



اثر تیمارهای پرایمینگ بذر بر سبز شدن زنیان تحت سطوح مختلف آبیاری

سمیه ملک‌زاده^۱، سیف‌اله فلاح^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه شهرکرد.

۲. دانشیار گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۶/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۰۶

چکیده

ارزیابی تحمل به کم‌آبی گیاهان دارویی، به‌منظور کشت در مناطق خشک و شور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. جوانه‌زنی و استقرار گیاهان دارویی به علت قوه نامیه کم با مشکل مواجه است و تنش‌های محیطی، به‌ویژه خشکی بیش از عوامل دیگر موجب کاهش سبز شدن این گیاهان می‌گردند. پرایمینگ بذر از جمله روش‌هایی است که منجر به افزایش قابلیت جوانه‌زنی در شرایط تنش می‌شود. بدین منظور برای بررسی اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر بر بهبود پارامترهای سبز شدن گیاه زنیان، آزمایشی به‌صورت کرت خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه دانشگاه شهرکرد اجرا شد. سطوح مختلف آبیاری (آبیاری پس از ۱۱، ۲۲ و ۳۳ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) به‌عنوان عامل اصلی و تیمارهای پرایمینگ بذر (عدم پرایمینگ، هیدروپرایمینگ، نیترات پتاسیم، سولفات روی، پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ و جیبرلیک اسید) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد در شرایط تنش ملایم (آبیاری بعد از ۲۲ میلی‌متر تبخیر)، بیشترین سرعت و درصد سبز شدن با پلی‌اتیلن گلیکول و بیشترین وزن خشک ریشه با جیبرلیک اسید، نیترات پتاسیم، پلی‌اتیلن گلیکول و سولفات حاصل شد. علاوه بر این تحت شرایط بدون تنش، طول ریشه، طول اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، ضریب آلومتری نه‌تنها با پرایمینگ بذور بهبود نیافت حتی مقادیر این صفات نسبت به بذور پرایم نشده کاهش یافت. در شرایط تنش شدید (آبیاری بعد از ۳۳ میلی‌متر تبخیر)، سرعت و درصد سبز شدن و شاخص ویگور با تیمارهای پلی‌اتیلن گلیکول، جیبرلیک اسید، سولفات روی افزایش یافت و بیشترین طول ریشه (۶/۷۵ سانتی‌متر) و طول اندام هوایی (۴/۴ سانتی‌متر) به ترتیب در تیمارهای جیبرلیک اسید و سولفات روی مشاهده شد. همچنین پرایمینگ با سولفات روی باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی (۱۶/۱۲ میلی‌گرم گیاهچه) و ضریب آلومتری (۰/۸۲) گردید. به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در شرایط تنش خشکی پارامترهای سبز شدن بذور پرایم شده با سولفات روی در مقایسه با سایر تیمارهای پرایمینگ بذر ارتقا یافت، بنابراین این تیمار برای تعدیل اثرات محدودکننده تنش خشکی بر رشد گیاهچه زنیان توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: قدرت بذر، تیمارهای بهبود بذر، مؤلفه‌های سبز شدن.

مقدمه

شوری آب و خاک، دما، سله بندی خاک و کمی آب ممکن است به‌تنهایی یا در ترکیب باهم، به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه را تحت تأثیر قرار دهد، زیرا که مرحله جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه یکی از مراحل بحرانی رشد گیاهان است (Chaves, 2002; Bybord and Tabatabaei, 2009). در واقع تنش خشکی از طریق محدود کردن جذب آب توسط بذر، تأثیر بر فراهمی مواد ذخیره‌ای بذر و یا با ایجاد اختلال در نقش ترکیبات

کمبود آب یکی از معضلات مهم بخش کشاورزی در سراسر جهان است و پیش‌بینی‌های مرتبط با مطالعات تغییر اقلیم که بیانگر افزایش دما و کاهش میزان متوسط بارش است، بر این نگرانی‌ها می‌افزاید (Farre and Faci, 2006).

بخش عظیمی از زمین‌های زراعی ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند، بنابراین بحث خشکی و تنش‌های حاصل از آن در رشد گیاهان این مناطق اهمیت زیادی دارد. در این نواحی مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده مثل

استقرار گیاهچه می‌شود که در نتیجه باعث یکنواختی سبز شدن و استقرار یکنواخت می‌شوند (Basra et al., 2004).
 زنیان (*Carum copticum* L.) گیاهی علفی، یک‌ساله، از خانواده چتریان (Umbelliferae) است و در طب مدرن به‌عنوان ضد عفونی‌کننده قوی، برای تقویت هاضمه، درمان رماتیسم و در داروهای ضد سرفه به کار می‌رود (Majnoni, 2007). با توجه به مقاومت روزافزون باکتری‌ها نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های مشتق از ریزجانداران، تولید این گیاه به‌عنوان منبع دارویی ضد میکروبی اهمیت زیادی دارد. اگرچه نیاز آبی این گیاه کم می‌باشد ولی بذور ریز آن در مراحل اولیه نسبت به تنش آب حساس بوده و محدودیت آبیاری استقرار ضعیف این محصول را به دنبال دارد، لذا این تحقیق با هدف بررسی اثر تیمارهای پرایمینگ بذر بر جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار زنیان تحت شرایط تنش خشکی به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر بر بهبود پارامترهای سبز شدن گیاه زنیان تحت شرایط رطوبتی مختلف، آزمایشی به‌صورت کرت خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف آبیاری (آبیاری بعد از ۱۱، ۲۲ و ۳۳ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) به‌عنوان عامل اصلی و تیمارهای پرایمینگ (عدم پرایمینگ، هیدروپرایمینگ به مدت ۳۶ ساعت، نیترات پتاسیم ۴ درصد به مدت ۷۲ ساعت، سولفات روی ۰/۱ درصد به مدت ۳۶ ساعت، پلی‌اتیلن گلیکول ۱۲- بار به مدت ۷۲ ساعت و جیبرلیک اسید ۱۰۰ پی‌پی‌ام به مدت ۳۶ ساعت) به‌عنوان عامل فرعی بودند. تیمارها پرایمینگ بر اساس یک آزمایش اولیه در شرایط آزمایشگاهی انتخاب شده‌اند.

به‌منظور تهیه پتانسیل‌های مورد نظر، مقادیر PEG₆₀₀₀ با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد (Michel and Kaufman, 1973):

$$\Psi_s = -C \times (1.18 \times 10^{-2}) - C^2 (1.18 \times 10^{-4}) + CT (2.67 \times 10^{-4}) + C^2 T (8.39 \times 10^{-7}) \quad [1]$$

که در آن Ψ_s پتانسیل اسمزی (بار)؛ C، غلظت (گرم بر لیتر)؛ T، دما (درجه سانتی‌گراد)

ساختاری و تولید پروتئین‌ها در جنین در حال رشد، در عمل جوانه‌زنی اختلال ایجاد می‌کند (Vigot et al., 2009) که این اختلال می‌تواند بر استقرار و عملکرد نهایی گیاهان زراعی نیز تأثیر بگذارد.

گیاهان سالم که دارای سیستم ریشه‌ای توسعه‌یافته هستند کارآیی بیشتری در استفاده آب و عناصر غذایی موجود در خاک داشته و شرایط نامساعد مانند خشکی را بهتر تحمل می‌کنند و بین رشد اولیه و استقرار و عملکرد نهایی رابطه مثبت وجود دارد (Harris and Tripathi Shi, 2000). استقرار گیاهچه‌ها در چرخه زندگی گیاه مراحل بحرانی بوده و استقرار موفق گیاه نه‌تنها وابسته به جوانه‌زنی سریع و یکنواخت بذر بلکه وابسته به توانایی بذر در جوانه‌زنی تحت شرایط تنش است (Windauer et al., 2007)

پرایمینگ بذر یک تیمار پیش از کاشت است که کارایی جوانه‌زنی را به‌وسیله افزایش درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بهبود می‌بخشد. همچنین پرایمینگ بذر باعث بهبود رشد در مراحل بعد از جوانه‌زنی می‌شود. در سال‌های اخیر مدارکی از موفقیت پرایمینگ در شرایط تنش جمع‌آوری شده است (Chen et al., 2010). این تکنیک برای افزایش درصد و یکنواختی جوانه‌زنی بذر و بهبود رشد گیاهچه‌ها و شاخص‌های بنیه بذر مؤثر خواهد بود (Ansari and Sharifzadeh, 2012).

کاهش جوانه‌زنی در شرایط تنش رطوبتی به کاهش رطوبت سلول‌ها و در نتیجه کاهش تولید هورمون‌های محرک جوانه‌زنی و هورمون‌های هیدرولیز کننده مواد ذخیره‌ای بذر مانند آمیلاز و نیز اختلال در عمل ترکیبات ساختاری بذر نسبت داده شده است (Soltani et al., 2006). پرایمینگ سنتز و فعال شدن اولیه آنزیم‌های هیدرولیتیک چون آلفا و بتا آمیلاز را تحریک می‌کند (Varier et al., 2010) که این آنزیم‌ها با اکسیداسیون مواد غذایی ذخیره‌ای بذر انرژی مورد نیاز برای جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه را تأمین می‌کند. پرایمینگ بذر می‌تواند تحت شرایط تنش‌های محیطی سبب بهبود روند واکنش‌های فیزیولوژیکی در بذر شده و در نتیجه مقاومت به تنش‌های محیطی در این بذور را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای ارتقا دهد (Demir et al., 2006). همچنین پرایمینگ باعث کوتاه کردن زمان کاشت تا سبز شدن و حفاظت بذرها از عوامل زنده و غیرزنده در مرحله‌ی بحرانی

مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب)؛ R، عمق ریشه؛ A، مساحت کرت (مترمربع) می باشد. با انجام آزمایش تعیین رطوبت برای خاک محل آزمایش، ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائمی به ترتیب ۳۰ و ۱۰ درصد رطوبت حجمی به دست آمد. روزانه مقدار رطوبت هر جعبه کشت با دستگاه رطوبت سنج SM300 اندازه گیری شد.

شمارش بذور سبز شده روزانه برای هر تیمار انجام می گردید و معیار سبزشدن خروج برگ های لپه ای بود. ۲۱ روز پس از کاشت نمونه گیاهچه ها را همراه با خاک از زمین خارج نموده و پس از ریشه شویی، از هر تیمار ۲۰ گیاهچه به طور تصادفی انتخاب شد و طول ریشه و ساقه آن ها با استفاده از خطکش اندازه گیری شد، سپس وزن خشک ریشه، ساقه، پس از خشک شدن نمونه ها در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت با استفاده از ترازوی ۲ صفر مدل ACCULAB V-Lmg اندازه گیری شد (Ya-jing et al., 2009).

شاخص یا سرعت سبزشدن از رابطه ۳ محاسبه شد (Kalsa and Abebie, 2012):

$$ER = \Sigma (Et / Dt) \quad [3]$$

ER = شاخص یا سرعت سبزشدن؛ Et = تعداد بذور سبز شده در روز tام؛ Dt = زمان پس از کاشت مرتبط با برحسب روز.

درصد سبزشدن از رابطه ۴ محاسبه شد (Ikić et al., 2012):

$$EP = (Et / Nt) \times 100 \quad [4]$$

که در رابطه فوق EP = درصد سبزشدن؛ Nt = تعداد کل بذور کاشته شده می باشد.

ضریب آلومتری از رابطه ۵ محاسبه گردید (Scott et al., 1984):

$$CA = LS / LR \quad [5]$$

LS = طول ساقه؛ LR = طول ریشه می باشد.

شاخص ویگور نیز از رابطه ۶ محاسبه شد (Kalsa and Abebie, 2012):

$$VI = EP (\%) \times SL (\text{cm}) \quad [6]$$

VI = شاخص ویگور و SL = طول گیاهچه می باشد.

داده ها به وسیله نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین نیز با نرم افزار، MSTAT و آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد.

بذر زنیان از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. به منظور پرایمینگ، پس از ضد عفونی سطحی بذور با آب معمولی و آب مقطر بذور را به مدت ۱۰ ثانیه در اتانول ۷۰ درصد قرار داده و پس از شست و شو با آب مقطر به مدت ۱۰ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۲ درصد قرار گرفتند و در نهایت چندین بار با آب مقطر شست و شو داده شدند. بذور ضد عفونی شده را سپس در پتری دیش های ۹ سانتی متری ریخته و به هر پتری دیش ۵ میلی لیتر از محلول های مورد نظر تهیه شده اضافه شد (برای هر واحد آزمایشی از چند پتری دیش استفاده شد و محلول ها به میزانی اضافه گردید که حدود یک سوم بذور از محلول بیرون بود تا مانع تنفس بذور نشود). و در نهایت پتری دیش ها در شرایط تاریکی و در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد در ژرمیناتور (مدل JAL TEB LAB EQUIPMEAT JG 500 ml) قرار گرفتند. در این دما آبنوشی بذور انجام می شود ولی به دلیل دمای پایین تنفس حداقل جوانه زنی در حین پرایمینگ بذور انجام نمی گیرد. (Yusefi tanha, 2014)

پس از سپری شدن زمان های مورد نظر پرایمینگ، بذور پرایم شده را چندین مرتبه با آب مقطر شست و شو داده به گونه ای که مواد موجود در سطح بذور کاملاً شسته شود و به منظور خشک کردن، بذور ۲۴ ساعت در دمای اتاق در تاریکی قرار تا رسیدن به وزن اولیه قرار گرفتند.

پس از خشک نمودن بذور، کشت در تاریخ ۱۷ مرداد ماه ۱۳۹۲ در جعبه های کشت با طول ۱/۵، عرض ۱/۶، عمق ۶۰ سانتی متر و دارای خاک با بافت لومی رسی در شرایط مزرعه به مدت ۲۱ روز به صورت زیر انجام شد. هر جعبه شامل ۶ خط کاشت به طول ۱/۵ متر و به فواصل ۱۰ سانتی متر بین ردیف و ۳ سانتی متر روی ردیف بود. در هر نقطه کاشت ۳ بذور (هر تیمار ۱۵۰ بذور) در عمق ۰/۵ سانتی متری کشت گردید. آبیاری اولیه بلافاصله بعد کاشت با آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی انجام گردید آبیاری های بعدی هر تیمار پس از رسیدن میزان تبخیر به مقدار مورد نظر، در حد ۲۰ درصد ظرفیت زراعی خاک انجام گرفت. مقدار آب آبیاری از فرمول (۲) محاسبه شد (Hasanzadeh Khankahdani et al., 2014):

$$W = (\Theta_{Fc} - \Theta_i) \cdot P \cdot R \cdot A \quad [2]$$

که در آن w، حجم آب آبیاری یک کرت در هر نوبت (مترمکعب)؛ Θ_{Fc} ، رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه (درصد وزنی)؛ Θ_i ، رطوبت خاک قبل از آبیاری؛ P، وزن

نتایج و بحث

آبیاری بعد از ۲۲ میلی‌متر تبخیر بذور پرایم شده با پلی‌اتیلن گلایکول و نیترات پتاسیم بیشترین سرعت سبز شدن را داشتند و فقط تیمار پلی‌اتیلن گلایکول تفاوت آماری معنی‌داری با شاهد داشت (شکل ۱). با افزایش شدت تنش و در شرایط آبیاری بعد از ۳۳ میلی‌متر تبخیر در تیمارهای پلی‌اتیلن گلایکول، نیترات پتاسیم، جیبرلیک اسید و سولفات روی افزایش معنی‌دار سرعت سبز شدن مشاهده گردید به طوری که برای تیمارهای نیترات پتاسیم، جیبرلیک اسید و سولفات روی اختلاف معنی‌داری با شرایط آبیاری بعد از ۲۲ میلی‌متر مشاهده نشد (شکل ۱).

سرعت و درصد سبز شدن نتایج تجزیه واریانس نشان داد سرعت سبز شدن تحت تأثیر خشکی قرار نگرفت اما اثر پرایمینگ و اثر متقابل آن‌ها بر این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین درصد سبز شدن در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر خشکی و در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر پرایمینگ و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در شرایط آبیاری بعد از ۱۱ میلی‌متر تبخیر تیمار نیترات پتاسیم بیشترین سرعت سبز شدن را داشت ولی اختلاف معنی‌داری با جیبرلیک اسید و هیدروپرایمینگ نداشت. در شرایط

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر پرایمینگ بذور بر سرعت سبز شدن و درصد سبز شدن زینان تحت تنش خشکی.

Table 1. Analysis of variance of seed priming effects on emergence rate and emergence percentage of ajowan under drought stress conditions.

S.O.V	منبع تغییر	درجه آزادی (df)	(Mean squares)	میانگین مربعات
			سرعت سبز شدن (Emergence rate)	درصد سبز شدن (Emergence percentage)
Block	بلوک	2	26.10**	296.2**
Drought stress	تنش خشکی	2	72.89 ^{ns}	9468**
Error a	خطای a	4	17.74**	1261
Seed priming	پرایمینگ بذور	5	1.35	1641**
D×S	تنش خشکی ×	10	0.88**	145.6**
Error b	خطای b	30	0.24	22.8
CV (%)	ضریب تغییرات (%)		13.9	11

^{ns}, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

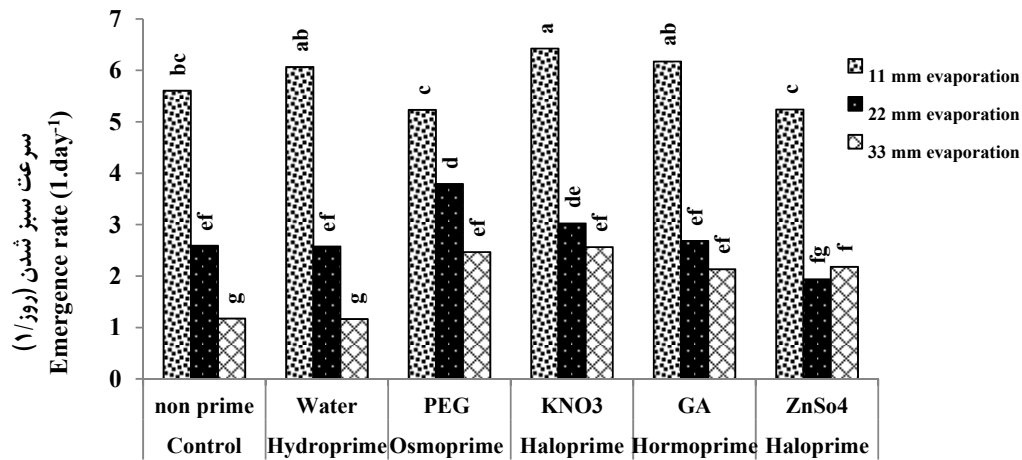
^{ns}, * and **, non significant, significant at 5 and 1%, respectively.

سبز شدن را به طور معنی‌داری افزایش دادند. همچنین پرایم کردن بذور با نیترات پتاسیم، جیبرلیک اسید و سولفات روی موجب شد که تأخیر در آبیاری بعد از ۲۲ به آبیاری بعد از ۳۳ میلی‌متر تبخیر نتواند میزان سبز شدن را کاهش دهد. در این ارتباط محققان دریافته‌اند که با پرایمینگ، بذور در فاز دوم جوانه‌زنی اجازه رونویسی DNA را می‌یابد، RNA افزایش یافته و پروتئین سنتز می‌شود و ATP بیشتری در دسترس است و به دلیل اینکه بذرها دو فاز اول جوانه‌زنی را

نتایج مقایسه میانگین برای درصد سبز شدن (شکل ۲) حاکی است که در شرایط آبیاری بعد از ۱۱ میلی‌متر، پرایمینگ نه تنها درصد سبز شدن را افزایش نداد بلکه تیمار پلی‌اتیلن گلایکول سبب کاهش این صفت گردید. درصد سبز شدن تحت تیمار هیدروپرایمینگ در شرایط آبیاری بعد از ۲۲ میلی‌متر وضعیت معکوسی نسبت به آبیاری بعد از ۱۱ میلی‌متر داشت. در شرایط آبیاری بعد از ۳۳ میلی‌متر کلیه تیمارهای پرایمینگ (به استثنای هیدروپرایمینگ) درصد

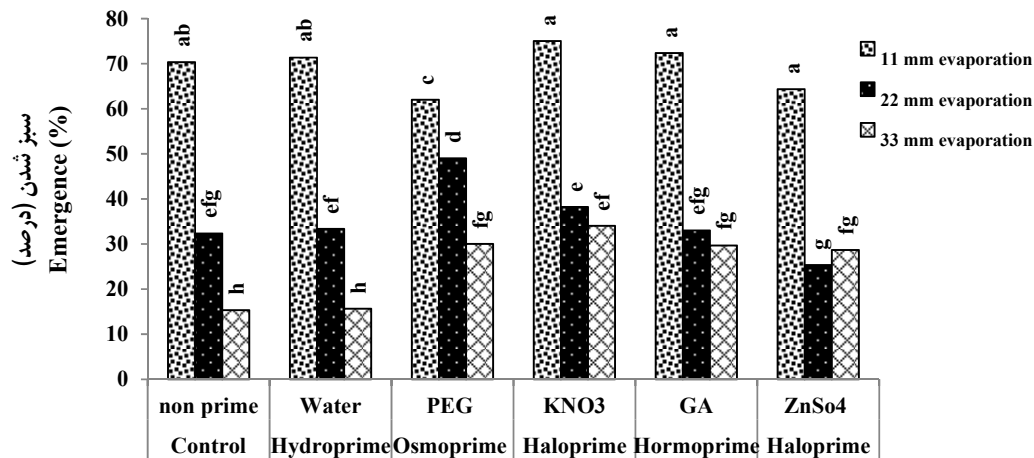
بسیار معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی تحت تیمار نیترات پتاسیم قابل‌انتظار است همچنین عنصر روی کوفاکتور آنزیم‌های سنتز کننده DNA و RNA می‌باشد عنصر روی در جوانه‌زنی نخود نیز مؤثر واقع شده است (Sharam et al., 2009).

انجام داده‌اند از سرعت و درصد سبز شدن بیشتری برخوردارند (Chana and Schillinger, 2003). از آنجاکه نیترات در سنتز آنزیم و رونویسی DNA و RNA نقش اساسی ایفا می‌کند و پتاسیم قابلیت نفوذ دیواره سلولی را افزایش می‌دهد (Preece and Read, 1993)، افزایش



شکل ۱. اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ بذر و تنش خشکی بر سرعت سبز شدن بذر گیاه زنبان. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 1. Interaction effect of seed priming treatments and drought stress on emergence rate of ajowan seeds. Means with similar letters are not significant different ($P \leq 0.05$) based on LSD test.



شکل ۲. اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ بذر و تنش خشکی بر درصد سبز شدن بذر گیاه زنبان. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 2. Interaction effect of seed priming treatments and drought stress on emergence percentage of ajowan seeds. Means with similar letters are not significant different ($P \leq 0.05$) based on LSD test.

همین شرایط باعث افزایش معنی‌دار طول اندام هوایی شدند (شکل ۳ب). در شرایط آبیاری بعد از ۲۲ میلی‌متر تبخیر تیمارهای هیدروپرایمینگ، پلی‌اتیلن گلیکول و سولفات روی از نظر طول ریشه افت معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نشان دادند و سایر تیمارهای پرایمینگ با شاهد اختلافی نداشتند از طرفی در این شرایط آبیاری، هرگونه پرایمینگ بذر باعث کاهش معنی‌دار طول اندام هوایی گردید. در شرایط تنش شدید (آبیاری بعد از ۳۳ میلی‌متر تبخیر) تیمارهای جیبرلیک اسید، سولفات روی و نیترات پتاسیم باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه شدند. در مورد طول اندام هوایی نیز تیمارهای نیترات پتاسیم و سولفات روی افزایش معنی‌داری را نشان دادند و کمترین طول اندام هوایی با تیمار هیدروپرایمینگ مشاهده گردید. در شرایط آبیاری بعد از ۱۱ میلی‌متر و ۲۲ میلی‌متر، تیمارهای جیبرلیک اسید و سولفات روی به ترتیب از نظر طول ریشه و طول اندام هوایی برتری معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشتند (شکل ۳الف و ب).

از سوی دیگر جیبرلین نیز به‌واسطه‌ی تحرک دادن منابع ذخیره‌ای و ضعیف ساختن مقاومت مکانیکی سلول‌های آندوسپرم پیرامون نوک ریشه اولیه، اثر تحریک‌کنندگی بر جوانه‌زنی بذر بر جای می‌نهد (Sasani et al., 2007). پرایمینگ بذور سیاه‌دانه تحت شرایط تنش شوری با نیترات پتاسیم ۰/۲ درصد به مدت ۷۲ ساعت و جیبرلیک اسید با غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام به مدت ۴۸ ساعت باعث حصول بالاترین ویژگی‌های جوانه‌زنی بذور گیاه سیاه‌دانه شد (Fathi Amirkhiz et al., 2012).

طول ریشه و اندام هوایی نتایج تجزیه واریانس نشان داد طول ریشه و طول اندام هوایی تحت تأثیر پرایمینگ بذر و اثر متقابل پرایمینگ با تنش خشکی قرار گرفتند ($P < 0.01$) اما سطوح تنش خشکی روی این صفت‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین حاکی است که در شرایط آبیاری بعد از ۱۱ میلی‌متر تبخیر طول ریشه بذور پرایم شده اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۳A) درحالی‌که تیمارهای هیدروپرایمینگ و نیترات پتاسیم در

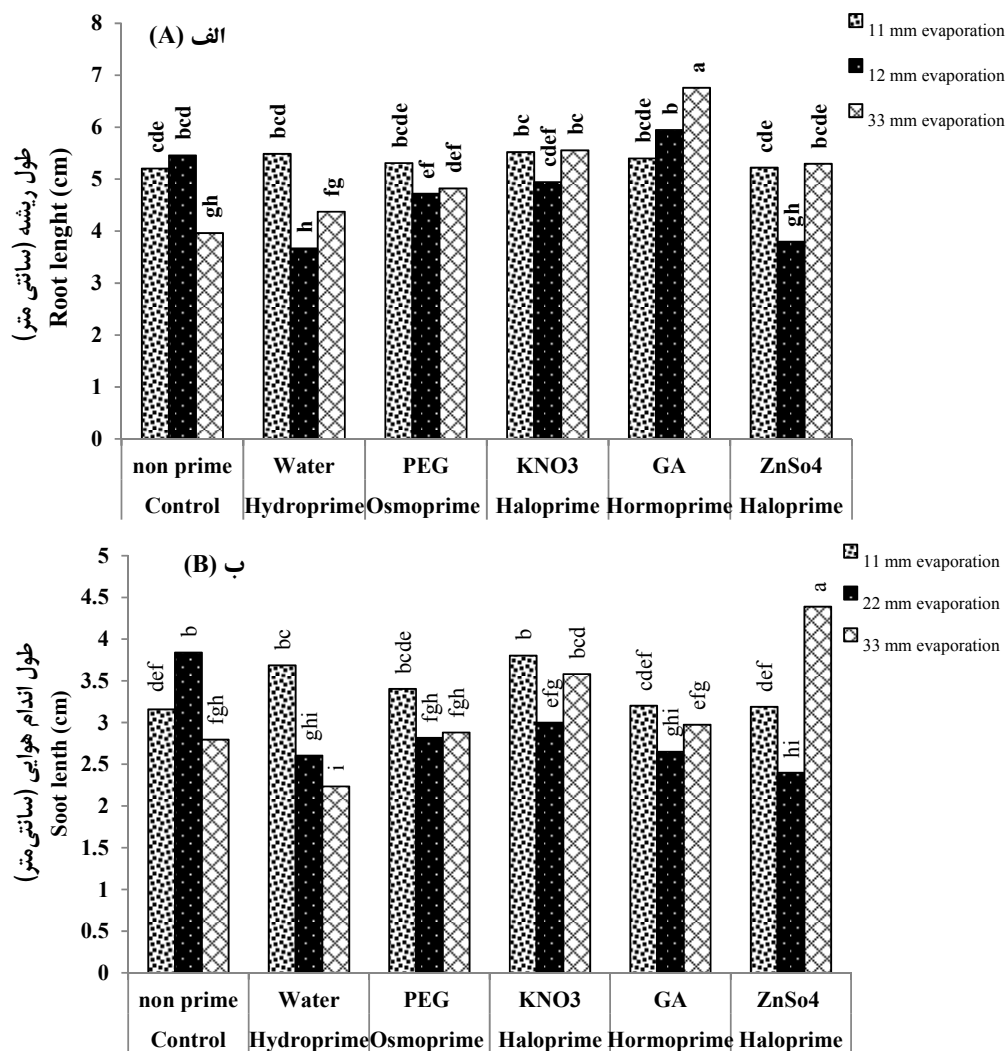
جدول ۲. تجزیه واریانس اثر پرایمینگ بذر بر طول ریشه، طول اندام هوایی، وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام هوایی گیاهچه زنیان تحت تنش خشکی.

Table 2. Analysis of variance of seed priming effects on root length, shoot length, root dry weight and shoot dry weight of ajowan seedling under drought stress.

S.O.V	منبع تغییر	درجه آزادی (df)	(Mean squares)		میانگین مربعات	
			طول ریشه Root length	طول اندام هوایی Shoot length	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight
Block	بلوک	2	5.54**	2.27**	0.310**	3.66 ^{ns}
Drought stress	تنش خشکی	2	1.66 ^{ns}	1.22 ^{ns}	7.98**	99.45**
Error a	خطای a	4	3.63	1.65	0.138	4.18
Seed priming	پرایمینگ بذر	5	2.62**	0.526**	7.56**	10.5*
D×S	تنش خشکی × پرایمینگ بذر	10	1.34**	1.07**	1.90**	39.61**
Error b	خطای b	30	5.25	0.0888	0.0473	2.99
CV (%)	ضریب تغییرات (%)		8.2	9.4	10.7	18.2

^{ns}, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

^{ns}, * and **, non significant, significant at 5 and 1%, respectively.

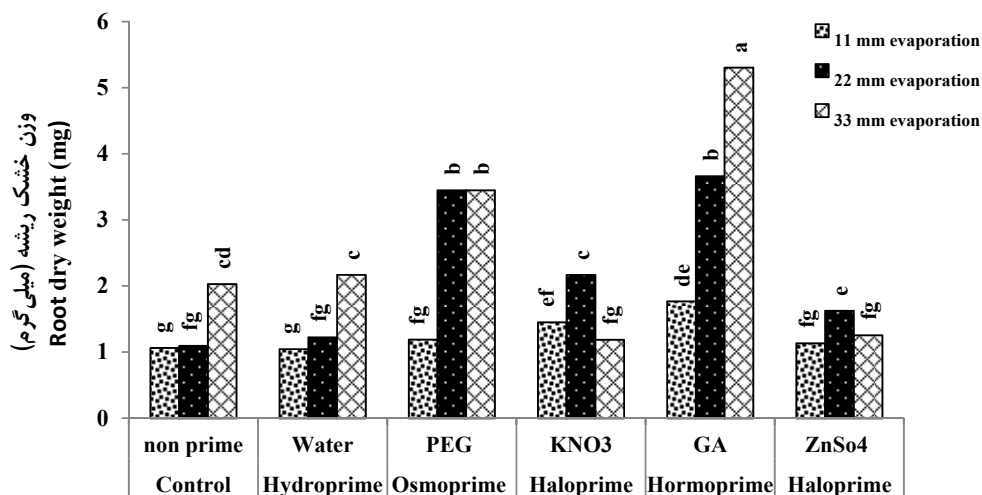


شکل ۳. اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ بذر و تنش خشکی بر طول ریشه (A) و طول اندام هوایی (B) گیاهچه گیاه زنبان. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 3. Interaction effect of seed priming treatments and water stress on root length (A) and shoot length (B) of ajowan seedling. Means with similar letters are not significant different ($P \leq 0.05$) based on LSD test.

پلی‌اتیلن گلیکول و سولفات روی باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه شدند و فقط هیدروپرایمینگ با تیمار شاهد اختلافی نداشت (شکل ۴). در شرایط آبیاری بعد از ۳۳ میلی‌متر تبخیر بیشترین وزن خشک ریشه در تیمارهای پلی‌اتیلن گلیکول و جیبرلیک اسید و کمترین آن در تیمارهای نیترات پتاسیم و سولفات روی مشاهده گردید (شکل ۴).

وزن خشک ریشه و اندام هوایی وزن خشک ریشه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح تنش خشکی، تیمارهای پرایمینگ بذر و اثر متقابل این عوامل قرار گرفت (جدول ۲). تیمارهای نیترات پتاسیم و جیبرلیک اسید در شرایط آبیاری بعد از ۱۱ میلی‌متر تبخیر وزن خشک ریشه را افزایش دادند همچنین در شرایط آبیاری بعد از ۲۲ میلی‌متر تبخیر تیمارهای جیبرلیک اسید، نیترات پتاسیم،



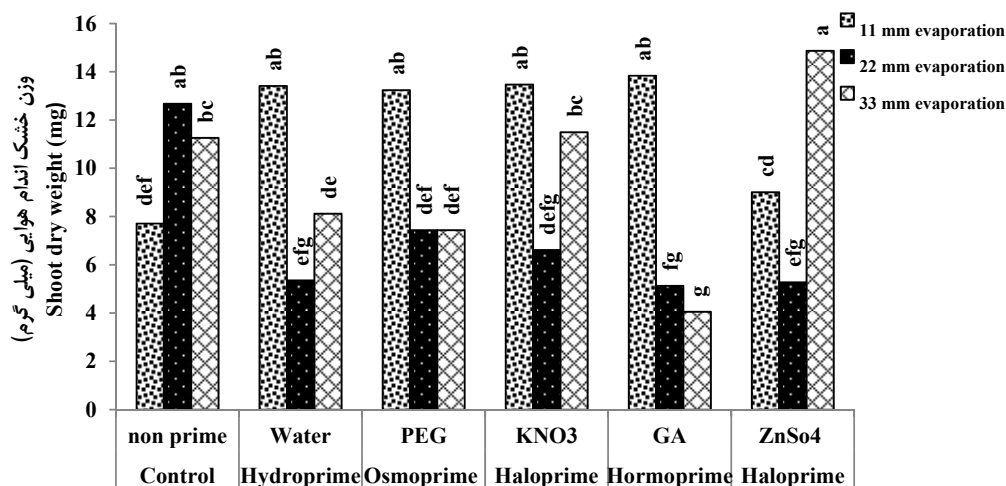
شکل ۴. اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ بذر و تنش خشکی بر وزن خشک ریشه گیاهچه زبان. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 4. Interaction effect of seed priming treatments and drought stress on root dry weight of ajowan seedling. Means with similar letters are not significant different ($P \leq 0.05$) based on LSD test.

خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در سویا تحت تنش خشکی شده است (Jalil Shesh Bahre et al., 2011).

ضریب آلومتري ضریب آلومتري تحت تأثیر پرایمینگ بذر و اثر متقابل پرایمینگ با تنش خشکی قرار گرفتند ($P < 0.01$) اما سطوح تنش خشکی روی این صفت‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین‌ها در شکل ۶ بیانگر آن است که در شرایط آبیاری بعد از ۱۱ میلی‌متر تبخیر هیچ‌کدام از تیمارهای پرایمینگ روی ضریب آلومتري مؤثر واقع نشدند. در شرایط آبیاری بعد از ۲۲ میلی‌متر تبخیر نیز پرایمینگ نه تنها این شاخص را افزایش نداد بلکه تیمارهای پلی‌اتیلن گلیکول، نترات پتاسیم و جیبرلیک اسید باعث افت معنی‌دار ضریب آلومتري شدند. در آبیاری بعد از ۳۳ میلی‌متر تبخیر، اعمال جیبرلیک اسید، پلی‌اتیلن گلیکول و هیدروپرایمینگ سبب افت معنی‌دار و سولفات روی باعث افزایش معنی‌دار ضریب آلومتري شدند و این افزایش حتی بیشتر از تیمار شاهد در شرایط آبیاری بعد از ۱۱ و ۲۲ میلی‌متر تبخیر بود (شکل ۶). سولفات روی در شرایط تنش خشکی شدید با فراهم نمودن روی موردنیاز برای رشد گیاه (شکل ۶) سبب افزایش معنی‌دار ضریب آلومتري شده است.

همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود وزن خشک اندام هوایی در شرایط آبیاری بعد از ۱۱ میلی‌متر تبخیر به‌وسیله پرایمینگ بذر (به‌استثنای سولفات روی) به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت ولی در شرایط تنش ملایم (آبیاری بعد از ۲۲ میلی‌متر تبخیر) هرگونه پرایمینگ بذر موجب افت معنی‌داری این صفت شد. در شرایط آبیاری بعد از ۳۳ میلی‌متر تبخیر وزن بیشترین وزن خشک اندام هوایی با بذور پرایم شده توسط سولفات روی و کمترین وزن خشک اندام هوایی با بذور پرایم شده توسط جیبرلیک اسید، پلی‌اتیلن گلیکول و هیدروپرایمینگ مشاهده شد (شکل ۵). از علل کاهش وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش خشکی، می‌توان به کاهش انتقال مواد غذایی به علت محدودیت منابع از لپه‌ها به جنین و کاهش رشد طولی ساقه اشاره نمود. گزارش شده است که در حضور روی ساخت هورمون‌ها از جمله اکسین افزایش می‌یابد (Cakmak, 2008). بنابراین به نظر می‌رسد افزایش اکسین در تیمار سولفات روی باعث افزایش رشد ساقه شده و در نهایت وزن خشک اندام هوایی را افزایش داده است. همچنین گزارش شده محلول‌پاشی روی باعث افزایش وزن



شکل ۵. اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ بذر و تنش خشکی بر وزن خشک اندام هوایی گیاهچه زنبان. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig 5. Interaction effect of seed priming treatments and drought stress on shoot dry weight of ajowan seedling. Means with similar letters are not significant different ($P \leq 0.05$) based on LSD test.

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر پرایمینگ بذر بر ضریب آلومتري و شاخص ویگور و یگور زنبان تحت تنش خشکی.

Table 3. Analysis of variance of seed priming effects on allometry coefficient and vigor index of ajowan under drought stress.

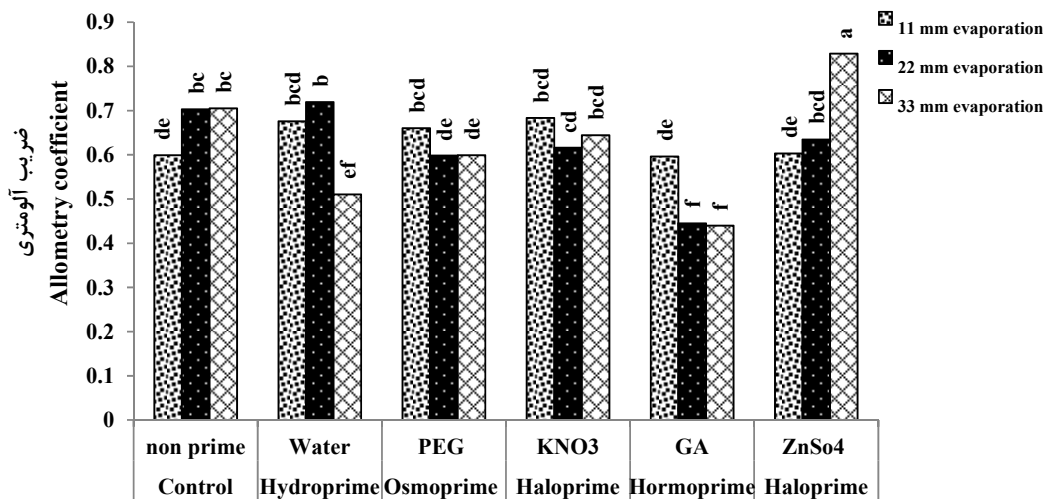
S.O.V	منبع تغییر	درجه آزادی (df)	(Mean squares)	
			ضریب آلومتري Allometry coefficient	شاخص ویگور Vigor index
Block	بلوک	2	0.015*	3036**
Drought stress	تنش خشکی	2	0.002 ^{ns}	683255**
Error a	خطای a	4	0.005	30138
Seed priming	پرایمینگ بذر	5	0.043**	19031**
D×S	تنش خشکی × پرایمینگ بذر	10	0.024**	18530**
Error b	خطای b	30	0.003	3517
CV (%)	ضریب تغییرات (%)		8.7	16.5

پتاسیم افزایش معنی‌داری داشت. این درحالی‌که در شرایط آبیاری بعد از ۲۲ میلی‌متر تبخیر، تیمار سولفات روی افت معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد ایجاد نمود. در شرایط آبیاری بعد از ۳۳ میلی‌متر تبخیر، پرایمینگ بذر با نیترات پتاسیم، پلی‌اتیلن گلیکول، جیبرلیک اسید و سولفات روی شاخص ویگور را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۷).

شاخص ویگور همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) مشاهده می‌شود اثر تنش خشکی، تیمارهای پرایمینگ و اثر متقابل تنش خشکی با پرایمینگ بذر بر شاخص ویگور معنی‌دار بود ($P < 0.01$). بررسی مقایسه میانگین‌ها در شکل ۷ نشان می‌دهد در تیمار آبیاری بعد از ۱۱ میلی‌متر تبخیر، شاخص ویگور تنها در اثر تیمار نیترات

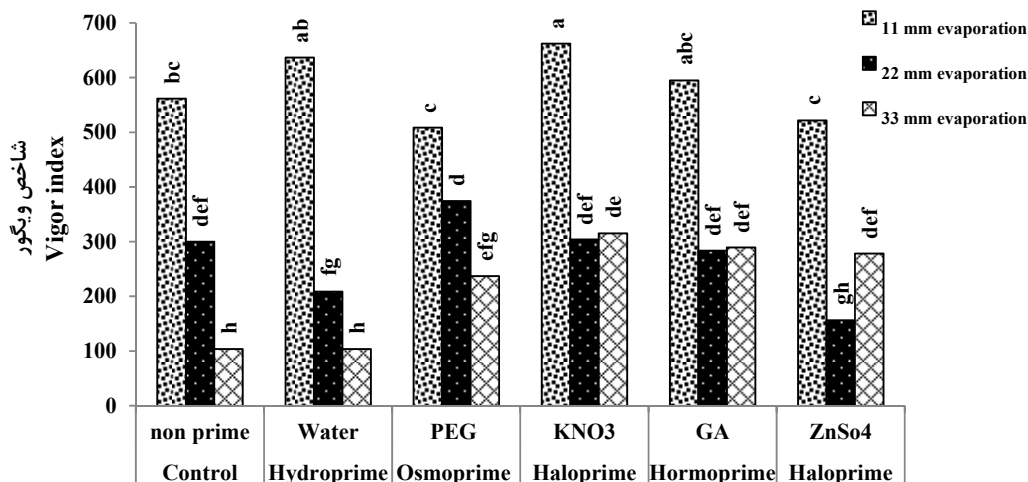
بیان گردید در شرایط آبیاری بعد از ۳۳ میلی‌متر تبخیر بیشترین درصد سبز شدن و طول گیاهچه را داشتند که این امر باعث ظهور گیاهچه‌هایی با بنیه قوی‌تر می‌گردد.

شاخص ویگور تابع درصد سبز شدن و طول گیاهچه می‌باشد. از این رو می‌توان بیان کرد بذور تیمار شده با نیترات پتاسیم، پلی‌اتیلن گلیکول، جیبرلیک اسید و سولفات روی به علت دلایلی که در قسمت سرعت و درصد سبز شدن



شکل ۶. اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ بذر و تنش خشکی بر ضریب آلومتری گیاهچه زنیان. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 6. Interaction effect of seed priming treatments and drought stress on allometry coefficient of ajowan seedling. Means with similar letters are not significant different ($P \leq 0.05$) based on LSD tes.



شکل ۷. اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ بذر و تنش خشکی بر شاخص ویگور بذور گیاه زنیان. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 7. Interaction effect of seed priming treatments and water stress on vigor index of ajowan seeds. Means with similar letters are not significant different ($P \leq 0.05$) based on LSD test.

نتیجه‌گیری

مطلوب گیاهچه می‌تواند در استفاده مناسب از منابع آب این مناطق نقش برجسته‌ای داشته باشد.

سپاسگزاری

از مساعدت مالی دانشگاه شهرکرد در اجرای این پژوهش قدردانی می‌گردد.

نتایج کلی این تحقیق حاکی است که پرایمینگ بذر گونه دارویی زنیان با جیبرلیک اسید و سولفات روی باعث بهبود مؤلفه‌های سبزشدن و رشد گیاهچه در شرایط تنش خشکی شد. به طوری که افزایش رشد طولی ریشه و تقویت شاخص ویگور امکان استقرار بهتر گیاه را در شرایط تنش خشکی فراهم می‌نماید که این امر می‌تواند زمینه ایجاد پوشش گیاهی مناسب برای تولید موفق در چنین شرایطی را مهیا سازد. علاوه بر این با کاهش تعدد آبیاری لازم جهت استقرار

منابع

- Ansari, O., Sharifzadeh F., 2012. Osmo and hydro priming mediated germination improvement under cold stress conditions in mountain rye (*Secale montanum*). *Cercetări Agronomice în Moldova*. 3(151), 53-6
- Basra, S.M.A., Ashraf, M., Iqbal, N., Khaliq, A., Ahmad, R., 2004. Physiological and biochemical aspect of pre-sowing heat stress on cotton seed. *Seed Science and Technology*. 32, 765-774.
- Bybordi, A., Tabatabaei, J., 2009. Effect of salinity stress on germination and seedling properties in canola cultivar (*Brassica napus* L.). *Notulae Botanicae, Horti Agrobotanici, Cluj-Napoca*. 37(2), 71-76. [In Persian with English Summary].
- Cakmak, I., 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification. *Plant and Soil*. 302, 1-17.
- Chana, S.G., Schillinger, W.F., 2003. Seed priming winter wheat for germination emergence and yield. *Crop Science*. 43, 2135-2141.
- Chaves, M M J., S., Pereira, J., Maroco, M L., Rodrigues, C.P P., Ricardo, M.L., Osorio, I., Carvalho, T., Faria, Pinheiro, C., 2002. How plants cope with water stress in the field photosynthesis and growth. *Annals of Botany*. 89, 907-916.
- Chen, K., Arora, R., and Arora, U., 2010. Osmopriming of Spinach (*Spinacia oleracea* L. CV. Bloomsdale) seeds and germination performance under temperature and water stress. *Seed Science and Technology*. 38, 36-48.
- Christine, M.F., Tai-ping, S., 2005. A DELLAcate balance: the role of gibberellin in plant Morphogene. *Current Opinion in Plant Biology*. 8, 77-85.
- Demir, K.M., Gamze, O., Atak, M., Cikili, Y., Kolsarici, O., 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*. 24, 291-295.
- Ellis, R.A., Roberts, E.H., 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*. 9, 373-409.
- Farre, I., Faci, J.M., 2006. Comparative response of maize and sorghum to deficit irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*. 83, 135-143.
- Farre, I., Faci, J.M., 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 96, 383-394.
- Fathi Amirkhizi, k., Omidi, H., Heshmati, S., Jafarzadeh, L., 2012. Catalytic effect of the medicinal plant vigor and germination characteristics of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Field Crop Research*. 10, 310-299. [In Persian with English Summary].
- Hanan, A.E.S., Mona, M.M., Hany, M.H., 2010. Biochemical and molecular profiles of gibberlic acid exposed Albino Rats. *Journal of American Science*. 6(8), 18-23
- Harris, D., R.S., Tripathi Shi, A.J., 2000. On-farm seed priming to improve crop

- establishment and yield in direct- seeded rice in IRRI: International Workshop on Dry seeded Rice Technology, held in Bangkok 25-28 January International Rice Research Institute, Manila, Philippines, 164 pp.
- Hasanzadeh Khankahdani, H., Mohammadi Jahromi, S.A., Zakerifard Mollahasani, E., Mohammadi Jahromi, M.S., 2014. The effect of irrigation on yield and yield components of four varieties of onion in hot and humid climates. *Journal of Water Research in Agriculture*. 27(2), 137-147. [In Persian with English Summary].
- Ikic, I., Maric evic, M., Tomasovic, S., Gunjaca, J., Atovic, Z.S., Arcevic, H.S., 2012. The effect of germination temperature on seed dormancy in Croatian-grown winter wheats. *Euphytica*. 188, 25-34.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2009. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Jalil Shesh Bahre, M., Movahedi Dehnavi, M., 2011. Effect of zinc and ironfoliar application on soybesn seed vigor grown under drought stress. *Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences*. 5 (1), 19-35. [In Persian with English Summary].
- Kalsa, K.K., Abebie, B., 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa* ssp. *dasycarpa* (Ten.). *African Journal of Agricultural Research*. 7(21), 3202-3208.
- Majnon Husseini, M., Davazda Emami, S., 2007. Agriculture and some manufacturing plants and Advyhay - Tehran University Press. [In Persian].
- Michel, B.E., Kaufmann, M.R., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*. 51, 914-916.
- Preece, J.E., Read, P.E., 1993. Mineral Nutrition. In the *Biology of Horticulture Crop*. 2^{ed}. Jhon Wiley and Sons Publisher. 257-259.
- Rion, B., Alloway, J., 2004. Fundamental aspects of zinc in soils plants. *International Zinc Association*. 23, 1-128.
- Sasani, Sh, Tavakol Afshar, R., 2007. Effects of moist hormonal treatments and storage period on breaking dormancy and induce germination of caraway (*Curum carvi* L.). *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 38 (2), 294-287. [In Persian with English Summary].
- Scott, S.J., Jones, R.A., Williams, W.A., 1984. Review of data analysis method for seed germination. *Crop Sciences*. 24, 1192-1199.
- Sharma, S., Sharma, P., Datta, S.P., and Gupta, V., 2009. Morphological and biochemical response of *Cicer arietinum* var. Pusa-256 towards an excess zinc concentration. *African Journal of Basic and Applied Sciences*, 1(5-6), 105-109.
- Soltani, A., M., Coholipoor, Zeinali, E., 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Environmental and Experimental Botany*. 55, 195-200. [In Persian with English Summary].
- Varier, A., Vari, A.K., Dadlani, M., 2010. The subcellular basis of seed priming. *Current Sciences*. 99, 450-456.
- Voigt, E.L., T.D., Almeida, R.M., Chagas, L.F.A., Ponte, R.A., viegas Silveira, J.G.A., 2009. Source-sink regulation of cotyledonary reserve mobilization during cashew (*Anacardium occidentale*) seedling establishment under NaCl salinity. *Journal of Plant Physiology*. 166, 80-89.
- Windauer, I., Altuna, A., Benech- Arnold, F., 2007. Hydrottime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. *Industrial Crops and Products*. 25, 70-74.
- Ya-jing, G., Jin, H., Xian-ju, W., Chen-xia, S., 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *Journal of Zhejiang University Science B*. 10(6), 427-433.
- Yousefi tanha, A., 2014. Effect of seed priming treatments to improve germination of winter annual green manure seeds under cold stress. Senior Thesis seed science and technology. University of ShahreKord Iran. [In Persian with English Summary].