تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۸
۱۲۶۳-۱۲۷۳
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1637.1367

مقاله پژوهشی

اثر پیش تیمار بذر با اسید جاسمونیک بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر چغندرقند تحت تنش خشکی

حمیده غفاری[۱]، محمودرضا تدین[۲*]
۱. دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
۲. عضو هیئت‌علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۲۰

چکیده

به‌منظور بررسی واکنش‌های جوانه‌زنی بذر چغندرقند تحت پتانسیل‌های آبی مختلف و بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی با اسید جاسمونیک، مطالعه‌ای در آزمایشگاه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. در این آزمایش تیمارها شامل پنج سطح پتانسیل آب (شاهد یا آب مقطر، ۰/۲-، ۰/۶-، ۱- و ۱/۴- مگاپاسکال با پلی‌اتیلن گلایکول) و قرار گرفتن بذور در محلول‌های ۵ و ۱۰ میکرومولار اسید جاسمونیک و آب مقطر (شاهد) بودند. صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن ساقه‌چه، متوسط زمان جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، جوانه‌زنی نسبی، ضریب آلومتری، شاخص بنیه طولی و وزنی اندازه‌گیری شدند. مقایسه میانگین برهمکنش سطوح خشکی و اسید جاسمونیک بر درصد و سرعت جوانه‌زنی نشان داد که بالاترین میزان مربوط به تیمار شاهد (عدم تنش) و پیش تیمار با ۵ میکرومولار اسید جاسمونیک به ترتیب با ۱۰۰ درصد بذر جوانه‌زده و سرعت ۲۴/۸۳ بذر در روز بود و بیشترین طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در تیمار برهمکنش بدون تنش و آب مقطر بود. تحت پتانسیل‌های آبی مختلف، پیش تیمار بذور با اسید جاسمونیک باعث شد ضریب سرعت جوانه‌زنی، جوانه‌زنی نسبی، ضریب آلومتری، شاخص بنیه طولی و وزنی نسبت به پیش تیمار بذرها فقط با آب مقطر بیشتر باشد. درنهایت، پیش تیمار بذر با اسید جاسمونیک در سطح ۵ میکرومولار به‌طور مؤثری می‌تواند تحمل به تنش خشکی در چغندرقند را بهبود دهد.

واژه‌های کلیدی: **پلی‌اتیلن گلایکول، شاخص بنیه بذر، ضریب آلومتری، ضریب سرعت جوانه‌زنی.**

مقدمه

خشکی با کاهش آماس سلولی از توسعه بیشتر سلول و تقسیم سلولی ممانعت به عمل می‌آورد و سبب کاهش رشد و درنهایت عملکرد در گیاهان می‌شود (Soltani et al., 2006). جوانه‌زنی به‌شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به‌ویژه دما و رطوبت قرار می‌گیرد (Soltani et al., 2006). تنش خشکی یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه است (Benech-Arnold and Sánchez, 2004). در زمان تنش خشکی، آب در دسترس بذر به هنگام آبنوشی و نیز استقرار کاهش می‌یابد (Afzal et al., 2002). تنش خشکی می‌تواند سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر را کاهش دهد، دامنه پاسخ گونه‌های مختلف گیاهی به تنش در زمان جوانه‌زنی متنوع است (Zhang et al., 2004). احتمالاً بذرهای مقاوم‌تر به خشکی، دارای مزیت اکولوژیکی هستند که در مناطق خشک توانایی استقرار بهتری از خود نشان می‌دهند (Zhang et al., 2004). مطالعات مختلف نشان داده است که شاخص‌های جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش‌های مختلف غیرزنده کاهش می‌یابد (Kaya et al., 2006). تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسکال به‌طور معنی‌داری جوانه‌زنی بذر نخودفرنگی را کاهش داده است (Gamze et al., 2005). جاوید (Javid, 2004) در پژوهش خود دریافت که با افزایش

* نگارنده پاسخگو: محمودرضا تدین. پست الکترونیک: Mrtadayon@yahoo.com

تنش خشکی بر سه گونه مرتعی، جوانه‌زنی هر سه گونه مرتعی کاهش یافت. عیسوند و همکاران (Eisvand et al., 2013) گزارش کردند تنش خشکی باعث کاهش در کلیه صفات مرتبط با جوانه‌زنی در گیاه مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad.) شد.

برای مطالعه اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذر، استفاده از مواد خنثی که تأثیری شیمیایی و فیزیولوژیک بر بذر نداشته و تنها ایجاد پتانسیل منفی آب نمایند ضرورت دارد (Radaei Alamoli et al., 2010). با توجه به اینکه پلی‌اتیلن گلیکول (PEG)توسط گیاه جذب نمی‌شود و غلظت آن در تمام مدت تنش ثابت می‌ماند، می‌تواند به‌عنوان تیماری مطلوب برای مطالعه تنش‌های اسمولیتی در مقایسه با دیگر اسمولیت‌ها ازجمله مانیتول، شکر و نمک مورداستفاده قرار گیرد (Radaei Alamoli et al., 2010). پیش تیمار بذر یک راهبرد برای افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن بذر تحت شرایط نامساعد محیطی است (Ansari and Sharifzadeh, 2012). تحت شرایط نامساعد، استفاده از پیش تیمار بذرها با استفاده از پتانسیل‌های متفاوت نمکی و یا استفاده از هورمون‌ها می‌تواند مقاومت در برابر تنش، در گیاهان را افزایش دهد (Ansari and Sharifzadeh, 2012). تنش‌های محیطی علاوه بر اینکه سبب کاهش در شاخص‌های جوانه‌زنی می‌شوند، درروند مصرف مواد ذخیره‌ای و کاهش در وزن خشک گیاه نیز اثرگذار هستند (Soltani et al., 2006).

جاسمونات‌ها یکی از جدیدترین تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه هستند که موجب کاهش آسیب تنش‌های محیطی در گیاه می‌شوند. استر متیل جاسمونات اولین مگاپاسکال در اسانس گیاه گل یاس (*Jasminum officinale*) مشاهده شد و اسید جاسمونیک از محیط کشت قارچی در سال ۱۹۷۱ مشتق شد (Enteshari and Jafari, 2013). پریکارپ‌ها، ساختار جنسی به‌ویژه تخمدان و ناحیه طویل شدن ریشه و ساقه، میزان بالایی از جاسمونات دارند. اسید جاسمونیک به‌عنوان یک سیگنال مولکولی در پاسخ به محرک‌های خارجی مانند زخم، نیروی مکانیکی و تنش اسمزی عمل می‌کند (Molina et al., 2002). در ریشه برنج تحت تنش، میزان متیل جاسمونات افزایش می‌یابد و اثرات زیان‌بار تنش بر فتوسنتز و رشد را کاهش می‌دهد (Enteshari and Jafari, 2013). جاسمونات در فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند جوانه‌زنی بذر به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاه عمل می‌کند. در بعضی موارد گزارش شده است که جاسمونات‌ها مانع جوانه‌زنی بذرهای بدون کمون می‌شود و جوانه‌زنی بذرهای در حال کمون را تحریک می‌کند (Enteshari and Jafari, 2013). در سیب، جاسمونات جوانه‌زنی جنین در حال کمون را تحریک می‌کند. در دانه‌های در حال کمون، جاسمونات احتمالاً جوانه‌زنی بذر را از طریق کاهش حساسیت به اسید آبسیزیک کاهش می‌دهد (Kepczynski and kepczynska, 1999). در مطالعات دیگر نشان داده شده است که متیل جاسمونات در غلظت ۱۰-۳ مولار مانع از جوانه‌زنی بذر خرفه می‌شود (Enteshari and Jafari, 2013).

با توجه به اینکه هرساله سطح وسیعی از زمین‌های کشاورزی به کشت مستقیم چغندرقند اختصاص می‌یابد و به دلیل محدودیت‌های تأمین آب موردنیاز در بسیاری از مزارع کشاورزی، جوانه‌زنی بذرهای کاشته شده چغندرقند با محدودیت مواجه می‌گردد که می‌تواند منجر به کاهش تراکم بوته در مزرعه شده و درنهایت به تولید ریشه و قند و درآمد کشاورز آسیب وارد کند، هدف از این مطالعه بررسی اثر پیش تیمار بذر چغندرقند با اسید جاسمونیک تحت تنش خشکی به‌منظور بهبود صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذور چغندرقند بوده است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۳۹۵ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در داخل اتاقک رشد با دمای ثابت ۲۵ درجه سلسیوس به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل:

عامل اول: پنج سطح پتانسیل آب (شاهد یا آب مقطر، ۰/۲-، ۰/۶-، ۱- و ۱/۴- مگاپاسکال)

پتانسیل‌های مختلف آب توسط غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (PEG 6000) استفاده شد و از طریق فرمول (Michel and Kaufmann, 1973) طبق رابطه (۱) زیر تهیه گردید:

$$\Psi s = -C\,(1.18\times10^{-2}) - C^2\,(1.18\times10^{-4}) + CT\,(2.67\times10^{-4}) + C^2T\,(8.39\times10^{-7}) \quad [1]$$

در این رابطه Ψs، پتانسیل اسمزی (مگا پاسکال)، C غلظت PEG ۶۰۰۰ بر اساس گرم بر کیلوگرم H_2O و T دما بر اساس درجه سلسیوس است.

عامل دوم: قرار دادن بذور در محلول‌های ۵ و ۱۰ میکرومولار اسید جاسمونیک و آب مقطر (شاهد) برای دو روز در دمای ۳۰ درجه سلسیوس بود (Abts, 2013). در طول دوره خیساندن، هوادهی بذرها همچنین توسط پمپ آکواریوم صورت گرفت. بعد از مدت‌زمان مشخص‌شده بذرها با آب مقطر شسته شدند. بذرهای تیمار شده در دمای اتاق قرار گرفتند تا خشک شوند. بعد از خشک شدن، بذرهای تیمار شده و بذر شاهد (تیمار با آب مقطر)، ابتدا با محلول هیپوکلریت سدیم به مدت دو دقیقه ضدعفونی شدند و سپس با آب مقطر شسته شدند.

در این آزمایش از بذر منوژرم چغندرقند رقم کاستیل (مقاوم به رایزومانیا تولید سال ۲۰۱۵ از کشور بلژیک) که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد تهیه شد، استفاده گردید. ابتدا پتری‌ها به مدت ۲ ساعت در اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد استریل شدند. سپس به‌منظور جوانه‌زنی بذور، پتری‌های ضدعفونی شده با کاغذ صافی کف‌پوش شدند و در هر پتری (به قطر ۱۲ سانتی‌متر) ۵۰ عدد بذر تیمار شده با محلول‌های فوق به‌صورت یکنواخت قرار داده شدند و روی آن لایه کاغذ صافی دیگری قرار داده شد (Abts, 2013). سپس غلظت‌های مختلف اسمزی با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ (PEG 6000) به تیمارهای پتانسیل آبی و نیز آب مقطر به تیمارهای فاقد تنش (شاهد) اضافه شد و از نسبت وزنی رطوبت ۱ به ۰/۸ در هر پتری‌دیش استفاده گردید تا از ایجاد حالت اشباع رطوبتی در پتری‌ها و غوطه‌وری بذرها در آب جلوگیری به عمل آمده باشد و آب و اکسیژن به مقدار کافی در اختیار بذرها قرار گرفته باشد. تعداد بذور جوانه‌زده به‌صورت روزانه شمارش شدند. پتری‌ها به‌طور روزانه، به‌منظور داشتن محلول کافی، بررسی شدند. پس از ده روز صفات زیر اندازه‌گیری شد:

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با استفاده از میانگین ۱۰ گیاهچه که به‌طور تصادفی انتخاب و با خط‌کش و وزن ساقه-چه با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شدند.

درصد جوانه‌زنی[1] (GP) (Ikic et al., 2012):

$$GP = (Ng / Tn) \times 100 \quad [۲]$$

در این رابطه GP= درصد جوانه‌زنی، Ng= تعداد بذرهای جوانه‌زده و Tn= تعداد کل بذور هستند.

سرعت جوانه‌زنی[2] (GR) (Ikic et al., 2012):

$$GR = \sum (Gt / Dt) \quad [۳]$$

در این رابطهGR= سرعت جوانه‌زنی، Gt = تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز tام، Dt= تعداد روز پس از کاشت

متوسط زمان جوانه‌زنی[3] (MGT) (Ya-Jing, 2009):

$$MGT = \sum (Gt \times Tt) / \sum Gt \quad [۴]$$

در این رابطه MGT= میانگین زمان جوانه‌زنی، Gt= تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز tام، Tt= زمان متناظر برای Gt در روزها.

ضریب سرعت جوانه‌زنی[4] (CVG) (Baiyeri et al., 2011):

$$CVG = (\sum Gt / \sum (Gt \times Tt)) \times 100 \quad [۵]$$

در این رابطه CVG= ضریب سرعت جوانه‌زنی، Gt= تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز tام، Tt= زمان متناظر برای Gt در روزها.

جوانه‌زنی نسبی[5] (RG) (Rho and Kil, 1986):

$$RG = (TGS / CGS) \times 100 \quad [۶]$$

در این رابطه RG= جوانه‌زنی نسبی، TGS= تعداد بذرهای جوانه‌زده تیمار، CGS= تعداد بذرهای جوانه‌زده شاهد

ضریب آلومتری[6] (AC) (Ebrahimi et al., 2013):

$$AC = SL/RL \quad [۷]$$

در این رابطه AC= ضریب آلومتری، SL= طول ساقه‌چه (cm)، RL= طول ریشه‌چه (cm)

شاخص طولی بنیه بذر[7] (SLVI) (Ebrahimi et al., 2013)

$$SLVI = \text{طول گیاهچه (cm)} \times \text{درصد جوانه‌زنی} \quad [۸]$$

شاخص وزنی بنیه بذر[8] (SWVI) (Ebrahimi et al., 2013):

[1] Germination Percentage
[2] Germination rate
[3] Mean Germination Time
[4] Coefficient of Velocity of Germination
[5] Relative Germination
[6] Allometry Coefficient
[7] Seed Length Vigor Index
[8] Seed Weight Vigor Index

[۹] وزن خشک گیاهچه (گرم) × درصد جوانه‌زنی =SWVI

داده‌های حاصل از صفات اندازه‌گیری شده با نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد ارزیابی شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که تیمارهای پتانسیل اسمزی (سطوح تنش خشکی) بر صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و وزن ساقه‌چه اثر معنی‌داری داشته‌اند. همچنین، تأثیر سطوح اسید جاسمونیک نیز بر این صفات به‌جز طول ریشه‌چه معنی‌داری بوده است. اثر برهمکنش سطوح خشکی و اسید جاسمونیک بر صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز اثر معنی‌داری داشت.

مقایسه میانگین وزن ساقه‌چه چغندرقند نشان داد با کاهش پتانسیل آبی از وزن ساقه‌چه کاسته شده است، به‌طوری‌که پتانسیل آبی ۱/۴- مگاپاسکال باعث کاهش ۳۳ درصدی وزن ساقه‌چه نسبت به تیمار عدم تنش اسمزی شد (جدول ۲)، درحالی‌که پیش تیمار بذر با ۵ و ۱۰ میکرومولار اسید جاسمونیک به ترتیب باعث افزایش ۹ و ۱۲ درصدی وزن ساقه‌چه نسبت به پیش تیمار بذر با آب مقطر شد (جدول ۲).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی چغندرقند تحت سطوح تنش خشکی و اسید جاسمونیک

Table 1. Analysis of variance germination indices of sugar beet seed under drought and jasmonic acid levels.

Source of variance	منابع تغییرات	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ساقه‌چه Shoot length	طول ریشه‌چه Root length	وزن ساقه‌چه Shoot weight
Stress (S)	تنش	4	3179.20**	511.75**	8.24**	8.81**	0.0027**
Jasmonic acid (JA)	اسید جاسمونیک	2	137.96**	21.00**	0.949**	0.075ns	0.0006**
S × JA	تنش×اسید جاسمونیک	8	65.07**	2.35**	0.33**	0.099**	0.00008ns
Error	خطا	45	12.44	0.16	0.06	0.029	0.00005
CV. (%)	ضریب تغییرات (درصد)		*4.23*	*3.37*	*6.81*	*4.26*	*6.44*

ns، * و** به ترتیب بیانگر معنی‌دار نبودن، معنی‌دار بودن در سطوح ۵ و ۱ درصد.

ns, * and ** show non significance and significance at 5 and 1% level, respectively.

جدول ۲. اثر تنش خشکی و اسید جاسمونیک بر وزن ساقه‌چه بذر چغندرقند.

Table 2. Effects of drought stress and jasmonic acid on shoot weight of sugar beet seed.

عامل آزمایشی Treatments		سطح level	وزن ساقه‌چه Shoot weight (g)
Stress (MPa)	تنش	0 PEG	0.135 a
		-0.2 PEG	0.114 b
		-0.6 PEG	0.109 b
		-1 PEG	0.097 c
		-1.4 PEG	0.090 d
Seed Soaking	پیش تیمار بذر	آب مقطر Distilled water	0.102 b
		۵ µM اسید جاسمونیک 5 µM JA	0.111 a
		۱۰ µM اسید جاسمونیک 10 µM JA	0.114 a

در هر ستون میانگین‌های هر تیمار که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون **(LSD)** در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.

Mean values followed by the same letter are not significantly different at P≥ 0.05 level as determined by LSD test.

اثر برهمکنش تیمارهای 5 µM اسید جاسمونیک × تیمار عدم تنش، بیشترین درصد جوانه‌زنی را با ۱۰۰ درصد بذر جوانه‌زده نشان داد و برهمکنش تیمار پتانسیل آبی ۱/۴- مگاپاسکال × پیش تیمار با آب مقطر، کمترین درصد جوانه‌زنی را با ۴۴ درصد بذر جوانه‌زده داشت (جدول ۳).

جدول ۳. اثر برهمکنش بین تیمارهای تنش خشکی و تیمار اسید جاسمونیک بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر چغندرقند

Table 3. Interaction effect between drought and jasmonic acid treatments on germination indices of sugar beet seed.

سطوح تنش Stress levels	پیش تیمار بذر Seed Soaking	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate (Day)	طول ساقه‌چه Shoot length (cm)	طول ریشه‌چه Root length (cm)
0 MPa PEG	آب مقطر Distilled water	94.67 abc	21.81 c	5.08 a	5.50 a
	۵ µM اسید جاسمونیک 5 µM JA	100.00 a	24.83 a	4.75 a	5.34 a
	۱۰ µM اسید جاسمونیک 10 µM JA	96.00 ab	23.44 b	4.78 a	5.62 a
-0.2 MPa PEG	آب مقطر Distilled water	92.00 bc	12.00 e	3.71 bc	4.59 b
	۵ µM اسید جاسمونیک 5 µM JA	97.33 ab	16.44 d	4.01 b	4.64 b
	۱۰ µM اسید جاسمونیک 10 µM JA	97.33 ab	16.19 d	3.95 b	4.21 c
-0.6 MPa PEG	آب مقطر Distilled water	92.00 bc	9.01 h	3.20 d	3.63 e
	۵ µM اسید جاسمونیک 5 µM JA	94.67 abc	11.06 f	3.39 cd	3.80 de
	۱۰ µM اسید جاسمونیک 10 µM JA	82.67 ef	10.08 g	3.44 cd	3.95 cd
-1 MPa PEG	آب مقطر Distilled water	77.33 cd	7.17 j	2.03 g	3.12 f
	۵ µM اسید جاسمونیک 5 µM JA	84.00 de	8.23 i	3.13 de	3.27 f
	۱۰ µM اسید جاسمونیک 10 µM JA	89.33 cd	8.09 i	3.17 de	3.34 f
-1.4 MPa PEG	آب مقطر Distilled water	44.00 h	3.17 l	1.87 g	2.83 g
	۵ µM اسید جاسمونیک 5 µM JA	53.33 g	3.87 k	2.80 ef	3.20 f
	۱۰ µM اسید جاسمونیک 10 µM JA	56.00 g	4.05 k	2.70 f	3.20 f

در هر ستون و برای هر واحد آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.

Mean values followed by the same letter are not significantly different at P≥ 0.05 level as determined by LSD test.

تحت اثر برهمکنش تیمار عدم تنش اسمزی با تیمار ۵µM اسید جاسمونیک بیشترین سرعت جوانه‌زنی با ۲۴/۸۳ بذر جوانه‌زده در روز مشاهده شد و پیش تیمار بذر با آب مقطر × پتانسیل آبی ۱/۴- مگاپاسکال کمترین سرعت جوانه‌زنی با ۳/۱۷ بذر جوانه‌زده در روز را نشان داد (جدول ۳). بیشترین طول ساقه‌چه مربوط به برهمکنش پیش تیمار بذر با آب مقطر × عدم تنش اسمزی با ۵/۰۸ سانتی‌متر بود که با تیمارهای ۵µM و ۱۰µM اسید جاسمونیک تحت شرایط عدم تنش اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). بیشترین طول ریشه‌چه مربوط به برهمکنش تیمارهای ۱۰µM اسید جاسمونیک و عدم تنش با ۵/۶۲ سانتی‌متر بود که با تیمارهای آب مقطر و ۵µM در شرایط عدم تنش اختلاف معنی‌داری

نداشت (جدول ۳). کمترین طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به ترتیب با ۱/۸۷ و ۲/۸۳ سانتی‌متر مربوط به تیمار پتانسیل آبی ۱/۴- مگاپاسکال × پیش تیمار بذر با آب مقطر بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد پیش تیمار بذر با ۵µM اسید جاسمونیک برای تیمارهای تنش‌های ملایم (۰/۲- و ۰/۶- مگاپاسکال) و ۱۰µM اسید جاسمونیک برای تیمارهای تنش بالاتر (۱- و ۱/۴- مگاپاسکال) بیشترین اثر معنی‌دار را داشته است. در این مطالعه نشان داده شد که ترکیب پلی‌اتیلن‌گلایکول منجر به ایجاد پتانسیل آب منفی شده است و باعث کاهش در جوانه‌زنی و رشد گیاهچه چغندرقند شد. به‌طورکلی رطوبت یکی از اصلی‌ترین عوامل محیطی است که درصد و سرعت جوانه‌زنی را کنترل می‌کند که توسط بسیاری از محققان نیز تائید شده است (Ansari et al., 2012; Bradford, 2002; Cardoso and Bianconi, 2013). کاهش جوانه‌زنی در اثر تنش خشکی می‌تواند به دلیل عدم توانایی بذر در جذب آب در پتانسیل‌های منفی‌تر آب در محیط جوانه‌زنی باشد. اگر جذب آب توسط بذر مختل شود یا جذب آب به‌کندی صورت گیرد، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی متوقف‌شده و یا به‌آرامی صورت می‌گیرد و سرعت فرآیندهای اولیه جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. درنتیجه، مدت‌زمانی که ریشه‌چه از بذر خارج می‌شود طولانی‌تر شده و ازاین‌رو سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد (Marchner, 1995). تنش خشکی می‌تواند اثر مهلکی بر جوانه‌زنی بذرها داشته و کمبود بیش‌ازحد آب باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌شود زیرا که بر مراحل آبنوشی بذر و عملکرد آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی تأثیر می‌گذارد (Batool et al., 2014). کلیه فرآیندهای تقسیم و بزرگ شدن سلول در محور جنین با حضور آب امکان‌پذیر است (Bewly and Black, 2012). ردائی الاملی و همکاران (Radaei Alamoli et al., 2010) گزارش کردند تنش ایجادشده با PEG در سطوح ۰/۶-، ۰/۷- و ۰/۸ – مگاپاسکال بر ژنوتیپ‌های مختلف بذر چغندرقند، طول اندام هوایی، ریشه‌چه و وزن تر اندام هوایی را کاهش داده است. کاهش درصد جوانه‌زنی در سطوح بالای خشکی به دلیل کاهش جذب آب توسط بذر است. موریلو و همکاران (Murillo et al., 2002) نشان دادند که جوانه‌زنی و رشد جوانه‌ها در لگوم‌ها تحت شرایط تنش با PEG، کاهش می‌یابد. خدارحمپور (Khodarahmpour, 2011) در مطالعه خود بیان کرد کاهش پتانسیل آبی به‌طور چشمگیری شاخص جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و شاخص بنیه طولی بذر را کاهش می‌دهد. در این مطالعه، اثرات منفی تنش آبی بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه قابل‌مشاهده بود، علت این اثر، اختلال در فرآیندهای فیزیولوژی بذر به علت افزایش تنش اسمزی است که بر متابولیسم و فعالیت آنزیمی بذر تأثیر می‌گذارد و درنهایت باعث کاهش رشد گیاه می‌شود (Khayatnezhad et al., 2010). تنش‌های محیطی علاوه بر اینکه سبب کاهش در شاخص‌های جوانه‌زنی می‌شوند، درروند مصرف مواد ذخیره‌ای و کاهش در وزن گیاهچه نیز اثرگذار است (Ansari and Sharif-Zadeh, 2012) پیش تیمار بذر یک استراتژی برای افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن بذر تحت شرایط نامساعد محیطی است. تحت شرایط نامساعد محیطی پیش تیمار بذرها با استفاده از پتانسیل‌های اسمزی، استفاده از هورمون‌ها و هیدروپرایمینگ می‌تواند مقاومت در برابر تنش، در گیاهان را افزایش دهد (Ansari and Sharif-Zadeh, 2012; Guzman and Olav, 2004; Patade et al., 2011). انتشاری و جعفری (Enteshari and Jafari, 2013) بیان کردند متیل جاسمونات (۰/۱ میکرومولار) باعث افزایش درصد جوانه‌زنی در سطوح تنش در گیاه ریحان می‌شود که نشان‌دهنده نقش مثبت اسید جاسمونیک در بهبود شرایط تنش در گیاه است. اثر اسید جاسمونیک بر تحریک یا بازدارندگی جوانه‌زنی بستگی به غلظت اسید جاسمونیک دارد. متیل جاسمونات و اسید جاسمونیک نقش بازدارنده در بذرهای در حال کمون داشته اما نقش تحریک‌کنندگی در بذرهای بدون دوره کمون دارند زیرا افزایش اسید جاسمونیک سبب کاهش پراکسیداسیون غشا و مانع آسیب به غشای سلول می‌شود (Creelman and Mullet, 1997). برخی گزارش‌ها نشان داده است که سطوح ACC(-1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid) در کوتیلدون‌های تیمار شده با جاسمونات کاهش یافته است؛ بنابراین، متیل جاسمونات، سنتز اتیلن را از طریق تأثیر بر ACC و ACO (ACC oxidase) که موجب کاهش جوانه‌زنی بذر می‌شود را کم می‌کند (Enteshari and Jafari, 2013). همچنین اسید جاسمونات موجب فعالیت آلکالین‌لیپاز می‌شود و جوانه‌زنی را تحریک می‌کند (Kepczynski and kepczynska, 1999). اسید جاسمونیک، فعال شدن لیپاز، برای تجزیه چربی‌ها و آنزیم‌های مؤثر در شکسته شدن قندهای موردنیاز برای مرحله جوانه‌زنی را تحریک می‌کند. گزارش شده است بازدارندگی از

فعالیت لیپوکسی‌کیناز که یکی از آنزیم‌های کلیدی در مسیر بیوسنتز جاسمونات‌ها است، جوانه‌زنی بذرها را کاهش می‌دهد (Creelman and Mullet, 1997). همچنین، از طریق مسدود کردن سایر واسطه‌های مسیر بیوسنتز جاسمونات‌ها، جوانه‌زنی بازدارنده می‌شود. رشد در گیاهان، نتیجه تقسیم سلولی و افزایش برگشت‌ناپذیر در حجم سلول است. تنش‌های غیر محیطی بر تقسیم سلولی اثر می‌گذارد و رشد را کاهش می‌دهند. در پژوهش‌های دیگران نیز گزارش شده است که متیل جاسمونات، کاهش در جوانه‌زنی را تنها در سطوح بالای تنش جبران کرد که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت دارد (Enteshari and Jafari, 2013).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد بین سطوح تنش خشکی در کلیه صفات موردمطالعه به‌غیراز صفت ضریب آلومتری اثر معنی‌داری وجود داشت. بین سطوح اسید جاسمونیک و برهمکنش سطوح خشکی و اسید جاسمونیک بر تمام صفات متوسط زمان جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه-زنی، جوانه‌زنی نسبی، ضریب آلومتری و شاخص بنیه طولی و وزنی اثر معنی‌داری مشاهده شد.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی چغندرقند تحت سطوح تنش خشکی و اسید جاسمونیک.

Table 4. Analysis of variance germination indices of sugar beet seed. under drought and jasmonic acid levels

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean Germination Time	ضریب سرعت جوانه‌زنی Coefficient of Velocity of Germination	جوانه‌زنی نسبی Relative Germination	ضریب آلومتری Allometry Coefficient	شاخص طولی بنیه Seed Length Vigor Index	شاخص وزنی بنیه Seed Weight Vigor Index
تنش Stress (S)	4	8.76**	6002.14**	3543.19**	0.013ns	15.41**	0.009**
اسید جاسمونیک Jasmonic acid (JA)	2	0.11**	137.87**	159.18*	0.059**	1.03**	0.0008**
تنش×اسید جاسمونیک S × JA	8	0.04**	39.34**	71.85*	0.022**	0.29**	0.0001**
خطا Error	45	0.009	6.88	31.36	0.006	0.054	0.00001
ضریب تغییرات (درصد) CV. (%)		*4.08*	*5.21*	*6.35*	*9.21*	*7.74*	*6.15*

ns،* و** به ترتیب بیانگر معنی‌دار نبودن، معنی‌دار بودن در سطوح ۵ و ۱ درصد.

ns, * and ** show non significance and significance at 5 and 1% level, respectively.

مقایسه میانگین اثر برهمکنش سطوح تنش خشکی و اسید جاسمونیک نشان داد بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی مربوط به تیمار ترکیبی تیمار 5 µM اسید جاسمونیک در پتانسیل آبی ۱/۴- مگاپاسکال است که با تیمارهای آب مقطر و 10 µM اسید جاسمونیک در پتانسیل آبی ۱/۴- مگاپاسکال پلی‌اتیلن گلایکول اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی مربوط به تیمار 5 µM اسید جاسمونیک در شرایط عدم تنش با ۱/۰۱ بود (جدول ۵). بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار ترکیبی عدم تنش و پیش تیمار بذر با 5 µM و 10 µM اسید جاسمونیک با ۹۸/۷۲ و ۹۴/۸۷ بود که به ترتیب افزایش ۱۷ و ۱۳ درصدی نسبت به تیمار ترکیبی آب مقطر و عدم تنش داشتند. تیمار ترکیبی 5 µM اسید جاسمونیک در شرایط عدم تنش بالاترین جوانه‌زنی نسبی با ۱۰۵/۸ را دارا بود. اثر برهمکنش سطوح تنش خشکی و اسید جاسمونیک بر ضریب آلومتری نشان داد بیشترین میزان مربوط به تیمار ترکیبی 10 µM اسید جاسمونیک و پتانسیل آبی ۱- مگاپاسکال بود (جدول ۵). شاخص بنیه طولی بین تیمارهای ترکیبی اسید جاسمونیک و تیمار عدم تنش اختلاف معنی‌داری نداشت، بااین‌وجود بیشترین شاخص بنیه طولی با ۴/۸۱ مربوط به تیمار آب مقطر به‌تنهایی بود. بالاترین شاخص بنیه وزنی بذر مربوط به تیمار ترکیبی 5 µM اسید جاسمونیک و عدم تنش با ۰/۱۳۹ بود (جدول ۵).

جدول ۵. اثر برهمکنش بین تیمارهای تنش خشکی و اسید جاسمونیک بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر چغندرقند

Table 5. Interaction effect between drought and jasmonic acid treatment on germination indices of sugar beet seed.

سطوح تنش Stress levels	پیش تیمار بذر Seed Soaking	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean Germination Time	ضریب سرعت جوانه‌زنی Coefficient of Velocity of Germination	جوانه‌زنی نسبی Relative Germination	ضریب آلومتری Allometry Coefficient	شاخص طولی بنیه Seed Length Vigor Index	شاخص وزنی بنیه Seed Weight Vigor Index
0 MPa PEG	آب مقطر Distilled water	1.19 i	84.09 b	100.00 ab	0.92 ab	4.81 a	0.126 b
	۵ µM اسید جاسمونیک 5 µM JA	1.01 j	98.72 a	105.80 a	0.89 ab	4.75 a	0.139 a
	۱۰ µM اسید جاسمونیک 10 µM JA	1.06 ij	94.87 a	101.57 ab	0.85 ab	4.59 a	0.127 b
-0/2 MPa PEG	آب مقطر Distilled water	2.03 g	49.42 d	97.33 abc	0.81 b	3.42 c	0.100 cde
	۵ µM اسید جاسمونیک 5 µM JA	1.68 h	59.48 c	103.13 ab	0.86 ab	3.90 b	0.108 c
	۱۰ µM اسید جاسمونیک 10 µM JA	1.75 h	57.05 c	102.90 ab	0.94 a	3.84 b	0.118 b
-0/6 MPa PEG	آب مقطر Distilled water	2.42 e	41.40 ef	97.22 abc	0.88 ab	2.94 de	0.096 de
	۵ µM اسید جاسمونیک 5 µM JA	2.20 f	45.53 de	100.23 ab	0.89 ab	3.21 cd	0.103 cd
	۱۰ µM اسید جاسمونیک 10 µM JA	2.58 d	38.75 fg	87.54 de	0.87 ab	2.85 de	0.095 de
-1 MPa PEG	آب مقطر Distilled water	3.02 b	33.17 h	81.86 e	0.65 c	1.57 f	0.067 g
	۵ µM اسید جاسمونیک 5 µM JA	2.82 c	35.43 gh	88.75 cde	0.96 a	2.64 e	0.085 f
	۱۰ µM اسید جاسمونیک 10 µM JA	2.99 b	33.40 h	94.43 bcd	0.95 a	2.82 e	0.092 ef
-1/4 MPa PEG	آب مقطر Distilled water	3.60 a	27.81 i	46.55 g	0.66 c	0.83 g	0.033 i
	۵ µM اسید جاسمونیک 5 µM JA	3.70 a	27.05 i	56.58 f	0.88 ab	1.50 f	0.049 h
	۱۰ µM اسید جاسمونیک 10 µM JA	3.62 a	27.62 i	59.36 f	0.84 ab	1.51 f	0.056 h

در هر ستون و برای هر واحد آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.

Mean values followed by the same letter are not significantly different at P≥ 0.05 level as determined by LSD test.

کمترین ضریب سرعت جوانه‌زنی، جوانه‌زنی نسبی، ضریب آلومتری، شاخص بنیه طولی و وزنی مربوط به تیمار ترکیبی آب مقطر و پتانسیل آبی ۱/۴- مگاپاسکال به ترتیب با ۲۷/۸۱، ۴۶/۵۵، ۰/۶۶، ۰/۸۳ و ۰/۰۳۳ بود (جدول ۵). ضریب سرعت جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آبی کاهش یافت، بنابراین با منفی‌تر شدن پتانسیل آب، آب قابل‌دسترس برای جوانه‌زنی کمتر شده و لذا این بذور مدت‌زمان بیشتری نیاز دارند تا موفق به جوانه‌زنی شوند و هرچه بذور دارای ضریب سرعت جوانه‌زنی بالاتری باشند، دارای درصد جوانه‌زنی بالاتری نیز خواهند بود (Bagheri et al., 2013). در مطالعه‌ای دی و کار (De and Kar, 1995) نتیجه گرفتند که کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی ماش در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابند. باقری و همکاران (Bagheri et al., 2013) در مطالعه خود نشان دادند با افزایش تنش خشکی سرعت متوسط جوانه‌زنی بذر افزایش یافت و همچنین بیان کردند بین درصد جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی همبستگی منفی و بالایی وجود دارد، چنین به نظر می‌رسد که بذرهایی که به زمان کمی برای جوانه‌زنی نیاز دارند دارای درصد جوانه‌زنی بالاتری هستند، این مطالعه با نتایج آنان مطابقت دارد؛ بنابراین با منفی‌تر شدن پتانسیل آب، آب قابل‌دسترس برای جوانه‌زنی کمتر شده و لذا این بذور مدت‌زمان بیشتری نیاز دارند تا

موفق به جوانه‌زنی شوند. به نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی به علت کاهش هورمون‌های رشد از قبیل اکسین، سیتوکنین و اسید جیبرلیک و افزایش مواد بازدارنده رشد نظیر اسید آبسیزیک که خود ناشی از کاهش پتانسیل آب است، کاهش رشد رویشی گیاه در محیط تنش رخ می‌دهد (Ganjali et al., 2010). همچنین در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش پتانسیل آب در بافت‌های مریستمی، فشار تورژسانس موردنیاز برای افزایش حجم سلول کافی نیست و درنهایت رشد ریشه و اندام هوایی کاهش می‌یابد. غمزه (Gamze, 2005) در بررسی خود بر بذرهای نخود دریافت کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش تنش خشکی با تیمار PEG، افزایش متوسط زمان لازم برای جوانه‌زن در روز، کاهش طول و وزن گیاهچه را به همراه داشت. به نظر می‌رسد افزایش شاخص بنیه گیاهچه، تحت پیش تیمار بذر با اسید جاسمونیک به دلیل بیشتر بودن درصد جوانه‌زنی بوده است که موجب افزایش تعداد کل بذرهای جوانه‌زده و همچنین طول و وزن ساقه‌چه و ریشه‌چه گردیده که ازآنجایی‌که شاخص طولی و وزنی بنیه، حاصل‌ضرب درصد جوانه‌زنی با طول و وزن گیاهچه است نتیجه آن افزایش شاخص طولی و وزنی بنیه بوده است. در این راستا کایور (Kaur, 2013) بیان کرد تیمار اسید جاسمونیک تحت شرایط تنش باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه (۶۶٪) و ساقه‌چه (۱۱٪) نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین ابدلگاواد (Abdelgawad, 2014) نشان داد پیش تیمار بذر ذرت با متیل جاسمونیک باعث افزایش طول و وزن ساقه‌چه به ترتیب ۱۱ و ۱۵ درصد نسبت به تیمار شاهد شد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش نشان داد با کاهش پتانسیل آبی، درصد جوانه‌زنی در بذرهای چغندرقند تیمار شده و شاهد (آب مقطر) کاهش یافت و این کاهش در بذرهای شاهد بیشتر از بذرهای تیمار شده با اسید جاسمونیک بود. پیش تیمارهای اعمال‌شده با اسید جاسمونیک سبب افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی در مقایسه با پیش تیمار با آب مقطر شد. همچنین در سطوح بالاتر تنش خشکی بیشترین درصد جوانه‌زنی و شاخص‌های جوانه‌زنی و کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی از پیش تیمار بذر با اسید جاسمونیک به دست آمد. پیش تیمار بذر با اسید جاسمونیک باعث کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر بذور چغندرقند شد و درنهایت، به‌طور مؤثری می‌تواند منجر به بهبود صفات مرتبط با جوانه‌زنی و افزایش تحمل به تنش خشکی در بذر و گیاهچه‌های چغندرقند گردد.

منابع

Abdelgawad, Z.A., Khalafaallah, A.A., Abdallah, M.M., 2014. Impact of methyl jasmonate on antioxidant activity and some biochemical aspects of maize plant grown under water stress condition. Agricultural Sciences. 5, 1077-1088.

Abts, W., Vissers, C., Vandenbussche, B., De Proft, M., 2013. Study of ethylene kinetics during and after germination of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) seeds and fruits. Seed Science Research. 23, 205-210.

Afzal, I., Basra, S.M.A., Ahmad, N., Cheema, M.A., Warraich, E.A., Khaliq, A., 2002. Effect of priming and growth regulator treatments on emergence and seedling growth of hybrid maize (*Zea mays* L.). International Journal of Agriculture and Biology. 4, 303–306.

Ansari, O., Sharif-Zadeh, F., 2012. Osmo and hydro priming improvement germination characteristics and enzyme activity of Mountain Rye (*Secale montanum*) seeds under drought stress. Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 8, 253-261.

Ansari, O., Choghazardi, H.R., Sharif Zadeh, F., Nazarli, H., 2012. Seed reserve utilization and seedling growth of treated seeds of mountain rye (*Secale montanum*) as affected by drought stress. Cercetări Agronomice în Moldova. 2, 43-48.

Baiyeri, K.P., Ugese, F.D., Uchendu T.O., 2011. The effect of pervious treatments on passion fruit seed quality, and seedling emergence and growth qualities in soilless media. Journal of Agricultural Technology. 7, 139 –1407.

Bagheri, H., Ghazi Khanloosani, Y., Andelibi, B., Azimi Moghadam, M.R., Zangani, E., Jamshidi, S., 2013. Seed germination indices and initial growth of safflower seedlings with

different thousand kernel weights under drought stress. Seed germination indices and initial growth of safflower seedlings with different thousand kernel weights under drought stress. Agroecology Journal. 8, 1-12. [In Persian with English Summary]

Benech-Arnold, R.L., Sánchez R.A., 2004. Handbook of Seed Physiology: Applications to Agriculture. CRC Press.

Bewley, J.D., Black, M., 2012. Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination, Volume 2: Viability, Dormancy, and Environmental Control. Springer Science and Business Media.

Bradford, K.J., 2002. Application of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Science. 50, 248-260.

Cardoso, V.J.M., Bianconi, A., 2013. Hydrotime model can describe the response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds to temperature and reduced water potential. Acta Scientiarum. 35, 255-261.

Creelman, R., Mullet, J.E., 1997. 'Biosynthesis and action of jasmonate in plant'. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 48, 355-381.

De, R., Kar, R.K., 1995. Seed germination and seedling growth of mange bean (*Vigna radiata*) under water stress induced by P.E.G 6000. Journal of Seed Science and Technology. 23, 301-308.

Ebrahimi, O., Esmaili, M.M., Sabori, H., Tahmasebi, A., 2013. Effects of salinity and drought stress on germination two spices of (*Agropyron elongatum, Agropyron desertrum*). Desert Ecosysrem Engineering Journal. 1, 31-38. [In Persian with English Summary]

Eisvand, H. R., Sharafi, A., Ismaeili, A., 2013. Effects of hydro and osmopriming in different temperatures on germination and seedling growth of *Satureja khuzistanica* Jamzad. under drought stress. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants. 29, 343-357. [In Persian with English Summary]

Enteshari, Sh., Jafari, T., 2013. The effects of methyl jasmonate and salinity on germination and seedling growth in Ocimum basilicum L. stress'. Iranian Journal of Plant Physiology. 3, 749-756. [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.

Gamze, O., Kaya, M.D., Atak, M., 2005. Effect of salt and drought stresses on gGermination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 29, 237-242.

Ganjali, A., Kafi, M., Sabet Teimuri, M., 2010. Physiologic changes in root and shoot of pea in response to drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences. 1, 35-45. [In Persian with English Summary].

Guzman, M., Olave, J., 2004. Effect of N-form and saline priming on germination and vegetative growth of Galia-type melon (*Cucmis melon*. Cv. Primal) under salinity. Acta Horticulturae. 659, 253- 260.

Kaya, M.D., Okcu, G., Atak, M., Cıkılı, Y., Kolsarıcı, O., 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy. 24, 291-295.

Kaur, H., Sharma, P., Sirhindi, G., 2013. Sugar accumulation and its regulation by jasmonic acid in *Brassica napus* L. under salt stress. Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 9, 53-64.

Kepczynski, J., Bialecka, B., Kepczynska, E., 1999. Ethylene biosynthesis in *Amaranthus caudatus* seeds in response to methyl jasmonate. Plant Growth Regulation. 28,59-63.

Marchner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second reprint. Academic Press. P. 6-73.

Michel, B. E., Kaufmann, M. R., 1973. The Osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology. 51, 914-916.

Molina, A., Bueno, P., Rodriguez-rosales, M. C., Belver, A., Venema, K., Donaire, J., 2002. Involvement of endogenous salicylic acid content lipoxygenase and antioxidant enzyme activities in the response of tomato cell suspension cultures to NaCl. New Physiologist. 156, 409-415.

Murillo, A., Lopez, B.R., Aguilar C., Kaya, T., Larrinaga, A., Flores, H. 2002. Comparative effects of NaCl and Polyetylene glycol on

germination, emergence and seedling growth of cowpea. Journal of Agronomy and Crop Science. 188, 235-247.

Nojavan-Asghari, M., Ishizawa, K., 1998. Inhibitory effects of Methyl jasmonate on the germination and ethylene production in cocklebur seeds. Journal of Plant Growth Regulation. 17, 13-18.

Patade, V.Y., Maya, K., Zakwan, A., 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in capsicum. Research Journal of Seed Science. 4, 125 -136.

Radaei Alamoli, Z., Abdollahian-Noghabi, M., Akbari, Gh., Roozbeh, F., Sadat Noori, S.A., 2010. Effect of water stress induced by solid medium of poly ethylene (PEG 6000) on the seedling characteristics of sugar beet genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 12, 279-290. [In Persian with English Summary]

Refay, Y. A., 2010. Root yield and quality traits of three sugar beet (*Beta vulgaris* L.) varieties in relation to sowing date and stand densities. World Journal of Agricultural Sciences. 6, 589-594.

Rho, B.J., Kil, B. S., 1986. Influence of phytotoxin *Pinus rigida* on the selected plants. Journal of Natural Science, Wonkwang University. 5, 19-27.

Soltani, A., Gholipoor, M., Zeinali, E. 2006., Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany. 55, 195–200.

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. 10, 427-433.

Zhang W.l., Li, L.I., Zu, Y.G., Sonia, P., 2004. Effect of priming on the germination of Peltophorum dubium seeds under water stress. Journal of Forestry Research. 15, 287- 290.