تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۰
۹۷۷-۹۸۹
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.3136.1803

مقاله پژوهشی

بررسی واکنش عملکرد دانه و برخی صفات زراعی ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica* L.) به محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد در شرایط تنش خشکی

محسن شخمگر[1]، محمدجواد ثقه‌الاسلامی[2*]، سید غلامرضا موسوی[2]، رضا برادران[2]
۱. دانشجوی دکترای زراعت، گروه کشاورزی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند
۲. دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی، گیاهان دارویی و علوم دامی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۲۴

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد بر عملکرد و ویژگی‌های مورفوفنولوژیکی ارزن دم‌روباهی در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مزرعه آموزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند انجام شد. تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح شامل (آبیاری در حد ۱۰۰، ۷۰ و ۳۰ درصد نیاز آبی گیاه به ترتیب شاهد، تنش متوسط و شدید) و محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد به‌عنوان عامل فرعی در پنج سطح شامل (عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار، پوتریسین ۱ میلی‌مولار، اسید هیومیک ۱/۵ کیلوگرم در هکتار و متانول ۲۵ درصد حجمی) بودند. نتایج حاصله نشان داد با افزایش شدت تنش خشکی از تعداد روز تا ظهور پانیکول، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول دوره پر شدن دانه در هر دو سال کاسته شد. با کاهش نیاز آبی به ۳۰ درصد، هر یک از صفات تعداد پانیکول بارور در مترمربع، تعداد دانه در پانیکول و وزن هزار دانه به ترتیب معادل ۴۳/۶، ۳۴/۲ و ۱۰/۴ درصد کاهش نشان دادند. بررسی اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی نشان داد بهترین تیمار در شرایط آبیاری مطلوب، محلول‌پاشی اسید هیومیک بود که منجر به افزایش ۲۸ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد اما در شرایط تنش متوسط و شدید خشکی محلول‌پاشی متانول با بهبود ۳۳ و ۱۹/۶ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد در مقایسه با سایر تنظیم‌کننده‌های رشد برتری داشت.

واژه‌های کلیدی: **پوتریسین، تنش خشکی، سالیسیلیک اسید، متانول، هیومیک اسید**

مقدمه

خشکی به‌عنوان عامل غیرزنده محدودکننده رشد گیاهان، اثرات بسیار مضری بر رشد، نمو و عملکرد گیاهان زراعی دارد. تنش خشکی فرآیند فتوسنتز در گیاه را از طریق بستن روزنه‌ها، محدودیت در فراهمی CO_2 برای کلروپلاست و افت پتانسیل آب در سلول‌ها کاهش می‌دهد (Gooding et al., 2003). در شرایط تنش خشکی رشد اندام‌های رویشی کاهش یافته و ریشه برای رسیدن به آب در افق‌های زیرین خاک رشد کرده، به‌طوری‌که نسبت ریشه به ساقه افزایش و سطح برگ کاهش می‌یابد (Gooding et al., 2003). تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه موجب تسریع در رسیدن دانه و کاهش طول مدت انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه‌ها شده که این عامل منجر به لاغر شدن دانه‌ها و کاهش وزن هزار دانه می‌شود (Ghodsi et al., 2003). گزارش شده که تنش خشکی در توده‌های ارزن به‌طور معنی‌داری از طول خوشه و ارتفاع بوته آن‌ها کاست (Nakhaei et al., 2013). همچنین عملکرد دانه و علوفه توده‌های مختلف ارزن دم‌روباهی در نتیجه قطع آبیاری در مرحله گلدهی کاهش معنی‌داری یافت و خشکی تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و تعداد خوشه در واحد سطح را کاهش داد (Nakhaei et al., 2013). از آنجائی که تعداد میانگره‌ها از عوامل مؤثر در افزایش ارتفاع

* نگارنده پاسخگو: محمدجواد ثقه الاسلامی. پست الکترونیک: mjseghat@iaubir.ac.ir

بوته است، با توجه به کاهش تعداد گره در شرایط تنش خشکی، از ارتفاع بوته ارزن، سورگوم و ذرت کاسته می‌شود (Nibat and Rezvani Moghaddam, 2010). در بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف ارزن تحت دو رژیم آبیاری گزارش شد که تنش خشکی اثر کاهشی بر تعداد پانیکول داشته است (Mashayekhi et al., 2016). کاهش تعداد پانیکول در بوته در شرایط تنش می‌تواند در جهت تنظیم مقصدهای فیزیولوژیکی، نسبت به مقدار تولید مواد پرورده مربوط شود (Seghatoleslami et al., 2008).

در وضعیت محدودیت آبی، محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد مختلف می‌توانند اثرات منفی خشکی بر عملکرد را کاهش داده و منجر به افزایش مقاومت گیاه به خشکی شوند (Ramirez et al., 2006; Groppa and Benavides, 2008; Bezorkova et al., 2001). بررسی‌ها نشان داده محلول‌پاشی الکل‌های ساده‌ای ازجمله متانول می‌تواند غلظت CO_2 و در نتیجه عملکرد گیاهان زراعی را بهبود بخشد (Ramirez et al., 2006). محلول‌پاشی متانول روی اندام‌های رویشی گیاهان مختلف در شرایط تنش خشکی اثرات مطلوبی دارد و بهبود عملکرد، تسریع در رسیدگی فیزیولوژیک و کاهش نیاز آبی را به دنبال دارد (Nonomura and Benson, 1992). متانول در گیاهان دچار کمبود آب، زیست‌توده گیاه را افزایش داده اما در مقابل کاربرد آن در شرایط وجود آب کافی در گیاه، زیست-توده تولیدی را کاهش داده است (Ramirez et al., 2006). محلول‌پاشی متانول سبب افزایش ارتفاع بوته در پنبه شده است (Madhayan et al., 2006). نتایج پژوهش محققان مختلف حاکی از بهبود عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی، ماش و سویا در شرایط محلول‌پاشی متانول بوده است (Jafari Paskiabi et al., 2011; Aslani et al., 2011; Lee et al., 2006).

اسید سالیسیلیک نیز از تنظیم‌کننده‌های شبه‌هورمونی است که نقش قابل‌توجهی در مکانیسم‌های دفاعی گیاه در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده دارد (Vicente and Plasencia, 2011). این ترکیب مقاومت گیاه گندم در برابر خشکی را افزایش داده است (Bezorkova et al., 2001). در شرایط تنش خشکی و شوری، محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در ذرت موجب افزایش معنی‌دار عملکرد در مقایسه با شاهد گردید (Naghizadeh and Kabiri, 2017). مطالعات بسیاری نقش سالیسیلیک اسید را در کاهش اثرات تنش خشکی و بهبود رشد گیاهان مختلف نشان می‌دهد (El-Shraiy and hejazi, 2009; Tavili et al., 2010). پلی-آمین‌هایی نظیر پوتریسین دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی هستند که این تأثیر آن‌ها عمدتاً با ویژگی کاتیونی آن‌ها ارتباط دارد به‌طوری‌که رادیکال‌های آزاد را حذف کرده و می‌توانند از پراکسیداسیون لیپیدها جلوگیری نمایند (Groppa and Benavides, 2008). نتایج تحقیقات نشان داد که پوتریسین باعث افزایش ارتفاع گیاه شد. آن‌ها بیان کردند که پلی‌آمین‌ها در تقسیم و بزرگ شدن سلول دخالت دارند و چون یک منبع نیتروژنی هستند می‌توانند رشد گیاه را تحریک کنند (Talaat et al., 2005; Youssef et al., 2004). در تحقیقات عمادی و همکاران (Emadi et al., 2013) بر روی گندم، محلول‌پاشی پوتریسین باعث افزایش عملکرد دانه گردید. آن‌ها گزارش کردند که محلول‌پاشی پوتریسین باعث افزایش سرعت و دوره پر شدن مؤثر دانه از طریق افزایش میزان فتوسنتز برگ در ارقام گندم بهاره شد (Emadi et al., 2013). پژوهش‌هایی در زمینه کاربرد خارجی پوتریسین به‌منظور افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها گزارش شده است (Gupta and Gupta, 2011; Ghahremani, 2016). هیومیک اسید نیز از طریق کلات نمودن عناصر غذایی ضروری، جذب آن‌ها توسط گیاه و همچنین حاصلخیزی خاک را ارتقا می‌دهد. امروزه هیومیک اسید به شکل کود در برخی گیاهان کاربرد داشته و افزایش عملکرد را به دنبال دارد (Atiyeh et al., 2002; Zandonadi et al., 2007). ترکیب هیومیک اسید علاوه بر کاهش نیاز به کودهای دیگر، فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکزی را بهبود بخشیده و بنابراین به رشد و توسعه هر چه بهتر گیاه کمک می‌نماید (Zandonadi et al., 2007). این ترکیب با افزایش محتوی نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و به دنبال آن عملکرد می‌شود (Ayas and Gulser, 2005). وزن خشک ساقه و ریشه، عملکرد دانه و باروری سنبله در گندم با محلول‌پاشی اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است (Delfine et al., 2005; Sabzevari et al., 2010). در بررسی اثر اسید هیومیک بر رشد ریشه و بخش هوایی ارقام گندم گزارش کردند که مؤثرترین غلظت اسید هیومیک بر رشد ریشه و اندام هوایی گندم، ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. آن‌ها اظهار داشتند که استفاده از این اسید آلی در توسعه سیستم ریشه و استقرار گندم می‌تواند بسیار مفید باشد.

برای بهره‌برداری از منابع محدود آب در استان خراسان جنوبی با توجه به خصوصیات اقلیمی و آب و هوایی، بایستی

محصولات زراعی سازگار با شرایط خشک و نیمه‌خشک را برای آن ترویج کرد. ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica* L.) برای مناطق گرم و خشک که محدودیت آبی دارند گیاه بسیار مناسبی به شمار می‌رود چراکه این گیاه طول دوره رشد کوتاهی دارد، در مقابل خشکی و شوری از مقاومت نسبی خوبی برخوردار داشته و کارایی مصرف آب بالایی دارد (Parandeh, 2018). بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر برخی تنظیم‌کننده‌های رشد بر عملکرد و برخی صفات رشدی و عملکردی ارزن دم‌روباهی در شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد بر عملکرد و برخی صفات زراعی ارزن دم‌روباهی در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در سال‌های زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مزرعه آموزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند انجام شد. این مزرعه با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴۹۱ متر از سطح دریا واقع شده است. تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح شامل (آبیاری در حد ۱۰۰، ۷۰ و ۳۰ درصد نیاز آبی گیاه به ترتیب شاهد، تنش متوسط و شدید) و محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد به‌عنوان عامل فرعی در پنج سطح شامل (عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۱ میلی‌مولار، پوتریسین با غلظت ۱ میلی‌مولار، اسید هیومیک به میزان ۱/۵ کیلوگرم در هکتار و متانول نیز با غلظت ۲۵ درصد حجمی) بودند. اسید سالیسیلیک و متانول مورداستفاده از شرکت مِرک، پوتریسین از شرکت سیگما آلدریچ و اسید هیومیک نیز از شرکت جِی اچ بایوتک بودند. قبل از کاشت، نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و میزان موردنیاز عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای پروژه

Table 1. Soil physicochemical properties of experiment site

شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	نیتروژن N	فسفر قابل‌جذب P	پتاسیم قابل‌جذب K
----------%----------					$dS.m^{-1}$	%	---------ppm---------	
55	30	15	لومی شنی Sandy loam	8.01	4.97	0.014	13.4	156

هر کرت فرعی شامل ۸ ردیف کاشت روی ۴ پشته ۵۰ سانتی‌متری (هر پشته شامل ۲ خط کاشت) به طول ۴ متر با فواصل خطوط ۲۰ سانتیمتر بین ردیف‌ها و مساحت ۸ مترمربع بود. جهت جلوگیری از نشت رطوبت، فاصله بین تکرارها و فاصله بین کرت‌های اصلی ۲ متر در نظر گرفته شدند. در این آزمایش از رقم ارزن باستان استفاده شد. هم‌زمان با آماده‌سازی زمین و قبل از کاشت، مقادیر ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از هر یک از کودهای سوپرفسفات‌تریپل و سولفات پتاسیم بر اساس آزمون خاک مصرف گردید. عملیات کاشت در تاریخ‌های ۱۳۹۶/۰۴/۰۱ و ۱۳۹۷/۰۳/۲۸ به‌صورت دستی روی پشته و با تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع انجام شد. کنترل علف‌های هرز به روش وجین دستی و در دو مرحله ۶-۴ برگی و ابتدای ساقه‌دهی صورت گرفت. در طول دوره رشد ارزن، هیچ‌گونه آفت و بیماری خاصی مشاهده نگردید. مصرف کود سرک اوره نیز به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار طی دو نوبت در مراحل پنجه‌زنی و ابتدای ظهور پانیکول مصرف گردید. تیمارهای محلول‌پاشی طی دو مرحله (ابتدای ساقه‌دهی و ابتدای گلدهی) مورداستفاده قرار گرفتند. تیمارهای تنش آبی بر اساس ۱۰۰، ۷۰ و ۳۰ درصد نیاز آبی گیاه ارزن در شرایط آب و هوایی بیرجند انتخاب شدند. آبیاری تا مرحله ۴ برگی به‌صورت معمول انجام شد و در این مرحله تنش مطابق با تیمار موردنظر با استفاده از کنتور و شیلنگ و بر اساس نیاز آبی ارزن با کمک روش فائو به کمک داده‌های تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و با توجه به راندمان ۸۰٪ برای توزیع آب در مزرعه تعیین گردید (Hellen et al., 1998). به‌منظور تعیین ضریب گیاهی ارزن در مراحل مختلف رشد از دستورالعمل-های فائو استفاده گردید. در این روش برای محاسبه مقدار آب

موردنیاز گیاه، ابتدا داده‌های مربوط به تبخیر از تشتک روزانه از اداره هواشناسی اخذ و سپس در ضریب تشتک ضرب شد. حاصل‌ضرب این دو مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع است.

$$ET0 = Kpan \times Ep \quad [۱]$$

Ep، Kpan و ET0 به ترتیب تبخیر از تشتک، ضریب تشتک (۰/۶۶) و تبخیر و تعرق گیاه مرجع هستند. سپس با اعمال ضریب گیاهی (Kc) در تبخیر و تعرق گیاه مرجع، پتانسیل نیاز آبی گیاه تعیین گردید (Hellen et al., 1998)

$$ETc = Kc \times ET0 \quad [۲]$$

در طول دوره رشد، تاریخ ظهور پانیکول (در ۵۰ درصد ظهور پانیکول)، تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک (زمان زرد شدن کامل پدانکل‌ها) و طول دوره پر شدن دانه (فاصله بین ظهور پانیکول تا رسیدگی فیزیولوژیک) هر یک از تیمارها یادداشت‌برداری و ثبت گردید. صفات عملکرد دانه و زیست‌توده پس از رسیدگی و زرد شدن کامل بوته‌ها توزین شدند. برای تعیین زیست‌توده و عملکرد دانه بوته‌های هر کرت با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای برداشت، توزین و سپس اقدام به کوبیدن و جداسازی دانه از کاه و کلش گردید و عملکرد دانه هر کرت محاسبه شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع بوته، طول پانیکول و طول پدانکل بر روی ۵ بوته به‌صورت تصادفی برحسب سانتی‌متر با خط‌کش اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها برای هر تیمار به ثبت رسید. همچنین به‌صورت تصادفی تعداد ۵ پانیکول ارزن از هر تیمار انتخاب و تعداد دانه آن‌ها با کمک دستگاه بذرشمار تعیین و میانگین آن‌ها به‌عنوان تعداد دانه در پانیکول به ثبت رسید. برای توزین وزن هزار دانه از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ و شمارش سه دسته هزارتایی از هر تیمار با دستگاه بذرشمار استفاده شد. شاخص برداشت ارزن نیز از رابطه زیر به دست آمد:

$$\text{شاخص برداشت (٪)} = \text{عملکرد بیولوژیک/عملکرد دانه} \times ۱۰۰ \quad [۳]$$

در پایان پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از یکنواختی واریانس خطای دو آزمایش، تجزیه مرکب و آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

صفات فنولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه مرکب نشان داد که اثر متقابل سال در آبیاری و سال در محلول‌پاشی بر تمامی صفات فنولوژیک موردبررسی معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین سال در آبیاری، با افزایش شدت تنش خشکی از تعداد روز تا ظهور پانیکول، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول دوره پر شدن دانه (از ظهور پانیکول تا رسیدگی فیزیولوژیک) در هر سال کاسته شد به‌طوری‌که بیشترین مقادیر این صفات مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در سال دوم و کمترین مقادیر آن‌ها مربوط به تیمار ۳۰ درصد نیاز آبی در سال اول بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد تسریع در دوره رویشی ارزن در این شرایط به دلیل مکانیسم‌های فرار از خشکی و رسیدگی زودتر از موقع است. ضابط و همکاران (Zabet et al., 2003) نیز در مطالعه اثرات تنش خشکی گزارش نمودند که تعداد روز تا پنجاه‌درصد گلدهی و نود درصد رسیدگی در گیاه ماش کاهش یافت که منجر به کاهش ارتفاع بوته و کاهش زیست‌توده در شرایط تنش گردید که با نتایج این تحقیق نیز مطابقت دارد. نتایج سال در محلول‌پاشی نیز حاکی از آن بود که محلول‌پاشی ترکیبات اسید هیومیک، اسید سالیسیلیک متانول در هر دو سال اجرا از طریق بهبود رشد رویشی گیاه، منجر به افزایش تعداد روز تا ظهور پانیکول و همچنین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در مقایسه با تیمار شاهد یا عدم محلول‌پاشی شده‌اند (جدول ۳).

صفات مورفولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه مرکب نشان داد که اثر متقابل سال در آبیاری بر صفات ارتفاع بوته، طول پانیکول و طول پدانکل و اثر متقابل سال در محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته و طول پانیکول معنی‌دار بود. اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی نیز تنها ارتفاع بوته را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه ارزن دانه‌ای باستان

Table 2. Combine analysis of variance for phenological and morphological traits, grain yield and grain yield components of Bastan millet

S.O.V. منابع تغییر	درجه آزادی Df	ظهور پانیکول panicule emergence	رسیدگی Maturity	پر شدن دانه Grain filling	ارتفاع بوته Plant height	طول پدانکل Peduncle length	طول پانیکول Panicule length
سال Year (Y)	1	220.90 ^{ns}	1224.71*	405.34 ^{ns}	69.34 ^{ns}	6.56 ^{ns}	0.00004 ^{ns}
تکرار (سال) Replication (Year)	4	11.79	26.36	11.21	78.67	15.70	1.50
آبیاری Irrigation (I)	2	313.81 ^{ns}	928.30 ^{ns}	178.54 ^{ns}	5393.44*	310.37*	140.39 ^{ns}
سال × آبیاری Y × I	2	17.50**	85.54**	36.88**	145.76**	13.13**	18.12**
خطای آبیاری Error I	8	13.56	44.07	52.99	270.58	36.52	8.82
محلول‌پاشی Foliar spray (F)	4	41.35 ^{ns}	113.53 ^{ns}	21.35 ^{ns}	498.12 ^{ns}	15.25*	12.57*
سال × محلول‌پاشی Y × F	4	21.15**	55.68**	15.48**	126.21**	1.51 ^{ns}	3.18*
آبیاری × محلول‌پاشی I × F	8	3.20**	5.16**	4.52*	57.80*	1.57 ^{ns}	1.16 ^{ns}
سال×آبیاری×محلول‌پاشی Y × I × F	8	0.00 ^{ns}	0.85 ^{ns}	0.85 ^{ns}	14.16 ^{ns}	0.73 ^{ns}	0.55 ^{ns}
خطای کل Error	48	7.22	20.76	20.09	43.17	6.20	3.50
ضریب تغییرات C.V٪		*5.08*	*4.97*	*11.55*	*8.44*	*13.95*	*11.95*

Table 2. Continued **جدول ۲. ادامه**

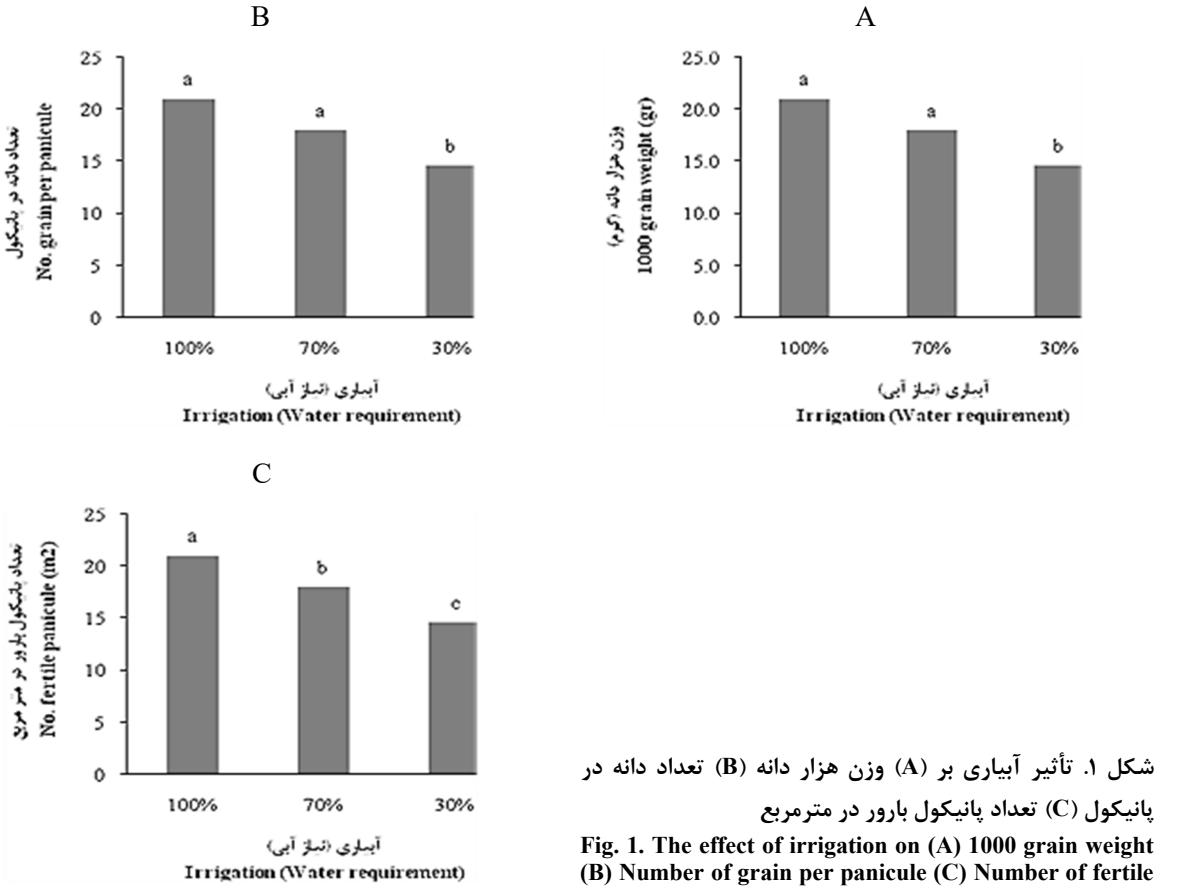
S.O.V. منابع تغییر	درجه آزادی Df	تعداد پانیکول بارور No. fertile panicule	تعداد دانه در پانیکول No. grain per panicule	وزن هزار دانه 1000 grain weight	زیست توده Biomass	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت HI
سال Year (Y)	1	222.78 ^{ns}	92154 ^{ns}	1.330*	364750.8*	82065.5*	295.57 ^{ns}
تکرار (سال) Replication (Year)	4	31.46	11693	0.355	12463.5	2001.9	15.03
آبیاری Irrigation (I)	2	9162.33**	897533*	1.292*	990970.8*	174690.3*	247.21 ^{ns}
سال × آبیاری Y × I	2	37.48 ^{ns}	9917.59 ^{ns}	0.034 ^{ns}	20088.8*	2610.7**	21.38 ^{ns}
خطای آبیاری Error I	8	97.27	5691.81	0.190	3225.1	1732.9	56.96
محلول‌پاشی Foliar spray (F)	4	255.31 ^{ns}	30821**	0.058 ^{ns}	21223.3*	4535.2*	15.38 ^{ns}
سال × محلول‌پاشی Y × F	4	56.96*	674.65 ^{ns}	0.061 ^{ns}	3026.2 ^{ns}	343.9 ^{ns}	3.25 ^{ns}
آبیاری × محلول‌پاشی I × F	8	48.20*	4789.95 ^{ns}	0.075 ^{ns}	6567.0 ^{ns}	1126.3*	28.54*
سال×آبیاری×محلول‌پاشی Y × I × F	8	10.89 ^{ns}	3999.01 ^{ns}	0.030 ^{ns}	2488.7 ^{ns}	218.9 ^{ns}	7.35 ^{ns}
خطای کل Error	48	45.42	4725.01	0.166	2338.9	593.1	18.49
ضریب تغییرات C.V%		*10.62*	*8.17*	*13.19*	*9.01*	*12.95*	*12.55*

ns: not significant; *and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively

اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی حاکی از آن بود که در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی محلول‌پاشی اسید هیومیک منجر به حصول بیشترین ارتفاع بوته گردید اما با افزایش شدت تنش خشکی به ۳۰ درصد نیاز آبی، محلول‌پاشی متانول از تأثیر بیشتری بر ارتفاع بوته برخوردار بود (جدول ۴). مصرف تیمارهای متانول در بوته‌هایی از گیاهان زراعی که دارای کمبود آب هستند، باعث بهبود رشد آن‌ها می‌گردد (Ramirez et al., 2006). کاربرد محلول‌های متانول روی قسمت‌های هوایی گیاهان زراعی باعث افزایش عملکرد، کاهش اثر تنش خشکی و کاهش نیاز آبی آن‌ها می‌شود (Sabokrow Foomani et al., 2012).

عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه و شاخص برداشت

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر سال بر صفات وزن هزار دانه، زیست‌توده و عملکرد دانه ارزن معنی‌دار بود. آبیاری نیز تأثیر معنی‌داری بر صفات تعداد پانیکول بارور در مترمربع، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه، زیست‌توده و عملکرد دانه داشت (جدول ۲). اثر محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد نیز بر صفات تعداد پانیکول بارور در مترمربع، زیست‌توده و عملکرد دانه معنی‌دار بود. در بین اثرات متقابل، اثر متقابل سال در آبیاری بر زیست‌توده و عملکرد دانه، اثر متقابل سال در محلول‌پاشی تنها بر تعداد پانیکول بارور در مترمربع و اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی نیز بر تعداد پانیکول بارور در مترمربع، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار گردید (جدول ۲). در تیمار نیاز آبی، بیشترین تعداد پانیکول بارور در مترمربع و تعداد دانه در پانیکول با میانگین‌های ۷۹/۸ و ۹۹۰/۱ و بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۳/۱۸ گرم از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل گردید و با کاهش نیاز آبی به ۳۰ درصد، از میزان هر یک از آن‌ها به ترتیب معادل ۴۳/۶، ۳۴/۲ و ۱۰/۴ درصد کاسته شد (شکل ۱).



شکل ۱. تأثیر آبیاری بر (A) وزن هزار دانه (B) تعداد دانه در پانیکول (C) تعداد پانیکول بارور در مترمربع

Fig. 1. The effect of irrigation on (A) 1000 grain weight (B) Number of grain per panicule (C) Number of fertile panicule

گزارش شده است که تنش خشکی اثر کاهشی بر تعداد پانیکول داشت (Mashayekhi et al., 2016). کاهش تعداد پانیکول در بوته در شرایط تنش خشکی ممکن است به تنظیم مقاصد فیزیولوژیکی نسبت به مواد پرورده تولیدی مربوط باشد (Saghatoleslami et al., 2007). تنش خشکی از طریق کاهش تعداد گلچه‌های بارور، تعداد دانه در پانیکول را کاهش می‌دهد (Ober and Sharp, 2003). اثرات منفی تنش خشکی بر گرده‌افشانی و در نتیجه عدم باروری تعدادی از گل‌ها می‌تواند تعداد دانه در پانیکول را کاهش دهد (Saghatoleslami et al., 2007). بررسی اجزای عملکرد نشان داد کاهش عملکرد ارزن ناشی از کاهش تعداد پانیکول بارور، کاهش تعداد دانه در پانیکول و کاهش وزن هزار دانه بود (جدول ۳). بررسی اثر متقابل سال در آبیاری بر صفات زیست‌توده و عملکرد دانه نیز نشان می‌دهد در هر دو سال موردبررسی، بیشترین مقادیر این صفات از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل شده و با افزایش شدت تنش از مقادیر آن‌ها به‌طور معنی‌داری کاسته شده است و عملکرد دانه و زیست توده ارزن در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در سال دوم در گروه آماری برتر قرار گرفت (جدول ۳). تنش خشکی در سطح ۳۰ درصد نیاز آبی در سال اول و دوم باعث کاهش ۶۶/۶ و ۵۲/۱ درصدی عملکرد دانه و ۵۷/۸ و ۴۵/۹ درصدی زیست‌توده ارزن در مقایسه با سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی گردید (جدول ۳).

گیاهان پس از قرارگیری در شرایط خشکی، چرخه زندگی خود را کوتاه کرده و طبیعی است که با کاهش دوره پر شدن دانه، وزن دانه‌ها و عملکرد دانه نیز کاهش یابد (Mohammadi et al., 2017).

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سال در آبیاری و سال در محلول‌پاشی بر صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه

Table 3. Means comparison for year × irrigation and year× foliar application on phenological and morphological traits, grain yield and grain yield components

سال Year	Irrigation (Water requirement)	آبیاری (نیاز آبی)	تعداد روز تا ظهور پانیکول Panicule emergence	تعداد روز تا رسیدگی Maturity	پر شدن دانه Grain filling	ارتفاع بوته Plant height	طول پدانکل Peduncle length	طول پانیکول Panicule length
			----------Day----------			----------cm----------		
اول 1st	100%	۱۰۰ درصد	53.9 b	92.1 c	38.2 b	87.7 b	20.1 b	16.9 b
	70%	۷۰ درصد	51.1 c	87.7 d	36.7 c	82.6 c	18.4 c	15.9 c
	100%	۳۰ درصد	48.9 e	84.1 e	35.2 d	60.6 f	14.2 f	14.1 d
دوم 2nd	100%	۱۰۰ درصد	58.7 a	101.9 a	43.3 a	91.1 a	21.9 a	18.2 a
	70%	۷۰ درصد	53.9 b	96.5 b	42.6 a	79.4 d	17.5 d	16.3 bc
	100%	۳۰ درصد	50.7 d	87.7 d	36.9 c	65.7 e	14.9 e	12.4 e
سال Year	Foliar spray	محلول‌پاشی						
اول 1st	Control	شاهد	50.1 j	86.6 f	36.4 cd	71.1 f	16.0 c	14.9 c
	Salysilic Acid	اسید سالیسیلیک	51.9 f	89.9 d	38.0 b	76.0 de	17.6 b	15.4 bc
	Methanol	متانول	52.1 e	89.6 d	37.4 bc	80.1 cd	18.4 ab	15.8 ab
	Putrescine	پوتریسین	51.6 g	87.0 f	35.4 d	76.7 cde	18.0 b	15.9 ab
	Humic Acid	اسید هیومیک	50.8 h	86.9 f	36.1 d	80.9 bc	17.8 b	16.2 ab
دوم 2nd	Control	شاهد	50.4 i	88.3 e	37.9 b	69.7 f	16.4 c	13.6 d
	Salysilic Acid	اسید سالیسیلیک	55.2 c	96.9 b	41.7 a	84.8 ab	18.6 ab	16.0 ab
	Methanol	متانول	55.4 b	97.6 ab	42.1 a	79.1 cd	18.3 ab	16.5 a
	Putrescine	پوتریسین	53.9 d	95.8 c	41.9 a	73.1 ef	18.2 ab	15.5 bc
	Humic Acid	اسید هیومیک	57.1 a	98.2 a	41.1 a	86.9 a	19.1 a	16.6 a

جدول ۳. ادامه **Table 3. Continued**

سال Year	Irrigation (Water requirement)	آبیاری (نیاز آبی)	تعداد پانیکول بارور No. fertile panicule	تعداد دانه در پانیکول No. grain per panicule	وزن هزار دانه 1000 grain weight	زیست توده Biomass	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت HI
					g	---------kg/ha--------		%
اول 1st	100%	۱۰۰ درصد	79.3 a	958.0 b	3.06 b	6266 b	2236 b	35.7 b
	70%	۷۰ درصد	64.0 c	867.2 c	3.08 b	5283 c	1754 c	33.2 c
	100%	۳۰ درصد	42.3 e	601.2 e	2.77 c	2643 e	74.5 e	28.5 d
دوم 2nd	100%	۱۰۰ درصد	80.3 a	1022.3 a	3.31 a	7823 a	2977 a	38.2 a
	70%	۷۰ درصد	66.9 b	894.7 c	3.39 a	5959 b	2145 b	36.0 ab
	100%	۳۰ درصد	47.8 d	701.4 d	2.94 b	4230 d	1425 d	34.0 bc
سال Year	Foliar spray	محلول‌پاشی						
اول 1st	Control	شاهد	59.0 ef	752.8 d	3.02 cdef	4409 c	1410 f	31.5 d
	Salysilic Acid	اسید سالیسیلیک	61.0 def	835.7 bc	3.01 def	4767 bc	1612 de	33.3 bcd
	Methanol	متانول	63.3 cd	827.7 bc	2.92 ef	4875 bc	1616 de	32.2 cd
	Putrescine	پوتریسین	60.6 def	793.2 cd	2.86 f	4620 c	1498 ef	31.2 d
	Humic Acid	اسید هیومیک	65.4 bc	834.7 bc	3.04 c-f	4982 bc	1754 cd	34.2 a-d
دوم 2nd	Control	شاهد	57.4 f	799.9 cd	3.09 bcde	5245 b	1893 c	36.0 ab
	Salysilic Acid	اسید سالیسیلیک	68.5 ab	900.1 ab	3.21 abc	6180 a	2257 a	36.7 a
	Methanol	متانول	67.7 ab	898.7 ab	3.27 ab	6368 a	2336 a	36.3 ab
	Putrescine	پوتریسین	61.4 de	851.5 abc	3.20 a-d	5877 a	2083 b	34.8 abc
	Humic Acid	اسید هیومیک	69.9 a	913.8 a	3.31 a	6351 a	2342 a	36.5 ab

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد را نشان نمی‌دهند.
Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level (Duncan's multiple range test)

پاتل و همکاران (Patel et al., 2013) گزارش نمودند که تنش خشکی کاهش عملکرد دانه ارزن را به دنبال دارد که تاییدکننده‌ی نتایج این تحقیق می‌باشد. خدابنده‌لو و همکاران (Khodabandehloo et al., 2015)، محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2017)، فیض‌آبادی و قدسی (Feizabadi and Ghodsi, 2002) و قدسی و همکاران (Ghodsi et al., 2004) کاهش در عملکرد دانه و زیست‌توده کل در اثر تنش خشکی را گزارش که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

محلول‌پاشی اسید هیومیک، اسید سالیسیلیک و متانول دارای بیشترین تعداد دانه در پانیکول بودند و اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند اما اختلاف آن‌ها با تیمارهای شاهد و محلول‌پاشی پوتریسین معنی‌دار بود (شکل ۲).

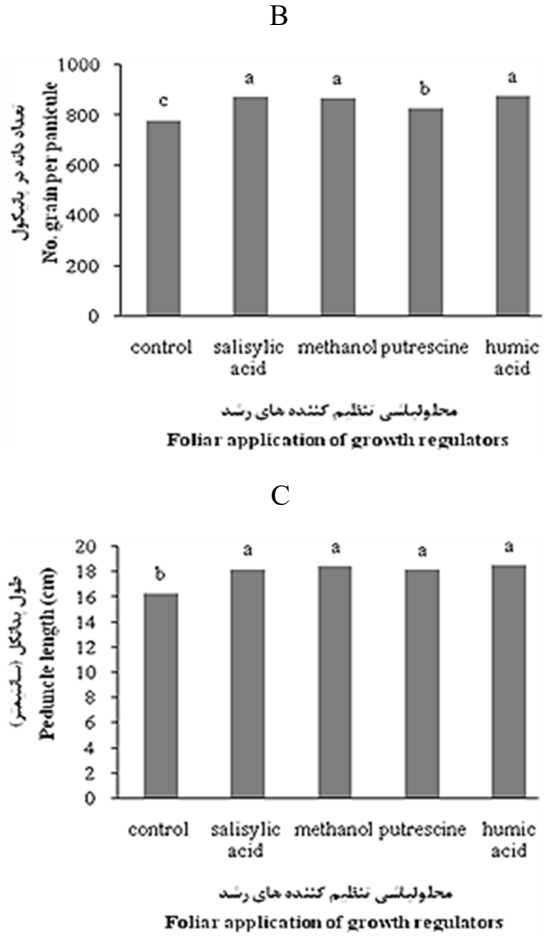
همچنین محلول‌پاشی اسید هیومیک با میانگین ۵۶۶۷ کیلوگرم در هکتار منجر به تولید بیشترین زیست‌توده گردید (شکل ۲). در مورد اثر متقابل آبیاری و محلول‌پاشی مشاهده گردید که در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، بیشترین پانیکول بارور در مترمربع و عملکرد دانه از محلول‌پاشی اسید هیومیک حاصل شد اما در تیمارهای ۷۰ و ۳۰ درصد نیاز آبی برتری محلول‌پاشی متانول نسبت به سایر ترکیبات مشهودتر بود (جدول ۴). محلول‌پاشی متانول روی اندام‌های هوایی در مناطق خشک و مناطق گرم، رشد گیاهان را به‌شدت افزایش می‌دهد (Nonomura and Benson, 1992). گزارش شده که متانول به‌عنوان یک منبع کربن منجر به افزایش کارایی فتوسنتزی (Nonomura and Benson, 1992)، افزایش زیست‌توده (Mirakhori et al., 2010) و افزایش کلروفیل و

سطح برگ (Dowine et al., 2004) می‌شود. بررسی‌های ناردی و همکاران (Nardi et al., 2002) در گندم و قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2010) در ذرت نیز حاکی از افزایش زیاد عملکرد دانه و زیست‌توده در شرایط مصرف اسید هیومیک است. مصرف هیومیک اسید از طریق بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه در شرایط تنش خشکی نقش مهمی در کاهش خسارات در این شرایط دارد. محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید نیز عملکرد دانه گندم را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (Shakirova et al., 2003).

این ترکیب تأثیر مثبتی در شرایط تنش خشکی بر فتوسنتز و رشد گیاه دارد و در حقیقت با بهبود واکنش‌های ضد تنش، ازجمله تجمع اسمولیت‌های سازگاری مثل پرولین، تسریع در بهبود رشد پس از رفع تنش را به دنبال دارد (Shakirova et al., 2003).

نتیجه‌گیری نهایی

درمجموع نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار صفات مورفولوژیک، فنولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد دانه ارزن گردید. محلول‌پاشی ترکیبات پوتریسین، اسید هیومیک، اسید سالیسیلیک و متانول به ترتیب منجر به افزایش ۸/۳، ۲۳/۹، ۱۷/۱ و ۱۹/۶ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شدند. استفاده از این ترکیبات همچنین کاهش اثرات منفی تنش خشکی را به دنبال داشتند و عملکرد دانه ارزن را در این شرایط افزایش دادند. در شرایط آبیاری مطلوب، می‌توان محلول‌پاشی اسید هیومیک را توصیه نمود اما در شرایط تنش متوسط و شدید خشکی محلول‌پاشی متانول قابل توصیه است.



شکل ۲. تأثیر محلول‌پاشی بر (A) تعداد دانه در پانیکول (B) زیست توده (C) طول پدانکل

Fig. 2. The effect of foliar application on (A) Biomass (B) Number of grain per panicule (C) Panicule length

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی بر صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه

Table 4. Means comparison for irrigation × foliar application on phenological and morphological traits, grain yield and grain yield components

آبیاری Irrigation (Water requirement)	Foliar Spray	محلول‌پاشی	تعداد روز تا ظهور پانیکول Panicule emergence	تعداد روز تا رسیدگی Maturity	پر شدن دانه Grain filling	ارتفاع بوته Plant height	طول پدانکل Peduncle length	طول پانیکول Panicule length
			----------Day----------			----------cm----------		
۱۰۰ درصد 100%	Control	شاهد	54.3 d	92.0 ef	37.7 de	83.8 c	18.4 b	15.9 e
	Salysilic Acid	اسید سالیسیلیک	56.8 b	99.2 a	42.3 a	91.0 b	21.5 a	17.7 abc
	Methanol	متانول	56.8 b	98.0 ab	41.2 ab	86.0 bc	21.9 a	17.6 abc
	Putrescine	پوتریسین	56.3 c	97.5 b	41.2 ab	87.8 bc	21.5 a	17.8 ab
	Humic Acid	اسید هیومیک	57.0 a	98.3 ab	41.3 ab	98.4 a	21.8 a	18.6 a
۷۰ درصد 70%	Control	شاهد	48.7 l	87.5 g	38.8 cd	70.6 e	16.7 c	14.4 f
	Salysilic Acid	اسید سالیسیلیک	53.2 f	93.7 d	40.5 b	84.4 c	18.2 b	16.2 e
	Methanol	متانول	54.2 e	95.3 c	41.2 ab	84.9 c	18.3 b	16.7 cde
	Putrescine	پوتریسین	52.0 g	91.0 f	39.0 c	78.3 d	18.0 b	16.2 de
	Humic Acid	اسید هیومیک	54.3 d	93.0 de	38.7 cd	87.0 bc	18.6 b	17.2 bcd
۳۰ درصد 30%	Control	شاهد	47.8 m	82.8 i	35.0 g	56.7 f	13.7 e	12.4 h
	Salysilic Acid	اسید سالیسیلیک	50.7 h	87.3 g	36.7 ef	65.9 e	14.7 de	13.2 gh
	Methanol	متانول	50.3 j	87.3 g	37.0 ef	68.1 e	14.9 d	14.2 fg
	Putrescine	پوتریسین	49.8 k	85.7 h	35.8 fg	58.8 f	14.7 de	13.2 gh
	Humic Acid	اسید هیومیک	50.5 i	86.3 gh	35.8 fg	66.3 e	14.9 d	13.4 gh

Table 4. Continued

جدول ۴. ادامه

آبیاری Irrigation (Water requirement)	Foliar Spray	محلول‌پاشی	تعداد پانیکول بارور No. fertile panicule	تعداد دانه در پانیکول No. grain per panicule	وزن هزار دانه 1000 grain weight	زیست توده Biomass	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت HI
					g	----------kg/ha----------		%
۱۰۰ درصد 100%	Control	شاهد	73.6 cd	943.6 abc	3.03 c-f	6476 bc	2307 c	35.5 b-e
	Salysilic Acid	اسید سالیسیلیک	81.7 b	1010.5 ab	3.08 b-e	7507 a	2619 b	34.9 b-f
	Methanol	متانول	77.3 bc	973.7 abc	3.26 abc	6966 ab	2536 b	36.2 a-d
	Putrescine	پوتریسین	79.0 b	992.2 abc	3.19 a-d	6823 abc	2616 b	38.5 ab
	Humic Acid	اسید هیومیک	87.5 a	1030.8 a	3.35 a	7452 a	2955 a	39.8 a
۷۰ درصد 70%	Control	شاهد	59.4 f	780.0 e	3.19 a-d	4784 f	1652 e	34.4 c-g
	Salysilic Acid	اسید سالیسیلیک	67.2 e	912.8 cd	3.29 ab	5368 ef	2028 d	37.9 abc
	Methanol	متانول	69.1 de	942.8 abc	3.21 abc	6125 cd	2198 cd	35.7 b-e
	Putrescine	پوتریسین	62.5 f	844.1 de	3.24 abc	5652 de	1797 e	31.5 fgh
	Humic Acid	اسید هیومیک	69.1 de	925.3 bcd	3.26 abc	6177 cd	2071 d	33.4 d-g
۳۰ درصد 30%	Control	شاهد	41.8 i	605.4 f	2.94 def	3220 g	996 fg	31.4 fgh
	Salysilic Acid	اسید سالیسیلیک	45.3 hi	680.4 f	2.96 def	3546 g	1157 fg	32.2 e-h
	Methanol	متانول	50.1 g	673.1 f	2.80 fg	3774 g	1196 f	30.9 gh
	Putrescine	پوتریسین	41.6 i	630.9 f	2.65 g	3271 g	959 g	29.1 h
	Humic Acid	اسید هیومیک	46.4 gh	666.7 f	2.91 ef	3371 g	1119 fg	32.7 d-h

منابع

Aslani, A., Safarzadeh Vishekaei, M.N., Farzi, M., Noorhosseini Niyaki, S.A, Jafari Paskiabi, M., 2011. Effects of foliar Applications of Methanol on Growth and Yield of Mung bean (*Vigna radiata* L.) in Rasht, Iran. African Journal of Agricultural Research. 6, 3603-3608.

Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Metzger, J.D., Lee, S., Arancon, N.Q., 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology. 84, 7-14.

Ayas, H., Gulser, F., 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences. 5, 801-804.

Bezorkova, M., Sakhabutdinova, V. Fatkhutdinova, R, Kyldirova, R. A. Shakirova, I, Sakhabutdinova, F.A.R., 2001. The role of hormonal changes in protective action of salisylic acid on growth of wheat seedling under water deficit. Agrochemiya (Russ). 2, 51-54.

Bibi, A., Sadaqat, H., Akram, H.M., Khan, T.M., Usman, B.F., 2010. Physiological and agronomic responses of sudangrass to water stress. Agricultural Research. 48 (3), 369-380.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., Alvino, A., 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy Journal. 25, 183-191.

El-Shraiy, A.M., Hejazi, A.M., 2009. Effect of acetylsalicylic acid, indole-3-bytric acid and gibberellic acid on plant growth and yield of Pea (*Pisum Sativum* L.). Australian Journal of Basic Applied Sciences. 3(4), 3514-3523.

Emadi, M.S., Hasibi, P., Azimi, A., 2013. Effect of foliar application of Putrescine and nutrient elements on grain yield and quality of two bread wheat cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences. 15, 247-261. [In Persian with English Summary].

Fatemi, H., Ameri, A., Aminifard, M.H., Aroui, H., 2012. The Effect of Humic Acid on essential oils and growth characteristics in Basil. Proceedings of the 1st national conference on new issues in agriculture, Islamic Azad University of Saveh, Iran. [In Persian].

Feizabadi, Z., Ghodsi, M., 2002. Study on drought tolerance of bread wheat cultivars in cold regions of Iran. Agricultural Sciences and Technology. 16, 181-189. [In Persian with English Summary].

Ghahremani, Z., 2016. Effect of putrescine and salicylic acid on growth, yield and fruit quality of sweet pepper under water deficit stress. Master Thesis. University of Zanjan. [In Persian].

Ghodsi, M., Jalal Kamali, M. R., Chaichi, M. R., Mazaheri, D., 2004. Dry matter accumulation and remobilization in bread wheat cultivars under water stress during pre- and post-anthesis stages in field conditions. Iranian Journal of Field and Crops Research. 1, 205-216. [In Persian with English Summary].

Ghorbani, S., Khazaei, H.R., Kafi, M., Bannayan Aval, M., 2010. Effects of humic acid application with irrigation water on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology. 2, 115-123. [In Persian with English Summary].

Gooding, M.J., Ellis, R.H., Shewry, P.R., Schofiel, J.D., 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on grain filling, drying and quality of water wheat. Journal of Cereal Science. 37, 295-309.

Groppa, M.D., Benavides, M.P., 2008. Polyamines and abiotic stress: recent advances. Amino Acids. 34, 35-45.

Gupta, S., Gupta, N.K., 2011. Field efficacy of exogenously applied putrescine in wheat (*Triticum aestivum* L.) under water-stress conditions. The Indian Journal of Agricultural Sciences. 81, 231-265.

Hajhassani Asl, A., Moradi Agham, A., Ali Ababi Frahan, H., Rassei Far, M., 2011. Three forage yield and its components under water condition on delay in Khoy zone (Iran). Environmental Biology. 5, 847-852.

Hellen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage, No56. pp: 125-132.

Jafari Paskiabi, M. Safarzadeh Vishekaei, M. N., Noorhosseini Niyaki, S. A., Farzi, M., Aslani, A., 2011. Effect of Time and Foliar Spraying by Methanol on Growth and Yield of Cowpea (*Vigna unguiculata*). Middle-East Journal of Scientific Research. 8, 173-177.

Khazaei. M., Galavi, M., Dahmarde M., Moosavi-Nik, S.M., Zamani, Gh.R., Mahdi-

Nejad, N., 2016. Effect of drought stress on osmolyte accumulation, photosynthetic pigment and growth of three Foxtail Millet (*Setaria italica* L.) species. Environmental Stresses in Crop Science. 9, 149-162. [In Persian with English Summary].

Khodabandehloo, Sh., Sepehri, A., Ahmadvand, G., Keshtkar, A.H., 2015. The effect of silicon application on grain yield of millet and water use efficiency under drought stress. Journal of Crops Improvement. 16, 399-416.

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

Madhayan, T., Poonguzhali, S., Sundaram, S.P., Sa, T., 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.). Environmental and Experimental Botany. 57, 168-176.

Mashayekhi, S., Khajoeinejad, Gh., Mohammadinejad, Gh., 2016. Evaluation of yield and yield components of different millet genotypes under two irrigation regimes. Iranian Journal of Field Crops Research. 14, 120-123. [In Persian with English Summary].

Mirakhori, M., Pakinejad, F., Wazan, S., Nazeri, P., Reyhani, Y., MortezaPour, Y., 2010. Effect of methanol spraying on yield and yield components of red beans. Proceedings of the 11th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, Institute of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. [In Persian].

Mirakhori, M., Paknejad, F., Ardakani, M.R., Moradi, F., Nazeri, P., Nasri, P., 2010. Effect of methanol spraying on yield and yield components of soybean (*Glycine max* L.). Agroecology Journal. 2, 236-244. [In Persian with English Summary].

Mohammadi, A., Moosavi, S.Gh., Seghatoleslami, M.J., 2017. Effect of irrigation interval and N fertilizer application on morphological traits, yield and yield components of millet (*Panicum miliaceum* L.). Environmental Stresses in Crop Science. 10, 225-235. [In Persian with English Summary].

Naghizadeh, M., Kabiri, R., 2017. Effect of foliar application of salicylic acid on some of Physiological characteristics of corn (*Zea mays* L.) under drought stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 9, 317-327. [In Persian with English Summary].

Nakhaei, A., Abasi, M. R., Arazmjoo, E., 2013. Evaluation of yield and morphological traits of millet genotypes in response t cutting of irrigation at flowering stage. Crops Ecophysiology. 2, 115-128. [In Persian with English Summary].

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Vianello, A., 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry. 30, 1127–1130.

Nibat, J., Rezvani moghadam, P., 2010. Effect of irrigation intervals on the yield and morphological characteristics of forage millet, sorghum and corn. Iranian Journal of Agricultural Science. 41, 179-186. [In Persian with English Summary].

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

Ober, E.S., Sharp, R.E., 2003. Electrophysiological responses of maize roots to low water potentials: relationship to growth and ABA accumulation. Experimental Botany. 54, 813-824.

Parandeh, S., 2018. Evaluation of growing indices of foxtail millet (*Setaria italica* L.) in Competition with Amaranthus albus L. at different radiation levels and nitrogen. Ph.D. Thesis in Agriculture. Faculty of Agriculture, Birjand University. [In Persian].

Patel, N.H., Patel, B.M., Patel, H.B., Patel, P.M., 2013. Effect of irrigation and mulches on summer pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) under north Gujarat agro-climatic conditions. AGRES-An International e-Journal. 2, 246-249.

Ram, M., Singh, R., Naqvi, A.A., Lohia, R.S., Bansal, R.P., Kumar, S. 1997. Effect of salisylic acid on the yield and quality of essential oil in aromatic crops. Journal of Medicinal and Aromatic Plants Science. 19, 24-27.

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 Regulators. 25, 30–44.

Sabokrow Foomani, K., Safarzadeh, M.N., Daneshian, J., Ranjbar, M., Choobeh, K., 2012..Studing the Effect of time and values of methanol foliation on quality and quantity yield flue-cured tobacco of cocker 347 type in Ahmadgurab region of Rasht. Journal of Plant Production. 18, 17-30. [In Persian with English Summary].

Sabzevari, S., Khazaie, H.R., 2010. The Effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Agroecology. 1, 53-63. [In Persian with English Summary].

Seghatoleslami, M.J., Kafi, M., Majidi Heravan, A., Noor Mohammadi, Gh., Darvish, F., 2008. Effect of drought stress at different growth stages on yield and water use efficiency of five proso millet genotypes. Pakistan Journal of Botany. 40, 1427- 1432.

Shakirova, F.M., Shakhbutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdionova, R.A., Stone, P.J., Wilson, D.R., Reid J.B., Gillespie, R.N., 2003. Water deficit effects on sweet corn, water use, radiation use efficiency, growth, and yield. Australian Journal of Agricultural Research. 52, 103–113.

Srivastava, M.K., Dwivedi, U.N., 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. Plant Science. 158, 87–96.

Talaat, I.M., Bekheta, M.A., Mahgoub, M.H., 2005. Physiological response of periwinkle plants (*Catharanthus roseus* L.) to tryptophan and putrescine. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 7, 210-213.

Tavili, A., Farajolahi, A., Pouzesh, H. and Bandak, E., 2010. Treatment induced germination improvement in medicinal species of Foeniculum Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science. 164, 317-322.

Vicente, M.R.S., Plasencia, J., 2011. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. Journal of Experimental Botany. 62, 3321-3338.

Youssef, A.A., Mahgoub, M.H., Talaat, I.M., 2004. Physiological and biochemical aspects of Matthiola incana plants under the effect of putrescine and kinetin treatments. Egyptian Journal of Applied Sciences. 19, 492- 10.

Zabet, M., Hosein Zade, A.H., Ahmadi, A., Khialparast, F., 2003. Effect of Water Stress on Different Traits and Determination of the Best Water Stress Index in Mung Bean (*Vigna radiata*). Iranian Journal of Agricultural Science. 34, 889-898. [In Persian with English Summary].

Zandonadi, D.B, Canellas, L.P., Facanha, A.R., 2007. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H-pumps activation. Planta. 225, 1583-1595.