

بررسی تأثیر پیش تیمار بذر بر عملکرد، اجزا عملکردی و غلظت عنصر معدنی فسفر تحت تنش خشکی در همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)

فهمیه هلالی سلطان احمدی^{۱*}، محمدرضا عامریان^۲، مهدی قیاسی^۳ و حمید عباس‌دخت^۴

۱- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری تخصصی زراعت-فیزیولوژی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

پست الکترونیک: f_helali82@yahoo.com

۲- دانشیار، فیزیولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

۳- استادیار، علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۴- دانشیار، اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۶

تاریخ اصلاح نهایی: اردیبهشت ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۷

چکیده

استفاده از مواد آلی و نانو کودها به منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصر غذایی می‌تواند گامی مؤثر برای دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط‌زیست باشد. تنش خشکی مهمترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان دارویی از جمله همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) است. این آزمایش در شرایط مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به صورت مرکب (تکرار در مکان) واقع در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی ارومیه و سلماس اجرا شد. فاکتور اول نحوه آبیاری در دو سطح شامل آبیاری و قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی و فاکتور دوم پیش تیمار بذر در هفت سطح شامل بذرهای تیمار شده با کودهای نانو (اکسید آهن، اکسید روی و اکسید بر با غلظت دو در هزار) و پرایم شده با مواد آلی (اسید هیومیک ۷۲ میلی‌گرم در لیتر، اسید سالیسیلیک ۲۰۰۰ میکرومول و اسید آسکوربیک ۲۰۰ ppm) و شاهد بود. نتایج تجزیه مرکب داده‌های آزمایش حکایت از این داشت که استفاده از پیش تیمار بذر با مواد نانو و پیش تیمار با مواد آلی در صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد کاپیتول، وزن تر و خشک بوته، وزن تر و خشک ریشه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد اسانس و درصد عنصر معدنی فسفر واکنش مثبتی نشان داده و بهترین واکنش از کاربرد پیش تیمار اسید سالیسیلیک و نانو اکسیدروی دیده شد و باعث افزایش و بهبود صفات یادشده و عملکرد کمی و کیفی همیشه‌بهار به ویژه در شرایط تنش خشکی می‌گردد و کاربرد آن در راستای کشاورزی پایدار و ارگانیک قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تیمار قبل از کاشت، نانو کود، اسیدهای آلی، تنش خشکی، درصد اسانس، فسفر.

مقدمه

حاصل می‌شود. به عبارت دیگر تنش عبارت است از: قرار گرفتن ارگانیزم تحت تأثیر شدتی از یک عامل محیطی که موجب اُفت ظاهری، بازده و یا ارزش آن می‌شود. میزان کم

تنش نتیجه روند غیر عادی فرایندهای فیزیولوژیکی بوده و از تأثیر یک و یا تأثیری از عوامل زیستی و محیطی

همیشه بهار گزارش شده است (Khalid & Teixeira da Silva, 2012). گل همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) از خانواده Asteraceae گیاهی یک ساله، با گل های روشن و زرد است که برای هدف های دارویی و زینتی استفاده می شود (Khalid Silva, 2010). پیش تیمار بذر یکی از تکنیک های ساده ای است که قدرت رشد و استقرار گیاهچه ها و در نتیجه کارایی گیاه را در مزارع بهبود می بخشد. Harris و همکاران (۲۰۰۷) و Farooq و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که پیش تیمار کردن بذر ذرت و برنج باعث استقرار و رشد بهتر گیاه و همچنین گلدهی زودتر آن گردید. Harris و همکاران (۲۰۰۷) پیشنهاد کردند که پیش تیمار با مواد مغذی یک روش جدید بوده که به طور هم زمان اثرات مثبت پیش تیمار و افزایش سطح عناصر غذایی در بذر را به همراه دارد. اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی است و با داشتن خاصیت آنتی اکسیدانی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش دارد. نتایج مطالعات پیش تیمار بر روی ذرت و خردل نشان داد که فعالیت رایبیسکو و سرعت فتوسنتز در گیاهان تحت تنش و زمانی که با سالیسیلیک اسید تیمار شدند افزایش پیدا کرد و این امر منجر به افزایش عملکرد در مقایسه با گیاهانی شد که با سالیسیلیک اسید تیمار نشده بودند (Khodary, 2004). مصرف خارجی آسکوربیک اسید می تواند مقاومت به تنش خشکی را افزایش و سبب کاهش اثر تنش اکسیداتیو حاصل شود (Shalata & Neumann, 2001). گونه های فعال اکسیژن عامل اصلی پراکسیداسیون لیپیدی هستند (Upadhyaya & Panda, 2004). پیش تیمار با اسید هیومیک می تواند به طور مستقیم اثرهای مثبتی بر رشد گیاه بگذارد، به طوری که رشد قسمت هوایی و ریشه گیاه توسط آن تحریک می شود. همچنین اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روییسکو، سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می شود (Delfine et al., 2005). پیش تیمار تغذیه ای نوعی از پیش تیمار است که در آن بذر ها با محلول های حاوی ریزمغذی هایی مثل آهن و روی تیمار می شوند (Ghaffari Malayeri et al., 2012). بهبود وضعیت ریزمغذی ها در گیاه، عملکرد و محتوای

نزولات آسمانی و پراکنش نامنظم آن سبب بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان زراعی می شود (Khodary, 2004). خشکسالی و تنش خشکی یکی از عمده ترین عوامل غیرزیستی محدودکننده رشد و عملکرد محصولات زراعی در بیشتر مناطق دنیا می باشد و در ایران نیز بجز سواحل دریای خزر و قسمت های کوچکی از شمال غربی کشور، بقیه مناطق تماماً جزو مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می شوند (Ehiaei et al., 2009). Harris و همکاران (۲۰۰۷) بیان کرده اند که خشکی یک تنش چند بعدی است که گیاهان را در سطوح مختلف سازمانی تحت تأثیر قرار می دهد. در سطح گیاه پاسخ به تنش خشکی پیچیده است، زیرا بازتابی از تلفیق اثرات تنش و پاسخ های مربوطه در تمام سطوح پایین سازمانی، در فضا و زمان است. Neumann و Shalata (۲۰۰۱) گزارش کردند که خشکی به عنوان مهمترین فاکتور کنترل کننده عملکرد محصولات، تقریباً روی کلیه فرایندهای رشد گیاه تأثیرگذار است. مرحله زایشی رشد گیاه حساسیت خاصی نسبت به تنش آب دارد و وسعت کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی از مرحله زایشی به طرف رسیدگی افزایش می یابد. اگرچه کمبود رطوبت در تمام مراحل رشد زیان آور است ولی کمبود در مرحله زایشی اجزاء عملکرد گیاه را بیشتر از سایر مراحل تحت تأثیر شدید خود قرار می دهد. اثر تنش در طول نمو تولیدمثلی نیز بسیار زیان آور است، زیرا رشد دانه ها را کاهش می دهد و از نتایج آن می توان تقلیل مقدار آب موجود به هنگام تشکیل دانه ها را در غلات ذکر کرد (Parsa & Bagheri, 2008). اثر تنش خشکی بر متابولیت های ثانویه در برخی از گیاهان دارویی اغلب موجب افزایش بعضی از ترکیب ها یا ثابت ماندن آنها می شود. گیاهان دارویی مخازن غنی از متابولیت های ثانویه یعنی مواد مؤثره اساسی بسیاری از داروها می باشند. مواد مذکور اگرچه اساساً با هدایت فرایندهای ژنتیکی ساخته می شوند، ولی ساخت آنها به طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می گیرد (Omidbaigi, 2000). تأثیرات نامناسب تنش خشکی در کاهش عملکرد اسانس در گیاه

نانواکسید روی با غلظت دو در هزار و پیش‌تیمار با مواد آلی در ۳ سطح (پیش‌تیمار با محلول اسید هیومیک ۷۲ میلی‌گرم در لیتر، اسید سالیسیلک ۲۰۰۰ میکرومول و اسید آسکوربیک ۲۰۰ ppm) و شاهد (بدون پیش‌تیمار) می‌باشد. کودهای نانو محصول شرکت دانش‌بنیان صدور احرار شرق (خضراء) می‌باشد. بذرها در سه سانتی‌متری زیر سطح خاک در تاریخ ۹۵/۲/۱۰ به صورت خطی کشت شدند. گیاهان کاشته شده در ردیف‌هایی به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از هم و با فاصله ۸ سانتی‌متر از هم در روی ردیف استقرار یافتند. با توجه به فواصل کشت بالا، کرت‌های آزمایش در ۱۲ ردیف (۲ ردیف حاشیه و ۶ ردیف برای برداشت گل و ۴ ردیف برای برداشت دانه) به طول ۲/۵ متر در نظر گرفته شدند. این آرایش کاشت ۴۱۵۰۰۰ بوته در هر هکتار ایجاد کرد. برای تعیین ویژگی‌های خاک محل آزمایش، قبل از کاشت، از چند نقطه و به صورت تصادفی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه برداری گردید. برخی از ویژگی‌های خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. از اولین آبیاری پس از کاشت، آبیاری‌های بعدی در شرایط عدم تنش برحسب شرایط اقلیمی منطقه (جدول ۲) به فاصله هر پنج روز یک‌بار تا آخر فصل رشد انجام شد. در شرایط تنش قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی بود. برای اطمینان از استقرار یکنواخت بوته‌های همیشه‌بهار، کشت بذرها با تراکم بالا انجام شد. سپس گیاهان سبز شده در دو مرحله دو و چهار برگگی تنک شدند. علف‌های هرز در طول فصل رشد از طریق وجین دستی کنترل گردیدند. از نظر آفات مزرعه، برای کنترل شته از حشره‌کش دیازینون به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار استفاده شد. تعداد خطوط کاشت در هر کرت ۱۲ ردیف بود که پس از حذف دو ردیف کناری کرت به عنوان اثر حاشیه، از هشت خط باقیمانده نمونه‌گیری انجام شد. برای اندازه‌گیری تعداد گل‌آذین در بوته و دانه در گل‌آذین پس از رعایت حاشیه‌ها از هر کرت به طور تصادفی ۱۰ گیاه انتخاب و صفات مورد نظر در آنها اندازه‌گیری شد.

ریزمغذی بذر را افزایش می‌دهد. آهن یکی از عناصر غذایی ریزمغذی می‌باشد که در اعمال متابولیکی مثل تثبیت نیتروژن، ساخت کلروفیل و تیلاکوئید، توسعه کلروپلاست، تولید رنگدانه و به‌عنوان کاتالیزور در فعالیت‌های آنزیمی از جمله آنزیم‌های مسیر تنفس نوری و گلیکولات و آنزیم‌های تنظیم و کنترل تعرق گیاه مشارکت دارد (Blakrishnan, 2000). عنصر روی به‌عنوان بخشی از ساختمان آنزیم‌ها و یا به صورت RNA و DNA کوفاکتور عمل می‌کند. عنصر روی برای ساخت متابولیسم کربوهیدرات‌ها، روغن‌ها و پروتئین‌های ساختمان ریبوزوم استفاده می‌شود. عنصر روی همچنین در فتوسنتز، تقسیم سلولی و طویل شدن سلول، حفظ ساختمان و عملکرد غشای سلولی و هورمون تحریک‌کننده رشد و باروری (گلدھی و میوه‌دهی) گیاهان مشارکت دارد (Oshodi et al., 1993).

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذر در مزرعه در شرایط تنش و عدم تنش بر شاخص‌های کمی و کیفی همیشه‌بهار، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در طی سال زراعی ۹۵-۹۶ به صورت مرکب (تکرار در مکان) واقع در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی ارومیه با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی و سلماس ۳۸ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۴۴ درجه و ۴۶ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی اجرا شد. فاکتور اول آبیاری در دو سطح شامل آبیاری نرمال (آبیاری منظم طبق عرف زارع تا زمان برداشت) و قطع آبیاری کامل در مرحله شروع گلدهی (نحوه اعمال تیمار تنش خشکی مطابق طرح به این صورت بود که بلافاصله بعد از رسیدن گیاهان به مرحله تیماری مدنظر، آبیاری کلاً در آن مرحله قطع شد) و فاکتور دوم پیش‌تیمار با مواد نانو در ۳ سطح پیش‌تیمار با محلول نانواکسید آهن، نانواکسید بور و

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک

سال	مکان	عمق	Ec (dS.m ⁻¹)	pH	OC (%)	N (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Fe (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
۹۵	ارومیه	۰ تا ۳۰	۰/۸۳	۷/۹	۰/۸۰	۰/۰۸	۴/۲	۱۷۸	۰/۵۲	۳/۸	۹/۱۲	۱/۱۲	۲۶	۴۲	۳۶
	سلماس	۰ تا ۳۰	۱/۰۷	۷/۹	۰/۵۱	۰/۰۴	۳/۵	۱۴۵	۰/۳۱	۳	۶/۲	۰/۷۹	۲۶	۳۱	۴۶
۹۶	ارومیه	۰ تا ۳۰	۱/۲۰	۷/۵	۰/۸۲	۰/۸۰	۵	۱۵۰	۰/۸	۴/۶	۱۰/۶	۱/۱۴	۲۹	۲۵	۳۲
	سلماس	۰ تا ۳۰	۱/۷۰	۷/۴	۰/۶۱	۰/۶۱	۳/۶	۱۲۰	۰/۴	۴	۶/۶	۰/۸۸	۲۷	۳۲	۳۴

جدول ۲- داده‌های هواشناسی و اقلیمی محل‌های کشت در طی سال زراعی ۹۵-۹۶

ماه/مکان	ارومیه				سلماس			
	کمینه دما (درجه سانتی‌گراد)	بیشینه دما (درجه سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (%)	بارندگی (میلی‌متر)	کمینه دما (درجه سانتی‌گراد)	بیشینه دما (درجه سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (%)	بارندگی (میلی‌متر)
فروردین	۱۲/۲	۲۶/۸	۳۹	۱۳/۳	۱۰/۹	۲۴/۶	۳۶	۲۵/۴
اردیبهشت	۱۷/۵	۳۲/۴	۲۴	۲/۷	۱۵/۹	۳۰/۴	۲۷	۴/۸
خرداد	۲۲/۳	۳۶/۱	۲۶	۱/۱	۲۰/۸	۳۵/۹	۲۶	۹/۲
تیر	۲۳/۹	۳۹/۳	۲۹	۰/۵	۲۳/۲	۳۷/۷	۲۵	۳/۸
مرداد	۲۲/۴	۳۷/۵	۲۷	۰/۷	۲۱/۸	۳۶/۴	۲۸	۰/۱
شهریور	۱۷/۶	۳۳/۷	۳۵	۵/۴	۱۶/۵	۳۲/۷	۳۷	۲/۱

به منظور تعیین عملکرد گل خشک، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک پس از در نظر گرفتن حاشیه‌های ذکر شده، مساحت $1/5$ مترمربع را در نظر گرفته، پس از کف‌بردن بوته‌ها در مرحله پایان گلدهی و رسیدگی دانه‌ها، ابتدا وزن گل خشک تعیین و با ادامه مراحل نمو گیاه وزن دانه و گیاه در واحد سطح محاسبه و برحسب کیلوگرم در هکتار ارائه گردید. برای اندازه‌گیری صفات رویشی و اجزای عملکرد، پس از در نظر گرفتن حاشیه‌ها، تعداد ۱۰ بوته انتخاب و صفات اندازه‌گیری شدند. وزن هزاردانه با توزین و میانگین‌گیری از ۴ تکرار ۲۵۰ عددی محاسبه گردید. برای تعیین وزن خشک، بوته‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا ثابت ماندن وزن خشک درون آون قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری ماده معدنی فسفر، طبق روش Edward، نمونه‌های گیاهی در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت خاکستر شدند و بعد در ۵ میلی‌لیتر محلول اسید نیتریک ۲ مولار حل و در نهایت حجم محلول با آب دو بار تقطیر به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد و با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف گردید. فسفر با استفاده از اسپکتوفتومتر (Schimadzu UV-VIS 1201) اندازه‌گیری شد (Edward, 1999). تجزیه آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار mstat-c و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ استفاده گردید.

نتایج

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس ارتفاع بوته (جدول ۳) بیانگر تأثیر معنی‌دار تنش خشکی و پیش‌تیمار بر این صفت در سطح ۵٪ بود. مقایسه میانگین داده‌های اثرات متقابل خشکی و پیش‌تیمار نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در شرایط تنش ۵۴/۳۵ سانتی‌متر از تیمار پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید و کمترین ارتفاع بوته ۴۳/۰۱ سانتی‌متر از تیمار شاهد بدست آمد (شکل ۱). با توجه به داده‌ها بیشترین ارتفاع ساقه در شرایط بدون تنش با تیمار سالیسیلیک اسید به مقدار

تعداد کاپیتول

نتایج تجزیه واریانس تعداد کاپیتول در بوته بیانگر تأثیر معنی‌دار تنش خشکی بر این صفت است (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های اثر تیمار آبیاری نشان داد که تنش خشکی تعداد کاپیتول در بوته را کاهش داد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود بیشترین تعداد کاپیتول در بوته در شرایط تنش خشکی ۲۳/۸۴ عدد از تیمار پیش‌تیمار با روی و عدم تنش خشکی و کمترین آن ۱۳/۰۶ عدد از تیمار شاهد حاصل شد (شکل ۲). روی از طریق تولید هورمون اکسین باعث افزایش رشد رویشی، شاخه‌بندی و فتوسنتز بیشتر می‌شود و

تحرك بالاتری در گیاه ایجاد می‌کند و باعث می‌شود محلول کود روی با سرعت و همگنی بالاتر در گیاه توزیع شود؛ مجموعه این دلایل افزایش پارامترهای مؤثر در اجزای عملکرد را به دنبال دارد و به‌طور ویژه در شرایط تنش از گیاه در برابر آسیب‌های جدی محافظت می‌کند (Hamada, 1998).

وزن تر و خشک ریشه

تجزیه واریانس داده‌ها اثر متقابل تنش خشکی و پیش تیمار را بر وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل در بین این تیمارها بیشترین و کمترین وزن تر ریشه به میزان ۴/۷۹۸ و ۲/۳۲۵ گرم و بیشترین و کمترین مقادیر وزن خشک ریشه به ترتیب ۱/۹۱۶ و ۰/۵۸۴ گرم به ترتیب مربوط به تیمار پیش تیمار با سالیسیلیک اسید و شاهد (بدون پیش تیمار) بود (شکل‌های ۴-۳). در مورد وزن خشک ریشه نیز Niakan و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تیمار اسید سالیسیلیک تأثیر چندانی بر وزن خشک ریشه نداشت که با نتایج حاصل از این پژوهش برای وزن تر و وزن خشک ریشه مطابقت دارد. این در حالی است که Fathi و Esmailpoor (۲۰۱۰) بیان کردند که اسید سالیسیلیک سبب کاهش رشد اندام هوایی و افزایش رشد اندام زیرزمینی می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد در این مطالعه عواملی مانع بروز اثرات مطلوب اسید سالیسیلیک بر وزن تر و خشک ریشه شده باشند. از این عوامل می‌توان به فضای کم ناحیه ریشه برای توسعه ریشه‌ها اشاره کرد. طبق مطالعات انجام شده، در صورت نبود فضای مناسب در بستر برای رشد ریشه‌ها، رشد اندام هوایی و زیرزمینی کاهش می‌یابد و از میزان ماده خشک اندام زیرزمینی کاسته می‌شود (Win, 1997).

وزن تر و خشک بوته

تجزیه واریانس داده‌ها اثر متقابل بین تنش خشکی و پیش تیمار را بر وزن تر و وزن خشک بوته معنی‌دار نشان

وجود آهن در ساختار کلروفیل و تأثیر آن بر میزان فتوسنتز و تثبیت دی‌اکسیدکربن موجب بهبود اجزای عملکرد از جمله تعداد کاپیتول می‌گردد (Marschner, 1995). Kamaraki و Galavi (۲۰۱۲) نشان دادند که عناصر ریزمغذی آهن، بُر و روی در گلرنگ باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و بیولوژیکی، شاخص برداشت و درصد روغن نسبت به تیمار شاهد گردید. Heidarian و همکاران (۲۰۱۱) در سویا و Bagheri و Khoulenjani و Salamati (۲۰۱۱) در سیاه‌دانه نیز گزارش کردند که عناصر ریزمغذی موجب بهبود اجزای عملکرد و عملکرد گیاهان فوق‌گردیده است.

وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس وزن هزاردانه بیانگر تأثیر معنی‌دار تنش خشکی بر این صفت است (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌های وزن هزاردانه نشان داد که بیشترین وزن هزاردانه ۸/۹۵۵ گرم و کمترین ۸/۵۲ گرم به ترتیب به تیمارهای پیش تیمار با نانوآکسید روی و تنش خشکی و تیمار شاهد تعلق داشت (شکل ۷). Sheikh Bagloo و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کاربرد روی در شرایط تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بلال و وزن هزاردانه نسبت به شاهد می‌شود. این نتایج با نتیجه Potarzycki و Grzebisz (۲۰۰۹) که بیان نمودند روی باعث افزایش معنی‌دار صفت وزن هزاردانه می‌شود، مطابقت دارد. در مطالعه Davis و همکاران (۱۹۹۹) نیز تنش خشکی وزن هزاردانه نخود را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. به گفته همین محققان، اعمال آبیاری در مرحله پر شدن دانه‌ها زمینه را برای دوام بیشتر فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی و همچنین انتقال مواد برای پر کردن دانه‌ها فراهم نموده و از این طریق سبب بهبود وزن دانه می‌گردد. در توجیه کارایی بهتر ذرات نانوآکسید روی نسبت اجزای عملکرد باید به خود ساختار ذرات نانو اشاره کرد. از آنجایی که ذرات نانو دارای ابعاد بسیار ریزی هستند، از این رو سطح ویژه بالایی دارند که این امر واکنش‌پذیری و

عملکرد (تعداد کاپیتول، تعداد دانه در کاپیتول و وزن هزاردانه) می‌باشد و تغییر در هر یک از اجزاء سبب تغییر در عملکرد دانه خواهد شد. تأثیر پیش‌تیمار بر عملکرد دانه به‌ویژه در شرایط تنش را به این صورت می‌توان توجیه کرد که نقش حائز اهمیت این عنصر در فرایند فتوسنتز، سنتز پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و چربی‌هاست. عنصر روی می‌تواند اثر مطلوبی بر فعالیت‌های فتوسنتزی برگ و انتقال بهتر مواد فتوسنتزی داشته باشد (Wang & Duan, 2006). براساس نتایج تحقیقات انجام شده، شکل‌گیری اندام‌های جنسی نر و ماده و فرایند گرده‌افشانی بر اثر کمبود روی مختل شده و منجر به کاهش شدیدی در عملکرد می‌شود که این موضوع به کاهش تولید ایندول استیک اسید (IAA) نسبت داده شده‌است (Subhani & Chowdhry, 2000). نتایج این آزمایش با یافته‌های Omidian و همکاران (۲۰۱۲) که نشان دادند استفاده از عنصر روی موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه کلزا و گندم می‌شود، مطابقت دارد.

درصد اسانس

درصد اسانس همیشه‌بهار با اعمال تنش خشکی و تیمار پیش‌تیمار افزایش معنی‌داری را نشان داد؛ به‌طوری‌که بیشترین درصد اسانس در تیمار نانوآکسید آهن و تنش خشکی به میزان ۰/۰۹۹٪ و کمترین درصد اسانس ۰/۰۶۴٪ به تیمار شاهد ثبت شد (شکل ۹). Khalid و Teixeira da silva (۲۰۱۲) نشان دادند که اعمال استرس خشکی در دو گونه ریحان شیرین و آمریکایی، درصد روغن ضروری و ترکیب‌های روغن ضروری را افزایش می‌دهد. استرس خشکی درصد روغن‌های ضروری بیشتر گیاهان دارویی را افزایش می‌دهد، چون در موارد استرس بیشتر متابولیت‌های بیشتری تولید شده و این مواد باعث جلوگیری از عمل اکسیداسیون در سلول می‌شوند (Alimadadi et al., 2010). علاوه‌بر این افزایش آهن در گیاه سبب افزایش توان فتوسنتزی و افزایش پیش‌سازهای ترکیب‌های فنولی مورد نیاز سنتز اسانس‌ها و در نتیجه افزایش تولید اسانس

داد (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمارهای آزمایش حکایت از آن داشت که صفت مورد مطالعه در تمام ترکیب‌های استفاده شده نسبت به شاهد برتری داشتند. بیشترین میانگین وزن تر به میزان ۷۶/۵۸ در تیمار ترکیبی اسیدآسکوربیک، تنش خشکی بدست آمد که نسبت به شاهد ۴۰٪ افزایش نشان داد. همچنین برای وزن خشک بوته بیشترین مقدار آن مربوط به اسیدآسکوربیک به میزان ۲۳/۶۹ گرم بود (شکل‌های ۵-۶). در مطالعات انجام شده Abdel-Aziz و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است که آسکوربات تقسیم سلولی را افزایش داده و سبب افزایش تعداد برگ، وزن خشک و تر برگ گیاه می‌شود. با توجه به شواهد موجود آسکوربات نقش دوگانه‌ای در رشد سلول دارد، از یکسو موجب تغییر چرخه سلولی و تحریک تقسیم سلولی می‌شود و از سوی دیگر، رشد طولی و گسترش سلولی را امکان‌پذیر می‌سازد. بنابراین احتمال دارد که افزایش وزن تر و خشک بوته توسط اسیدآسکوربیک به همین دلیل باشد و علاوه‌بر آن کاربرد اسیدآسکوربیک باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی نسبت به شاهد می‌شود؛ همچنین گزارش شده که اسیدآسکوربیک به‌عنوان یک کوآنزیم در واکنش‌های آنزیمی عمل می‌کند و به‌دلیل ایجاد دگرگونی در کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها باعث بهبود فتوسنتز و تنفس می‌شود (Hendawy & Ezz EL-Din, 2010).

عملکرد دانه

مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر آن است که تیمارهای پیش‌تیمار در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانه شدند (جدول ۳). بالاترین عملکرد دانه ۵۱۴/۷۶ کیلوگرم در هکتار از تیمار نانوآکسید روی و تنش خشکی و در شرایط آبیاری نرمال نیز بیشترین میزان عملکرد دانه ۶۴۹/۵۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار پیش‌تیمار با نانوآکسید روی حاصل شد. کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد به میزان ۴۱۸/۵۲ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۸). عملکرد دانه همیشه‌بهار تابع اجزای

خشکی بر روند جذب، ضرورتاً نیاز غذایی در این دوره‌های رشدی متفاوت بوده و گیاه در هر مرحله از رویش خود ممکن است به عنصر خاصی نیاز زیادتری داشته باشد؛ به طوری که اثر تنش خشکی در آن دوره بیشتر تأثیرگذار است. مشاهده شده است که پیش تیمار با سالیسیک اسید باعث تغییرات وسیع شاخص‌های مورفولوژیکی ریشه به ویژه گره‌بندی و افزایش طول ریشه می‌شود (Eisvand *et al.*, 2010؛ Alimadadi *et al.*, 2010). از این رو می‌توان گفت تیمارهای پیش تیمار سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی به ویژه عنصر فسفر مورد نیاز گیاه می‌شوند.

نتایج تجزیه مرکب داده‌های آزمایش حکایت از این داشت که استفاده از پیش تیمار بذر با مواد نانو و پیش تیمار با مواد آلی در صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد کاپیتول، وزن تر و خشک بوته، وزن تر و خشک ریشه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد اسانس و درصد عنصر معدنی فسفر واکنش مثبتی نشان داده و باعث افزایش و بهبود صفات یادشده به ویژه در شرایط تنش خشکی گردید.

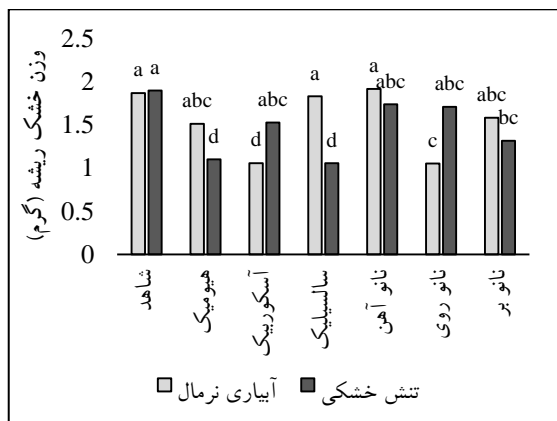
می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به تأثیر عنصر آهن در رشد و نمو گیاه می‌توان یکی از دلایل بیشتر شدن مقدار اسانس را تولید بیشتر غده‌های ترشح‌کننده اسانس در گلها دانست (Dubey *et al.*, 2003).

درصد فسفر

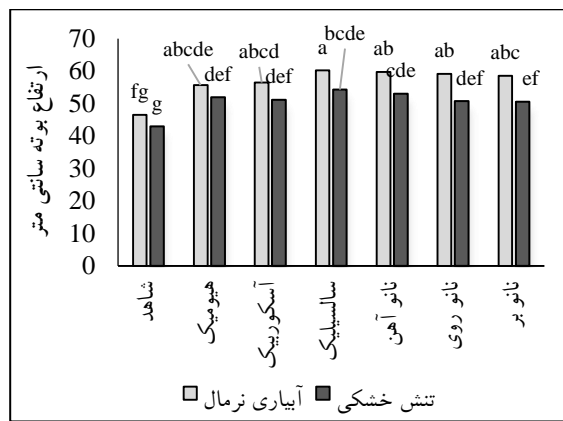
تأثیر تیمارهای پیش تیمار و تنش خشکی بر غلظت فسفر در سرشاخه گلدار معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به نحوی که غلظت فسفر در تیمار پیش تیمار با سالیسیک اسید و عدم تنش خشکی به میزان $3/61\%$ بیشترین و در تیمار شاهد تنش خشکی در کمترین مقدار $3/04\%$ بود (شکل ۱۰). به طور کلی تیمار پیش تیمار با اسید سالیسیک هم در شرایط تنش و هم غیر تنش نقش افزایشی در جذب فسفر داشت. یکی از مهمترین پارامترهای تأثیرگذاری تنش خشکی بر تجمع عناصر غذایی، مسئله نیاز متفاوت گیاه در روند جذب و دوره‌های مختلف رشدی به عناصر غذایی می‌باشد؛ پس در تجمع عناصر اثر تنش

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس پیش تیمار بذر در شرایط تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه همیشه بهار

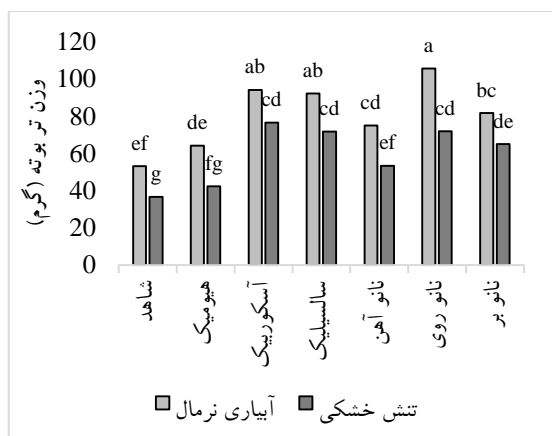
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد کاپیتول	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	درصد عنصر معدنی فسفر	درصد اسانس	منابع تغییرات
مکان	۱	۵۵۴۷/۵۵۸	۲۴/۸۳۰	۳۸/۵۸۴	۲/۶۵۴	۱/۸۷۲	۱/۲۱۴	۲/۳۵۹	۱۰۸۳/۱۶۶	۱۰/۸۸۹	۰/۵۲۰	مکان
تکرار	۴	۱۶۳/۴۹۳	۱۱/۶۴۳	۲/۱۳۷	۱/۲۹۴	۹۲۸۵۳/۳۸	۳۱۷/۸۷۲	۰/۳۶۶	۱۱۰/۵۴۱	۳/۵۱۱	۰/۱۰۹	تکرار
تنش خشکی	۱	۷۴۳/۲۱۴**	۵۲۳/۰۵۲	۴/۱۶۷**	۲/۱۹۹	۳۲۱۰/۵۵	۱۴۸۴/۸۴۰	۱۶/۴۹۴	۱۱۲۸/۷۳۶	۶/۴۹۹	۰/۰۰	تنش خشکی
مکان × تنش خشکی	۱	۴۲/۸۵۷	۴/۷۴۸	۰/۲۸۰	۰/۰۹۵	۹۲۹۱/۳۸	۲۰۰/۰۱۶	۴/۶۱۰	۵۲۴۹/۱۸	۰/۱۱۹	۰/۰۰۴	مکان × تنش خشکی
پیش تیمار	۶	۲۰۵/۰۱۷**	۲۰۹/۶۲۳	۷/۶۸۱	۱/۳۵۷	۱۸۲۱/۱۴	۳۱۳/۹۱۳	۳/۶۱۵	۵۶۸۷/۲۲۵	۳۲/۷۰۹	۰/۳۶۹	پیش تیمار
مکان × پیش تیمار	۶	۷۹/۸۹۳	۵۲/۱۶۲	۷/۵۱۷	۰/۳۸۰	۵۹۳۳/۷۹	۱۳۵/۸۹۱	۰/۰۶۸	۴۵۷۱/۶۵	۱/۱۶۳	۰/۰۲۸	مکان × پیش تیمار
تنش خشکی × پیش تیمار	۶	**۱۰/۹۳۷	۱۳/۹۹۷	۰/۸۸۱	۰/۳۵۱	۲۷۴۵/۸۸	۲۶/۷۴۲	۰/۲۹۸	۴۹۲۱/۳۲۱	۰/۱۵۶	۰/۰۲۰	تنش خشکی × پیش تیمار
مکان × تنش خشکی × پیش تیمار	۶	ns۱۴/۲۴۰	۵/۶۵۲	۰/۷۴۴	۰/۱۱۴	۷۰۷۸/۱۴۶	۲۵/۲۷۵	۰/۱۱۷	۱۵۰/۲۰۲	۰/۰۴۷	۰/۰۲۳	مکان × تنش خشکی × پیش تیمار
خطا	۵۲	۲۵/۶۷۹	۱۷/۰۱۲	۰/۵۱۹	۰/۱۴۵	۲۴۵۱/۱۱	۵۵/۷۳۹	۰/۰۴۹	۳۲۴/۸۴۷	۰/۰۸۲	۰/۰۳۳	خطا



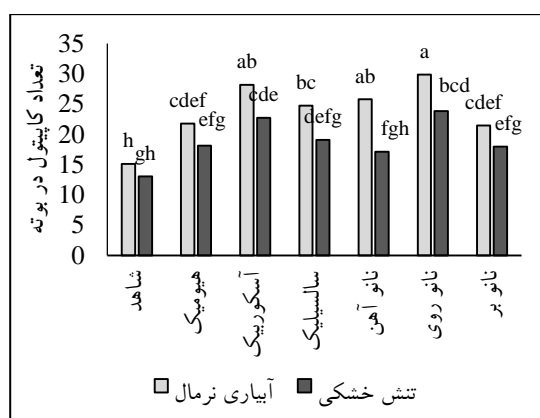
شکل ۴- اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن خشک ریشه



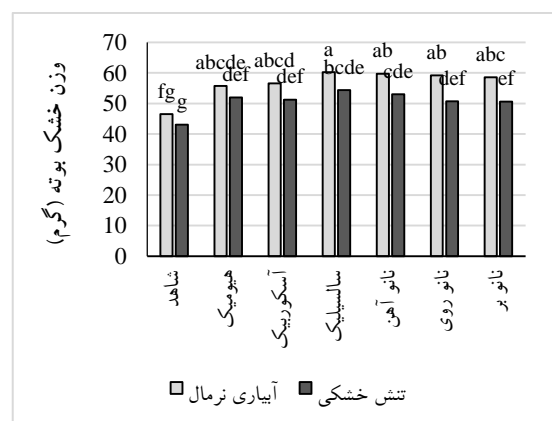
شکل ۱- اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر ارتفاع بوته



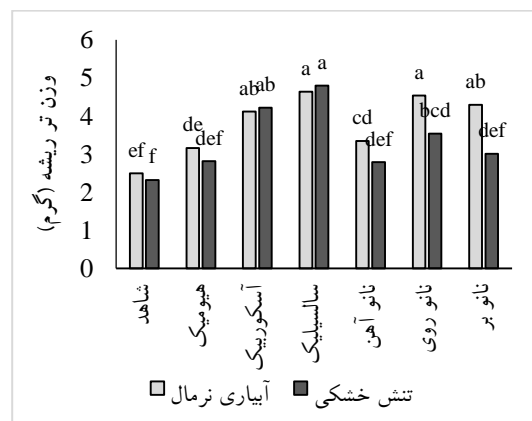
شکل ۵- اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن تر



شکل ۲- اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر تعداد کاپیتول



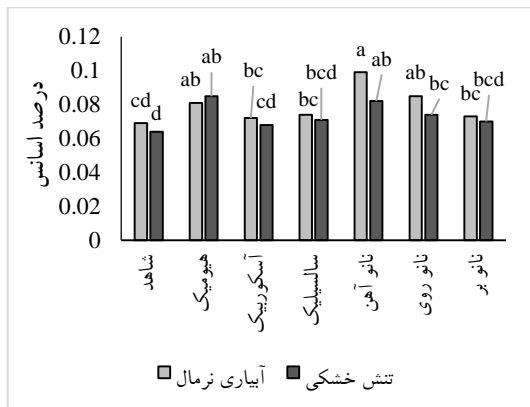
شکل ۶- اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن خشک



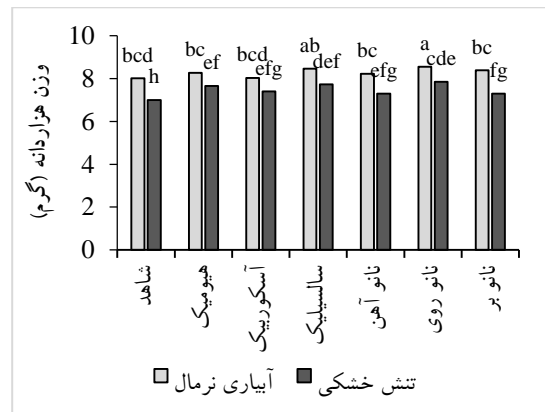
شکل ۳- اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن تر

بوته

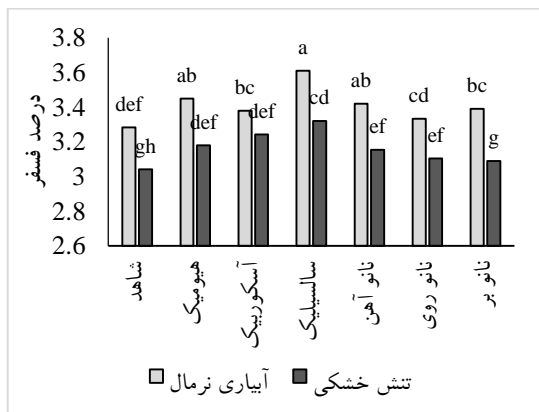
ریشه



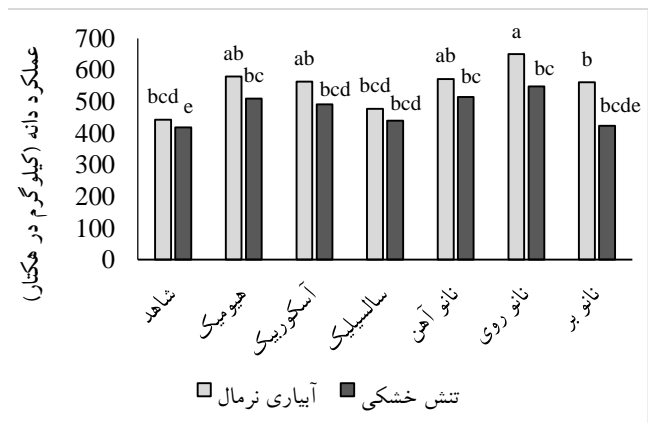
شکل ۹- اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر درصد اسانس



شکل ۷- اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن هزاردانه



شکل ۱۰- اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر درصد فسفر



شکل ۸- اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر عملکرد دانه

حاصل از بذره‌های شاهد (عدم پیش تیمار) حاصل شده بود و توانسته بود در تیمارهای همراه با تنش خشکی اثرات نامطلوب ناشی از تنش خشکی را تا حد زیادی کاهش دهد و در بین تیمارهای بکار رفته سالیسیلیک اسید و نانو اکسید روی بالاترین تأثیر را در شرایط تنش ایجاد کردند. در مورد گیاه همیشه بهار که نیاز آبی بالایی دارد، این امر می‌تواند اهمیت دوچندانی به‌ویژه در انتشار و کشت این گیاه در اغلب مناطق کم آب و خشک داشته باشد.

منابع مورد استفاده

- Abdel-Aziz, N.G., Taha Lobna, S. and Ibrahim Soad, M.M., 2009. Some studies on the effect of putrescine, ascorbic acid and thiamine on growth,

بحث

بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، عملکرد گل همیشه بهار به‌عنوان اندام مورد استفاده دارویی این گیاه می‌تواند تحت تأثیر تنش خشکی قرار گیرد. اعمال تیمارهای تنش خشکی بر روی گیاه همیشه بهار حاصل از بذره‌های پیش تیمار شده به دلیل جوانه زنی، سبز شدن و استقرار سریع تر از منابع موجود استفاده بهتری به عمل آورده؛ به طوری که در این گیاهان ارتفاع بوته ۵۴/۳۵ سانتی متر، وزن تر بوته ۷۱/۹۲ گرم، وزن خشک بوته ۵۳/۰۱ گرم، درصد اسانس ۰/۰۸۵٪، وزن هزاردانه ۷/۸۵۵ گرم، عملکرد دانه ۵۴۸/۲۸ کیلوگرم در هکتار، تعداد کاپیتول ۲۳/۸۴ عدد بود؛ همچنین درصد فسفر ۳/۲۴ درصد بیشتر نسبت به گیاهان

- Fathi, G. and Esmailpoor, B., 2010. Principles and Application of Plant Growth Regulators. Jahad Daneshgahi Press, Mashhad, 288p.
- Ghaffari Malayeri, M., Akbari, Gh.A. and Mohammadzadeh, A., 2012. Response of yield and yield components of corn on soil use and foliar application of micronutrients. Iranian Journal of Field Crops Research, 10(2): 368-373.
- Hamada, A.M., 1998. Effects of exogenously added ascorbic acid, thiamin or aspirin on photosynthesis and some related activities of drought-stressed wheat plants. Photosynthesis: Mechanisms and Effects (Volume V: Proceedings of the XIth International Congress on Photosynthesis), Budapest, Hungary, 17-22 August: 2581-2584.
- Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M. and Shah, H., 2007. On-farm seed priming with zinc solution- A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. Field Crops Research, 102: 119-127.
- Heidarian, A.R., Kord, H., Mostafavi, K.H., Lak, A.P. and Amini Mashhadi, F., 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* L.) at different growth stages. Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development, 3: 189-197.
- Hendawy, S.F. and Ezz EL-Din, A.A. 2010. Growth and yield of *Foeniculum vulgare* var.azoricum as influenced by some vitamins and amino acids. Ozean Journal of Applied Science, 3(1): 113-123.
- Kamaraki, H. and Galavi, M., 2012. Evaluation of foliar Fe, Zn and B micronutrients application on quantitative and qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology, 4(3): 201-206.
- Khalid, K.A. and Teixeira da silva, J.A., 2012. Biology of *Calendula officinalis* Linn: focus on pharmacology, biological activities and agronomic practices. Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology, 6(1): 12-27.
- Khodary, S.F.A., 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology, 6: 5-8.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Limited, Harcourt Brace and Company, Publishers, London, 672p.
- Niakan, M., Jahanbani, A. and Ghorbanli, M., 2010. Spraying effect of salicylate different concentrations on growth parameters, amount of photosynthetic pigments, anthocyanin, flavonoids and solution flowering and some chemical constituents of *Gladiolus* plants at Nubaria. Ozean Journal of Applied Sciences, 2(2): 169-179.
- Alimadadi, A., Jahansouz, M.R., Besharati, H., Tavakkol-Afshari, R. and Tavakkoli, M., 2010. Effect phosphate solubilizing micro-organisms, mycorrhiza and seed priming on the nodulation in chickpea crop (*Cicer arietinum* L.). Journal of Soil Research (Soil Science and Water), 24(1): 43-53.
- Bagheri Khoulenjani, M. and Salamati, M.S., 2011. Morphological reaction and yield of *Nigella sativa* L. to Fe and Zn. African Journal of Agricultural Research, 7: 2359-2362.
- Blakrishnan, K., 2000. Peroxidase activity as an indicator of the iron deficiency banana. Indian Journal of Plant Physiology, 5: 389-391.
- Davis, S., Turner, N.C., Siddique, K.H.M., Leport, L. and Plummer, J., 1999. Seed growth of desi and kabuli chickpea (*Cicer arietinum*) in a short season Mediterranean type environment. Australian Journal of Experimental Agriculture, 39: 181-188.
- Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A., 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development, 25: 183-191.
- Dubey, V.S., Bhalla, R. and Lithra, R., 2003. Sucrose mobilization in relation to essential oil biogenesis during palmarosa (*Cymbopogon martini* Roxb. Wats. Var. *motia*) inflorescence development. Boisiences, 28(4): 479-487.
- Edward, A.H., 1999. Handbook of Reference Method for Plant Analysis. Soil and Plant Analysis Council, Inc, 320p.
- Ehiaei, H., Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M. and Sadeghi, S., 2009. Effect of different drought stress on germination and seedling growth indices of two medicinal plants of arteshus and sarkhorgol. Proceedings of the First Regional Conference on Agriculture and Natural Resources, Ramhormoz Azad University, Ramhormoz, 28-29 January: 136.
- Eivsand, H.R., Tavakkol-Afshari, R., Sharifzadeh, F., Madah Arefi, H. and Hesamzadeh Hejazi, S.M., 2010. Effects of hormonal priming and drought stress on activity and isozyme profiles of antioxidant enzymes in deteriorated seed of tall wheatgrass (*Agropyron elongatum* Host). Seed Science and Technology, 38: 280-297.
- Farooq, M., Shahzad, M. and Basra, A., 2006. Priming of field-sown rice seed enhances germination, seedling establishment, allometry and yield. Plant Growth Regulation, 49: 285-294.

- yielding components. *Plant Soil Environment*, 55: 519-527.
- Shalata, A. and Neumann, P.M., 2001. Exogenous ascorbic acid (vitamin C) increases resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation. *Journal of Experiment Botany*, 52: 2207-2211.
 - Sheikh Bagloo, N., Hassanzadeh Ghourt Tapeh, A.S., Baghestani Meybodi, M.A. and Zand, B., 2009. Study the effect of zinc foliar application on the quantitative and qualitative yield of grain corn under water stress. *Electronic Journal of Crop Production*, 2: 59-73.
 - Subhani, G.M. and Chowdhry, M.A., 2000. Correlation and path coefficient analysis in bread wheat under drought stress and normal conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3(1): 72-77.
 - Upadhyaya, H. and Panda, S.K., 2004. Responses of *Camellia sinensis* to drought and rehydration. *Biologia Plantarum*, 48: 597-600.
 - Wang, N. and Duan, J.K., 2006. Effects of variety and crude protein content on nutrients and anti-nutrients in lentil. *Food Chemistry*, 95: 493-502.
 - sugars of *Coriandrum sativum* L. *Journal on Plant Science Researches*, 5(2): 10-18.
 - Nscimento, W.M. and West, S. H., 2000. Drying during muskmelon (*Cucumis melo* L.) seed priming and its effects on seed germination and deterioration. *Seed Science and Technology*, 28: 211-215.
 - Omidbaigi, R., 2000. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants (Vol. 3). Tarahan Nashr, Tehran, 424p.
 - Omidian, A., Siadat, S.A., Naseri, R. and Moradi, M., 2012. Effect of foliar application of Zn sulphate on grain yield, oil and protein of four canola cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 14(1): 16-28.
 - Oshodi, A.A., Olaofe, O. and Hall, G.M., 1993. Amino acid, fatty acid and mineral composition of pigeon pea. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 43: 187-191.
 - Parsa, M. and Bagheri, A., 2008. Pulses. Jihad-e Daneshgahi Mashhad Publisher, 523p.
 - Potarzycki, J. and Grzebisz, M., 2009. Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its

Effects of seed priming on yield, yield components, and concentration of mineral phosphorus under drought stress in *Calendula officinalis* L.

F. Helali Soltanahmadi^{1*}, M.R. Amerian², M. Ghiyasi³ and H. Abbasdookht⁴

1*- Corresponding author, Ph.D. student, Shahrood University, Shahrood, Iran, E-mail: f_helali82@yahoo.com

2- Department of Agronomy and Plant Breeding, Shahrood University, Shahrood, Iran

3- Department of Seed Sciences and Technology, Urmia University, Urmia, Iran

4- Department of Ecology of Plants, Shahrood University, Shahrood, Iran

Received: December 2017

Revised: April 2018

Accepted: May 2018

Abstract

The use of organic materials and nano-fertilizers to control the release of nutrients could be an effective step towards achieving sustainable agriculture. Drought stress is the most important factor limiting the growth and yield of medicinal plants including marigold (*Calendula officinalis* L.). This experiment was conducted under field conditions in a factorial arrangement in a randomized complete block design with three replications (replication in place) in the Research Farm of the Urmia and Salmas Agricultural Research Center. The first factor was irrigation method at two levels including normal irrigation and irrigation cut in the beginning of flowering, and the second factor was priming treatments in seven levels including the seeds primed with nano fertilizers (iron oxide, zinc oxide and oxide with concentrations of two in thousands) and the seeds primed with organic material (humic acid, 72 mg/L, salicylic acid 2000 micromole and ascorbic acid 200ppm) and control. The results indicated that the priming of seeds with nano materials and priming with organic materials caused an increased plant height, number of capitul, fresh and dry weight of the plant, fresh and dry weight of root, grain yield, harvest index, essential oil percentage, and mineral phosphorus percentage as well as increased quantitative and qualitative yield of marigold, especially in drought stress conditions. Therefore, its application could be recommended for sustainable and organic agriculture.

Keywords: Priming, nano-fertilizer, organic acids, drought stress, essential oil percentage, phosphorous.