parry, M., Haslam, R., 2004. Expression profiling of the response of *Arabidopsis thaliana* to methanol stimulation. Photochemistry Journal. 65, 2305–2316.

Emaratpardaz, J., Hami, A., Kazemnia, H., 2015. Effect of foliar application of methanol in water stress condition on yield components of *Phaseolus vulgaris* L. Agricultural Science and Sustainable Production Science. 25, 125-137. [In Persian with English summary].

Esazadeh Panjali Kharabasi, J., Galavi, M., Ramroudi, M., 2017. Effects of methanol spraying on qualitative traits, yield and yield components of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 15(3), 511-521. [In Persian with English summary].

Fanny, A., Julio, I., Dolors, V., Luis, F., Garciadel, M., Conxita, R., 2008. Breeding effects on grain filling, biomass partitioning,

and remobilization in Mediterranean durum wheat. Agronomy Journal. 100, 361-370.

Farzaneh, M., Ghanbari, M., Eftekharian Jahromi, A., javanmardi, SH., 2014. Effect of salicylic acid foliar application on osmolites and photosynthetic pigments of eggplant (*Solanum melingena* L.) under cold stress. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research. 8 (32), 75-83. [In Persian with English summary].

Habibi, G., 2012. Exogenous salicylic acid alleviates oxidative damage of barley plants under drought stress. Acta Biologica Szegediensis. 56(1), 57-63.

Hassibi, P., Moradi, F., Nabipour, M., 2007. Screening of rice genotypes for low temperature stress-using chlorophyll fluorescence. Iranian Journal of Crop Science. 9, 14-31. [In Persian with English summary].

Khalilvand Behrouzyar, E., Yarnia, M., 2016. Effects of methanol foliar application on nutrient content and RWC of sugar beet under water deficit stress. Bangladesh Journal of Botany. 45(5), 1069-1074.

Khalilvand Behrouzyar, E., Yarnia, M., 2015. Physiological response of sweet corn *(Zea mays* var. Merit) to foliar application of salicylic acid under water deficit stress. Bangladesh Journal of Botany. 44 (4), 659-663.

Khalilvand Behrouzyar, E., Yarnia, M., 2013. The effect of methanol and some micro-macronutrients foliar application on Maize (*Zea mays* L.) maternal plant on seed vigor. Iranian Journal of Seed Research. 1(1), 56-66. [In Persian with English summary].

Khalilvand Behrouzyar, E., Herischi, M., 2014. Effect of methanol foliar application on sunflower (*Helianthus annuus* L.) performance under different regimes of irrigation. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences. 4 (3), 50-54.

Khan, W., Prithiviraj, B., Smith, D., 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Plant Physiology. 160, 485-92

Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, M., Ardakani, M.R., Zahedi, H., Nazeri, P., 2009. Effect of drought stress and methanol on yield and yield components of *Soybean Max* (L 17). American Journal of Biochemistry and Biotechnology. 5 (4), 162-169.

Mollasadeghi, V., Valizadeh, M., Shahryari, R., Akbar Imani, A., 2011. Evaluation of end drought tolerance of 12 wheat genotypes by stress indices. Middle-East Journal of Scientific Research. 7(2), 241-247.

Momtazi, F., 2011. Responses of different wheat cultivars to post anthesis drought stress. Plant Ecophysiology. 3(9), 1-16. [In Persian with English summary].

Mosanna, R., Khalilvand Behrouzyar, E., 2015. Zinc nano-chelate foliar and soil application on maize (*Zea mays* L.) physiological response at different growth stages. International Journal of Advanced Life Sciences. 8(1), 85-89

Nonomura, A.M., 1997. Method and composition for enhancing carbon fixation in plants. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 89, 9794-9798.

Nonomura, A.M., Benson, A.A., 1992. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. Proceedings of National Academy of Science of the United States of America. 89, 9794–9798.

Nicolae, C., Cornelia, P., Eugenia Şesan, T., Andrei, C., 2009. Acetylsalicylic acid role in sunflower (*Helianthus* SP.) plant fungal disease resistance and in physiological processes of sunflower plantlets. Analele Universităţii din Oradea, Fascicula: Protecţia Mediului. 12, 94-106

Paknezhad, F., Mirakhori, M., Jami Al-Ahmadi, M., Nazeri, P., 2009. Physiological response of soybean (*Glycine Max*) to foliar application of methanol under different soil moistures. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 4 (4), 311-318.

Paknezhad, F., Khashaman, M.B., Sadeghi Shoa, M., 2013. Effect of drought stress and methanol on chlorophyll content, relative water content and membrane stability of Williams soybean cultivar. Journal of Crop Production Research. 4(4), 356-364. [In Persian with English summary].

Porra, R., 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosynthesis Research. 73, 149–156

Popova, L.P., Maslenkova L.T., Yordanova R.Y., Ivanova A.P., Krantev A.P., Szalai G., Janda T., 2009. Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea

seedlings. Plant Physiology and Biochemistry Journal. 47, 224-231

Rahimi, A., Bihamta, M.R., khodarahmi, M., 2017. Evaluation of different characteristics of wheat genotypes under drought stress using multivariate statistical. Journal of Crop Breeding. 9(21), 147-152. [In Persian with English summary].

Rajala, A., Karkkainen, J., Peltonen, J., Peltonen-Sainio, P., 1998. Foliar application of alcohols failed to enhance growth and yield of C3 crops. Industrial Crops and Products, 7, 129 - 137.

Ramberg, H.A., Bradley, J.S.C., Olson, J.S.C., Nishio, J.N., Markwell, J. Osterman, J.C., 2002. The role of ethanol in promoting plant growth. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology. 1, 113-126.

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

Rao, S.R., Qayyum, A., Razzaq, A., Ahmad, M., Mahmood, I., Sher, A., 2012. Role of foliar application of salisylic acid and L- Tryptophan in drought tolerance on maize. The Journal of Animal & Plant Sciences, 22(3), 768-772.

Sadeghipour, O., Aghaei, P., 2012. The role of exogenous salicylic acid (SA) on phytohormonal changes and drought tolerance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Biodiversity and Environmental Sciences. 2, 8-15.

Safarazadeh Vishkaii, M.N., Nourmohamadi, G., Magidi, I., 2007. Effect of methanol on peanut function and yield components. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 33, 88- 103. [In Persian with English summary].

Sanjari Pireivatlou A., Aliyev, R.T., Sorkhi Lalehloo, B., 2011. Grain filling rate and duration in bread wheat under irrigation and drought stressed conditions. Journal of Plant Physiology and Breeding. 1(1), 69-86.

Simane, B., Peacock, J.M., Struik, P.C., 1993. Differences in developmental plasticity and growh rate among during resistance and susceptible cultivar of durum wheat. Plant and Soil. 157, 155 - 160.

Talebi, S., Jafarpour, M., Mohammadkhani, A., sadeghi, A., 2012. The effect of different concentrations of salicylic acid and sodium chloride on Iranian Borage. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 4, 1348-1352.

Tayebi, A., Farahvash, F., Mirshekari, B., Tari-nejad, A., Yarnia, M., 2018. Effect of shoot application of Salicylic acid on some growth parameres and yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water stress. Plant Ecophysiology. 9(32), 78-93. [In Persian with English summary].

Ober, E., 2001. The search for drought tolerance in sugar beet. British Sugar Beet Review. 69(1), 40- 43.

Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y. Z., Yao, X.Q. Yin, H. J., 2007. Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of *Picea asperata* seedlings. Photosyntetica. 45(4), 613-619.

Zbiec, I., Karczmarczyk, V., Podsiadło, C., 2003. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities (Agronomy). 6(1), 1-7.

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
Vol. 13, No. 3, p. 815-827
Fall 2020
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2199.1549

Original article

Effect of methanol and salicylic acid foliar application on some of physiological traits of winter wheat under limited irrigation

E. Atarodi Asl[1], E. Khalilvand Behrouzyar[2*]

1. M.Sc of Agronomy, Department of Agronomy and plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

2. Assistance Professor, Department of Agronomy and plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

Received 12 January 2019; Accepted 19 February 2019

Abstract

In order to investigate the effects of methanol and salicylic acid foliar application on some growth and yield traits of winter wheat Mihan cultivar under water deficit stress, an experiment was conducted in split plot factorial based on RCBD in three replications at the Research Station of the Islamic Azad University, Tabriz Branch, during growing seasons of 2016-2017. Treatments were Irrigation Frequency in two levels including: irrigation every 7 days and every 14 days and factorial combination of methanol (in three levels of: 0, 10 and 20% V/V) and salicylic acid foliar application (in two levels of: non application and 0.5%).Grain filling rate was 47% more than non-spraying and irrigation every 14 days, as a result of 10% methanol spraying and full irrigation. The most effective grain filling duration was also by 10% methanol foliar application and 0.5% salicylic acid and the highest seed yield was observed in 0.5% salicylic acid and 20% methanol foliar application with an average of 744.7 g/m^2 which had an increase of 58% relative to non-spraying treatment. Under water deficit stress conditions, the use of salicylic acid significantly increased the grain yield compared to the control treatment, so that use of 5% salicylic acid treatments in stress conditions caused a 65% increase in grain yield compared to zero salicylic acid treatment.

Keywords: Chlorophyll, Grain filling duration, Grain filling rate, Grain yield, Relative water content

[*]Correspondent author: Ebrahim Khalilvand Behrouzyar; E-Mail: e.khalilvand@iaut.ac.ir.