



علوم و تحقیقات بذر ایران
سال سوم / شماره دوم / ۱۳۹۵ (۳۹ - ۲۷)



بررسی کارایی سه روش پیش تیمار بذر در تحمل به تنش شوری و خشکی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه

لیلا جهانبان^۱، امید لطفی‌فر^۲، سمانه متقی^{*۲}

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۳

چکیده

به منظور بررسی کارایی سه روش پیش تیمار بذر جهت افزایش مقاومت به تنش‌های شوری و خشکی گلرنگ در مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در چهار تکرار در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، بخش علف‌های هرز انجام گرفت. عامل اول، نوع تنش شامل دو تنش شوری و خشکی، عامل دوم، روش پیش تیمار بذر شامل سه روش هیدروپرایمینگ (پیش تیمار بذر با استفاده از آب مقطر به مدت ۶ ساعت)، هالوپرایمینگ (تیمار بذر در محلول کلرید سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار) و پرایمینگ با استفاده از نیترات پتاسیم (۵٪ درصد) به همراه شاهد (عدم پیش تیمار) و عامل سوم پتانسیل آب شامل ۰، ۰/۳، ۰/۶- و ۱/۲- مگاپاسکال بود که جهت ایجاد پتانسیل‌های مذکور در تنش شوری از کلرید سدیم و در تنش خشکی از PEG (پلی اتیلن گلیکول) استفاده شد. نتایج نشان داد که هر دو تنش خشکی و شوری بر جذب آب، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و شاخص بنیه گیاهچه اثر منفی گذاشت ولی در پتانسیل رطوبتی برابر، تأثیر منفی تنش خشکی بر کلیه ویژگی‌ها به صورت معنی‌دار بیشتر از تنش شوری بود. در همه پتانسیل‌های رطوبتی و به ویژه در مورد تنش خشکی، اثر پیش تیمار بذر بر حفظ توان جوانه‌زنی بذر مؤثر بود. تأثیر مثبت پیش تیمار بذر در هر دو تنش خشکی و شوری، با شدیدتر شدن تنش افزایش یافت. در هر دو تنش خشکی و شوری تأثیر هیدروپرایمینگ بذر بر کاهش خسارت تنش‌ها بیشتر از سایر پیش تیمارهای مورد آزمایش بود و می‌تواند به عنوان راهکاری کم‌هزینه و سودمند به کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: پرایمینگ، تنش خشکی، تنش شوری، سرعت جوانه‌زنی، گلرنگ

۱- عضو هیئت علمی گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- استادیار گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: samanehmottaghi@yahoo.com

مقدمه

هم می‌زند (Netondo *et al.*, 2004; Demir and Ermis, 2003). همچنین بسیاری از محققین پتانسیل آب محیط را مهم‌ترین ویژگی در جذب آب و به‌دنبال آن آماس بذر می‌دانند و با توجه به این‌که بذر هر گیاه برای جوانه‌زنی به آماس و جذب آب نیاز دارد، پتانسیل آب مهم‌ترین عامل برای شروع جوانه‌زنی نیز محسوب می‌شود (Hadas, 1977). به‌طور معمول سرعت جوانه‌زنی به‌صورت خطی با قابلیت دسترسی به آب افزایش می‌یابد (Guerke *et al.*, 2004) و درصد جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب کاهش می‌یابد (Grundy *et al.*, 2000).

مقایسه بین دو تنش شوری و خشکی در تحقیقات مختلف انجام شده است. خواجه‌حسینی و همکاران (Khajeh-Hosseini *et al.*, 2003) ضمن تحقیق بر روی جوانه‌زنی سویا دریافتند که در پتانسیل‌های رطوبتی مشابه، جوانه‌زنی در محلول کلرید سدیم نسبت به پلی‌اتیلن‌گلیکول بیشتر است، که دلیل آن را به جذب سریع‌تر و بیش‌تر آب لازم برای جوانه‌زنی در محلول کلرید سدیم نسبت دادند. مجاب و همکاران (Mojab *et al.*, 2010) معتقدند بذر در شرایط تنش شوری، بخشی از یون‌های سدیم و کلر را جذب و با منفی‌تر کردن پتانسیل اسمزی سلول‌های خود نسبت به محیط، به جذب آب در پتانسیل‌های منفی ادامه می‌دهند.

در بررسی‌های انجام شده نشان داده شده است که پیش‌ تیمار بذر از جمله راه‌کارهایی است که می‌توان با استفاده از آن تأثیر منفی تنش‌های خشکی و شوری در بسیاری از گیاهان از جمله سورگوم، سویا، آفتابگردان، برنج، خربزه و گلرنگ را کاهش داد (Casenave and Toselli, 2010, Patane *et al.*, 2009, Farooq *et al.*, 2005). همچنین تأثیر مثبت هالوپرایمینگ روی کلزا (Farhoudi *et al.*, 2007)، تأثیر مثبت هیدروپرایمینگ روی آفتابگردان و گاوچشم (Li *et al.*, 2011, Kaya *et al.*, 2006) و تأثیر مثبت پیش‌ تیمار با نیترات پتاسیم بر همیشه بهار و آفتابگردان (Afzal, 2009) در شرایط تنش به اثبات رسیده است.

هدف از این تحقیق بررسی کارایی سه روش پیش‌ تیمار بذر جهت افزایش قدرت جوانه‌زنی بذر گلرنگ در شرایط اعمال دو تنش شوری و خشکی است.

گلرنگ (*Carthamus tinctorios* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی در ایران است که جهت تولید روغن خوراکی کشت می‌شود. با این‌که گلرنگ در مناطق خشک و نیمه-خشک کشت می‌شود و به‌عنوان یک گیاه مقاوم به تنش خشکی است، ولی در مرحله جوانه‌زنی، گیاهی حساس به تنش‌های محیطی و به‌خصوص تنش خشکی محسوب می‌شود (Ashrafi and Razmjoo, 2010). خشکی و شوری از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در ایران است. به‌دلیل نزولات پایین، بخش عمده‌ای از کشور در منطقه خشک و نیمه خشک قرار می‌گیرد به‌طوری‌که میانگین بارش در ایران که ۲۷۴ میلی‌متر است، در مقایسه با میانگین بارش در سطح کره زمین (۶۸۰ میلی‌متر) بسیار ناچیز است (Alizadeh, 2001). از طرف دیگر، حدود ۲۵ میلیون هکتار از اراضی واقع در مناطق خشک و نیمه خشک کشور، دارای خاک شور و قلیا می‌باشد و کیفیت آب آبیاری آن‌ها نیز در گروه آب‌های شور و لب شور قرار دارد و دارای مقادیر بالای نمک‌های محلول است (Bijanazadeh *et al.*, 2010).

مرحله جوانه‌زنی از حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه در شرایط تنش‌های خشکی و شوری است و در صورتی‌که گیاه این مرحله را به‌خوبی تحمل کند، معمولاً سایر مرحله‌های رشد را بدون مشکل سپری خواهد کرد (Farzadmehr *et al.*, 2011). جوانه‌زنی در تعیین تراکم کافی بوته در واحد سطح اهمیت بالایی دارد و بذرهایی، مناسب کشت هستند که به‌صورت کامل و سریع جوانه بزنند (Tazikeh *et al.*, 2013). تراکم مناسب بوته و یکنواختی مزرعه، از مرحله‌های حیاتی در زندگی گیاه و عملکرد محصول محسوب می‌شود (Cheng and Bradford, 1999).

گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند به‌دلیل خواص اسمزی، علاوه بر تنش شوری با تنش کم‌آبی مواجه شده که باعث کاهش سرعت رشد گیاه می‌شود و در نهایت موجب اختلال در تقسیم سلولی و بزرگ‌شدن سلول‌ها شده و فعالیت‌های متابولیکی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین افزایش یون‌های سدیم و کلر موجب کاهش جذب یون‌های ضروری از جمله یون‌های پتاسیم، کلسیم، آمونیوم و نیترات شده و از فعالیت آنزیم‌ها کاسته و ساختار غشاء را بر

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۳ و در آزمایشگاه بخش علف‌های هرز مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور به صورت فاکتوریل سه عاملی و در قالب طرح کاملاً تصادفی بر گیاه کلرننگ رقم پدیده اجرا شد که در آن عامل اول نوع تنش شامل تنش شوری (ایجاد شده توسط کلرید سدیم) و خشکی (ایجاد شده توسط پلی اتیلن گلایکول)، عامل دوم سطوح مختلف پیش تیمار بذر در چهار سطح شامل هیدروپرایمینگ، هالوپرایمینگ، نیترات پتاسیم و شاهد (عدم پیش تیمار) و عامل سوم سطوح مختلف پتانسیل رطوبتی شامل صفر (آب مقطر دوبار تقطیر شده)، ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲ مگاپاسکال بودند.

جهت اعمال هیدروپرایمینگ، بذر ها به مدت ۶ ساعت در داخل آب دوبار تقطیر شده، برای پیش تیمار نیترات پتاسیم بذر ها به مدت ۳ ساعت در محلول ۰/۵ درصد نیترات پتاسیم (Ashrafi and Razmjoo, 2010) و برای تیمار هالوپرایمینگ بذر ها به مدت ۶ ساعت در محلول ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم (Basra et al., 2004) غوطه ور شدند و در تمامی تیمارها ظروف حاوی محلول‌ها و بذر ها در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در شرایط تاریکی قرار گرفتند. همچنین در تمامی تیمارهای پرایمینگ، نسبت بذر به محلول ۵:۱ (گرم: میلی‌گرم) بود (Basra et al., 2004). بذرهای مربوط به دو تیمار هالوپرایمینگ و نیترات پتاسیم پس از اعمال تیمار توسط آب مقطر شسته شد. سپس کلیه بذرهای پیش تیمار شده تا زمانی که به رطوبت اولیه خود بازگردند، در محیط آزمایشگاه با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۴۰ درصد قرار گرفتند.

جهت ایجاد محلول‌های صفر، ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲- در تنش شوری از ۳/۵، ۷/۱، ۱۰/۶ و ۱۴/۲ گرم در لیتر کلرید سدیم و در تنش خشکی از ۱۵۱/۴، ۲۲۳/۶، ۲۷۹/۳ و ۳۲۶/۲ گرم در لیتر پلی اتیلن گلایکول استفاده شد (Li et al., 2011). هدایت الکتریکی (EC) محلول‌های شوری به- ترتیب ۶/۵، ۱۲/۷، ۱۸/۴ و ۲۳/۵ بود (Kaya et al., 2006). برای هر سطح از تیمارها، ۴ پتری‌دیش شیشه‌ای ۹ سانتی‌متری در نظر گرفته شد که کف آن با دو لایه کاغذ صافی پوشانده شده بود. کف هر یک از ظرف‌ها، ۷ میلی‌متر

مکعب محلول مورد نظر هر تیمار ریخته شد و پس از قرار گرفتن ۲۵ بذر در داخل هر پتری و روی کاغذ صافی، درب پتری‌ها بسته شده و جهت جلوگیری از تبخیر آب و عدم تغییر غلظت محلول طی آزمایش، با استفاده از نوار پارافیلیم درب پتری‌ها عایق شد. بذرهایی جوانه زده محسوب شد که طول ریشه‌چه حداقل ۲ میلی‌متر بود. تعداد بذر جوانه زده هر ۲۴ ساعت یکبار و به مدت ۱۴ روز شمارش شد و در پایان ۱۴ روز تعداد بذر جوانه زده به عنوان درصد جوانه زنی نهایی محسوب شد. سرعت جوانه زنی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Jajermi, 2008):

$$\text{رابطه (۱)} \quad GR = (10 \times n_1) + \dots + (1 \times n_{14})$$

که در آن GR سرعت جوانه زنی و n_1 تا n_{14} تعداد بذر جوانه زده در روز ۱ الی ۱۴ بود.

برای محاسبه طول اجزاء گیاهچه از هر پتری ۱۰ بذر جوانه زده انتخاب و میانگین آن به عنوان طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ثبت شد. همچنین شاخص بنیه گیاهچه نیز با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (Abdul-Baki and Anderson, 1973):

$$\text{رابطه (۲)} \quad SVI = GP \times SL$$

که در آن GP درصد جوانه زنی نهایی و SL طول گیاهچه و SVI شاخص بنیه گیاهچه است.

همچنین به منظور محاسبه میزان جذب آب توسط بذر، برای هر تیمار ۴ تکرار بذر ۱۰۰ تایی که قبلاً تحت تأثیر هر یک از پیش تیمارهای بذر قرار گرفته بودند، به صورت تصادفی انتخاب و به مدت ۲۴ ساعت در پتری و تحت تأثیر هر یک از سطوح تنش‌های خشکی و شوری قرار گرفتند. پس از سپری شدن زمان یاد شده بذر ها از پتری خارج و پس از خشک کردن سطح بذر با استفاده از کاغذ صافی، بذر هر یک از پتری‌ها به- صورت جداگانه توزین و میزان جذب آب با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$\text{رابطه (۳)} \quad W.U = \frac{WSW - DSW}{DSW} \times 100$$

که در آن WU درصد جذب آب، WSW وزن بذر آب جذب کرده و DSW وزن بذر خشک است.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش

نشده، بر سایر ویژگی‌ها در سطح $P \leq 0.01$ معنی‌دار بود. اثر متقابل پیش‌ تیمار بذر و سطح تنش نیز در سطح $P \leq 0.01$ بر ویژگی‌های درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و درصد جذب رطوبت و در سطح $P \leq 0.01$ بر سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه گیاهچه معنی‌دار شد. اثر متقابل سه تیمار نوع تنش، پیش‌ تیمار بذر و سطح تنش بر ویژگی‌ها درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، شاخص بنیه گیاهچه و درصد جذب رطوبت در سطح $P \leq 0.01$ و بر طول ساقه‌چه در سطح $P \leq 0.05$ معنی‌دار شد (جدول ۱).

آزمون LSD در سطح 0.05 انجام و نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

اثر نوع تنش، پیش‌ تیمار و سطح تنش بر کلیه ویژگی‌ها در سطح $P \leq 0.01$ معنی‌دار شد. اثر متقابل نوع تنش و پیش‌ تیمار نیز بر ویژگی‌های درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و گیاهچه در سطح $P \leq 0.01$ و بر درصد رطوبت جذب‌شده در سطح $P \leq 0.05$ معنی‌دار شد ولی بر طول ساقه‌چه معنی‌دار نشد. همچنین اثر متقابل نوع و سطح تنش به استثنای طول ریشه‌چه و درصد جذب رطوبت که معنی‌دار

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر پیش‌ تیمار بذر بر برخی ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر گلرنگ در شرایط تنش خشکی و شوری

Table 1. Analyses of variances of the seed pre-treatment effect on some safflower germination characteristic under salt and drought stress

منبع تغییرات S.O.V	df	درصد جذب رطوبت Water uptake percentage	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول Length		شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigour index
					ریشه‌چه Radicle	ساقه‌چه Plumule	
Stress نوع تنش (S)	1	103.63**	5546.0	1068963.0**	12.44**	2.2**	978492.5**
Pretreatment پیش‌ تیمار (P)	3	63.11**	158.8**	30224.4**	34.58**	49.41**	331935.3**
Stress level سطح تنش (L)	4	92.5**	7852.4**	1001590.3**	18.6**	77.28**	5425199.0**
S×P	3	19.53**	389.9**	49293.6**	1.81**	0.13 ^{n.s}	308418.2**
S×L	4	10.51 ^{n.s}	5337.0**	486391.2**	0.24 ^{n.s}	0.87**	548887.9**
L×P	12	63.83**	133.5**	6623.9*	6.63**	3.69**	109150.0*
S×P×L	12	56.49**	221.2**	9021.6**	1.41**	0.34*	334857.1**
Error خطا	120	7.21	34.7	3372.4	0.37	0.14	93.2
C.V		6.8	6.7	7.4	1.2	1.8	3.2

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد است و n.s معنی‌دار نمی‌باشد.

** and *: Respectively are significant in 1% and 5% level and ^{n.s}: not significant.

رطوبتی، میزان جذب آب در شرایط تنش خشکی کمتر از تنش شوری بود (جدول ۲).

در شرایط پتانسیل خشکی افزایش پتانسیل رطوبتی در 0.3 ، 0.6 ، 0.9 و 1.2 مگا پاسکال نسبت به شاهد در تیمار عدم پرایمینگ به ترتیب 20 ، 29 ، 38 ، 42 درصد، در تیمار هیدروپرایمینگ 13 ، 25 ، 31 و 33 درصد، در تیمار هالوپرایمینگ 13 ، 20 ، 29 و 35 درصد و در تیمار نیترات-

محتوی آب بذر

بر اساس نتایج، با منفی شدن پتانسیل آب در هر دو تنش خشکی و شوری، میزان جذب آب کاهش یافت به طوری که در تمامی پیش‌ تیمارهای بذر بالاترین میزان جذب آب در پتانسیل آب صفر و پایین‌ترین میزان در پتانسیل -12 دیده شد، با این حال میزان جذب آب در شرایط تنش خشکی با شدت بیشتری کاهش یافت و در سطوح مشابه پتانسیل

هیدروپرایمینگ ۵، ۱۰، ۱۲ و ۱۹ درصد، در تیمار هالوپرایمینگ ۷، ۹، ۱۳ و ۲۲ درصد و در پیش تیمار نیترات پتاسیم، ۶، ۹، ۱۶ و ۲۵ درصد میزان جذب آب را کاهش دادند. همچنین نتایج حاکی است که در تمامی سطوح تنش شوری، میزان جذب آب توسط بذر در تیمار هیدروپرایمینگ نسبت به شاهد به صورت معنی دار بالاتر بود ولی میزان جذب آب بذر در پیش تیمار هالوپرایمینگ تنها در پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال و در پیش تیمار نیترات پتاسیم تنها در دو پتانسیل ۰/۳- و ۰/۶- مگاپاسکال معنی دار بود (جدول ۲).

پتاسیم به ترتیب ۱۴، ۲۷، ۳۷ و ۳۹ درصد کاهش میزان جذب آب را سبب شد. نتایج همچنین نشان داد که هر سه تیمار پرایمینگ بذر سبب افزایش معنی دار درصد جذب رطوبت در تمامی پتانسیل های رطوبتی ایجاد شده توسط پلی اتیلن گلیکول به استثنای پتانسیل رطوبتی صفر، شد و در بین پیش تیمارهای بذر، هیدروپرایمینگ بالاترین تأثیر را به ویژه در شرایط تنش شدید خشکی داشت (جدول ۲). در شرایط تنش شوری ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال نسبت به پتانسیل صفر مگاپاسکال، در تیمار عدم پیش تیمار بذر به ترتیب ۷، ۱۳، ۱۶ و ۲۴، در تیمار

جدول ۲- درصد جذب آب بذر گلرنگ پرایم شده با آب (هیدروپرایمینگ)، کلرید سدیم (هالوپرایمینگ)، نیترات پتاسیم و شاهد در پتانسیل های مختلف رطوبتی ایجاد شده توسط کلرید سدیم و پلی اتیلن گلیکول

Table 2. Water uptake of safflower treatment by water (Hydropriming), Sodium chloride (Halopriming), Potassium Nitrate and control under different water potential caused by Sodium chloride and PEG

پتانسیل آب Water potential (MPa)	پیش تیمار بذر Seed pre-treatment							
	شاهد control		هیدروپرایمینگ Hydropriming		هالوپرایمینگ Halopriming		نیترات پتاسیم KNO ₃	
	کلرید سدیم	PEG	کلرید سدیم	PEG	کلرید سدیم	PEG	کلرید سدیم	PEG
0	47.03 ^{bc}	47.03 ^{bc}	48.54 ^a	48.54 ^a	46.79 ^{cd}	46.79 ^{cd}	48.29 ^{ab}	48.29 ^{ab}
-0.3	43.65 ^e	37.57 ^j	46.11 ^{cd}	42.42 ^{ef}	43.60 ^e	40.61 ^{ghi}	45.49 ^d	41.66 ^{fg}
-0.6	40.86 ^{gh}	33.33 ^l	43.60 ^e	36.30 ^{jk}	42.54 ^{ef}	37.50 ^j	43.54 ^e	35.44 ^k
-0.9	39.85 ^{hi}	29.10 ⁿ	42.62 ^{ef}	33.62 ^l	40.61 ^{ghi}	33.02 ^l	40.55 ^{ghi}	30.57 ^m
-1.2	35.70 ^k	27.29 ^o	39.22 ⁱ	32.61 ^l	36.22 ^{jk}	30.22 ^{mn}	35.93 ^k	29.37 ^{mn}

d.f=120, LSD=1.41

جوانه زنی شد که نشان می دهد هر سه پیش تیمار بذر توان کاهش اثر منفی تنش خشکی شدید را داشته اند. اگرچه سه اختلاف بین چهار روش پیش تیمار بذر در پتانسیل های صفر، ۰/۳- و ۰/۶- مگاپاسکال معنی دار نبود ولی در پتانسیل ۰/۹- مگاپاسکال پیش تیمار هیدروپرایمینگ و در پتانسیل ۱/۲- مگاپاسکال دو پیش تیمار هالوپرایمینگ و هیدروپرایمینگ به ترتیب دارای درصد جوانه زنی بالاتری نسبت به سایر روش ها بودند (جدول ۳).

بررسی اثر تنش شوری نشان داد که پتانسیل های ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال به ترتیب سبب کاهش درصد جوانه زنی به میزان ۵، ۱۳، ۲۳ و ۲۰ درصد در شرایط عدم پیش تیمار بذر، ۰، ۵، ۱۶ و ۲۰ درصد در تیمار هالوپرایمینگ و ۰، ۲، ۳۳ و ۶۲ درصد در تیمار نیترات پتاسیم شدند ولی در تیمار هیدروپرایمینگ میزان جوانه زنی در هیچ یک از سطوح تنش شوری صفر تا ۱/۲- مگاپاسکال معنی دار نبود. بر

درصد جوانه زنی

نتایج حاکی است که در همه پیش تیمارهای بذر، اختلاف بین درصد جوانه زنی بذر در دو تنش شوری و خشکی در سه سطح صفر، ۰/۳- و ۰/۶- مگاپاسکال معنی دار نبود ولی در پتانسیل های ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال در تمامی سطوح پیش تیمارها تنش خشکی با شدت بالاتری بر درصد جوانه زنی اثر منفی داشت به طوری که در این دو پتانسیل، درصد جوانه زنی در شرایط تنش خشکی به صورت معنی دار پایین تر از تنش شوری بود (جدول ۳).

در شرایط تنش خشکی اعمال پتانسیل ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال نسبت به شرایط عدم تنش به ترتیب منجر به کاهش ۴، ۱۰، ۵۶ و ۹۱ درصدی در تیمار عدم پرایمینگ، کاهش ۳، ۴، ۱۶ و ۶۰ درصدی در تیمار هیدروپرایمینگ، کاهش ۴، ۹، ۲۶ و ۵۶ درصدی در تیمار هالوپرایمینگ و کاهش صفر، ۲، ۳۳ و ۶۶ درصدی میزان

اساس نتایج در پتانسیل‌های رطوبتی صفر و $-0/3$ - مگاپاسکال، اختلاف بین سطوح پیش تیمار بذر از نظر درصد جوانه‌زنی صورت معنی‌دار نبود و در سایر سطوح پیش تیمار هیدروپرایمینگ به صورت معنی‌دار حائز بالاترین درصد جوانه‌زنی بود (جدول ۳).

جدول ۳- درصد جوانه‌زنی بذر گلرنگ پرایم شده با آب (هیدروپرایمینگ)، کلرید سدیم (هالوپرایمینگ)، نیترات پتاسیم و شاهد در پتانسیل‌های مختلف رطوبتی ایجاد شده توسط کلرید سدیم و پلی اتیلن گلیکول

Table 3. Germination of safflower treatment by water (Hydropriming), Sodium chloride (Halopriming), Potassium Nitrate and control under different water potential caused by Sodium chloride and PEG

پتانسیل آب Water potential (MPa)	Seed pre-treatment بذر پیش تیمار							
	شاهد control		هیدروپرایمینگ Hydropriming		هالوپرایمینگ Halopriming		نیترات پتاسیم KNO ₃	
	کلرید سدیم	PEG	کلرید سدیم	PEG	کلرید سدیم	PEG	کلرید سدیم	PEG
0	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a	98 ^{ab}	98 ^{ab}
-0.3	95 ^{abc}	96 ^{abc}	100 ^a	98 ^{ab}	100 ^a	96 ^{abc}	97 ^{ab}	98 ^{ab}
-0.6	88 ^{def}	90 ^{cdef}	100 ^a	96 ^{abc}	95 ^{abc}	92 ^{bcde}	96 ^{abc}	98 ^{ab}
-0.9	86 ^{efg}	44 ^j	100 ^a	84 ^{fg}	85 ^{fg}	74 ^h	95 ^{abc}	66 ⁱ
-1.2	80 ^{gh}	9 ⁱ	96 ^{abc}	41 ^{jk}	80 ^{gh}	44 ^j	88 ^{def}	37 ^k

df= 120, LSD=6

نتایج در رابطه با اثر تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی نیز نشان داد که در شرایط عدم پیش تیمار بذر، با منفی شدن پتانسیل رطوبتی از صفر به $-0/3$ ، $-0/6$ ، $-0/9$ و $-1/2$ - مگاپاسکال، سرعت جوانه‌زنی به ترتیب ۱۴، ۲۲، ۳۱ و ۹۴ درصد کاهش نشان داد که این کاهش برای پیش تیمار هیدروپرایمینگ به ترتیب ۱، ۶، ۱۵ و ۷۵ درصد، برای پیش تیمار هالوپرایمینگ به ترتیب ۸، ۱۵، ۲۴ و ۶۸ درصد و در مورد پیش تیمار نیترات پتاسیم به ترتیب ۵، ۱۰، ۱۵ و ۷۵ درصد بود. مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان از برتری معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی در هر سه روش پیش تیمار نسبت به عدم پیش تیمار داشت که این اختلاف به‌ویژه در پتانسیل $-1/2$ - مگاپاسکال بسیار مشهود بود (جدول ۴).

طول ریشه‌چه

نتایج این بخش نیز نشان داد که در اکثر پتانسیل‌های مورد آزمایش و پیش تیمارها، طول ریشه‌چه در تنش خشکی نسبت به تنش شوری با شدت بیش‌تری کاهش یافت و به صورت معنی‌دار پایین‌تر بود که این اختلاف به‌ویژه در پتانسیل‌های $-0/9$ و $-1/2$ - مگاپاسکال کاملاً مشهود و معنی‌دار بود (جدول ۵).

سرعت جوانه‌زنی

بر اساس نتایج جدول ۴، سرعت جوانه‌زنی بذر نسبت به درصد جوانه‌زنی به میزان بیش‌تری تحت تأثیر تنش‌های شوری و خشکی قرار گرفت. نتایج حاکی است که به استثنای پتانسیل رطوبتی $-0/3$ - مگاپاسکال، در سایر پتانسیل‌ها بذره‌های گلرنگ در شرایط تنش شوری نسبت به شرایط تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی بالاتری داشتند.

نتایج حاکی است که در شرایط تنش شوری افزایش پتانسیل از صفر به $-0/3$ ، $-0/6$ ، $-0/9$ و $-1/2$ - مگاپاسکال به ترتیب سبب کاهش سرعت جوانه‌زنی به میزان ۲، ۴، ۱۸ و ۴۲ درصد در شرایط عدم پیش تیمار بذر، صفر، ۱، ۳ و ۶ درصد در شرایط هیدروپرایمینگ، ۴، ۸، ۱۴ و ۱۸ درصد در شرایط هالوپرایمینگ و ۱، ۵، ۵ و ۲۴ درصد در شرایط پیش تیمار با نیترات پتاسیم شد (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سه پتانسیل صفر، $-0/3$ و $-0/6$ - مگاپاسکال شوری، سرعت جوانه‌زنی در هیچ یک از سه پیش تیمار استفاده شده نسبت به شاهد معنی‌دار نبود ولی در دو پتانسیل $-0/6$ و $-1/2$ - مگاپاسکال هر سه پیش تیمار سبب افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی شدند که در میان آن‌ها هیدروپرایمینگ حائز بالاترین سرعت جوانه‌زنی بود (جدول ۴).

جدول ۴- سرعت جوانه زنی بذر گلرنگ پرایم شده با آب (هیدروپرایمینگ)، کلرید سدیم (هالوپرایمینگ)، نیترات پتاسیم و شاهد در پتانسیل های مختلف رطوبتی ایجاد شده توسط کلرید سدیم و پلی اتیلن گلیکول

Table 4. Germination rate of safflower treatment by water (Hydropriming), Sodium chloride (Halopriming), Potassium Nitrate and control under different water potential caused by NaCl and PEG

پتانسیل آب Water potential (MPa)	پیش تیمار بذر Seed pre-treatment							
	شاهد control		هیدروپرایمینگ Hydropriming		هالوپرایمینگ Halopriming		نیترات پتاسیم KNO ₃	
	کلرید سدیم	PEG	کلرید سدیم	PEG	کلرید سدیم	PEG	کلرید سدیم	PEG
0	961.9 ^{ab}	962.1 ^{ab}	949.7 ^{abc}	950.1 ^{abc}	981.9 ^a	982.3 ^a	956.4 ^{ab}	955.9 ^{ab}
-0.3	938.2 ^{b-f}	833.1 ^{ij}	948.2 ^{a-d}	940.0 ^{b-e}	940.3 ^{b-e}	903.3 ^{efg}	947.3 ^{a-d}	909.8 ^{c-g}
-0.6	923.2 ^{b-g}	788.6 ^k	943.3 ^{a-d}	892.3 ^{gh}	898.4 ^{fgh}	837.7 ^{ij}	910.8 ^{c-g}	861.5 ^{hi}
-0.9	788.0 ^k	662.2 ^m	924.3 ^{b-g}	805.7 ^{jk}	840.6 ^{ij}	741.4 ^l	908.4 ^{d-g}	814.3 ^{jk}
-1.2	558.1 ⁿ	54.9 ^q	894.0 ^{gh}	237.8 ^p	806.4 ^{jk}	310.9 ^o	723.9 ^l	241.0 ^p

df=120, LSD= 41.2

مگاپاسکال، طول ریشه چه در شرایط عدم اعمال پیش تیمار به ترتیب ۱۱، ۴۰، ۷۹ و ۹۷ درصد، در شرایط هیدروپرایمینگ به ترتیب ۱۹، ۴۹، ۷۵ و ۹۸ درصد، در شرایط هالوپرایمینگ ۲۰، ۴۸، ۸۵ و ۹۶ درصد و در شرایط پیش تیمار با نیترات پتاسیم ۲۶، ۵۰، ۵۷ و ۸۸ درصد کاهش یافت. در تنش خشکی نیز نتایج نشان داد که در تمامی سطوح خشکی به استثنای ۱/۲- مگاپاسکال، اعمال هر یک از سه نوع پیش- تیمار سبب افزایش معنی دار طول ریشه چه نسبت به عدم پیش تیمار شد. همچنین در تمامی سطوح تنش خشکی به استثنای ۱/۲- مگاپاسکال، طول ریشه چه در تیمار هیدرو- پرایمینگ نسبت به سایر سطوح به صورت معنی دار برتری داشت (جدول ۵).

در شرایط تنش شوری با اعمال پتانسیل های ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال طول ریشه چه به ترتیب با افزایش ۱۰، کاهش ۳۹، ۵۵ و ۷۸ درصدی در شرایط عدم پیش تیمار بذر، کاهش ۲۱، ۳۳، ۵۵ و ۶۵ درصدی در شرایط هیدروپرایمینگ، کاهش ۱۵، ۵۰، ۶۸ و ۶۹ درصدی در شرایط هالوپرایمینگ و کاهش ۱۲، ۴۷، ۵۷ و ۶۳ درصدی در شرایط پیش تیمار با نیترات پتاسیم شد (جدول ۵). همچنین نتایج حاکی است در تمامی سطوح شوری، پیش تیمار بذر با هر یک از سه روش منجر به افزایش معنی دار طول ریشه چه شد. همچنین در بین روش های پیش تیمار مورد استفاده، هیدروپرایمینگ در تمامی سطوح تنش شوری به صورت معنی دار طول ریشه چه بالاتری داشت (جدول ۵). نتایج حاکی است با منفی تر شدن پتانسیل رطوبتی در تنش خشکی از صفر به ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲-

جدول ۵- طول ریشه چه بذر گلرنگ پرایم شده با آب (هیدروپرایمینگ)، کلرید سدیم (هالوپرایمینگ)، نیترات پتاسیم و شاهد در پتانسیل های مختلف رطوبتی ایجاد شده توسط کلرید سدیم و پلی اتیلن گلیکول

Table 5. Radicle length of safflower treatment by water (Hydropriming), Sodium chloride (Halopriming), Potassium Nitrate and control under different water potential caused by NaCl and PEG

پتانسیل آب Water potential (MPa)	پیش تیمار بذر Seed pre-treatment							
	شاهد control		هیدروپرایمینگ Hydropriming		هالوپرایمینگ Halopriming		نیترات پتاسیم KNO ₃	
	کلرید سدیم	PEG	کلرید سدیم	PEG	کلرید سدیم	PEG	کلرید سدیم	PEG
0	62.6 ^h	62.6 ^h	108.3 ^a	108.3 ^a	95.8 ^b	95.8 ^b	79.8 ^d	79.8 ^d
-0.3	66.6 ^g	55.6 ⁱ	85.5 ^c	88.0 ^c	81.0 ^d	76.1 ^e	69.6 ^{fg}	59.1 ⁱ
-0.6	38.1 ⁿ	37.6 ^{no}	72.7 ^{ef}	55.1 ^j	47.5 ^k	49.6 ^k	42.4 ^m	49.0 ^k
-0.9	28.2 ^{qr}	13.2 ^t	48.6 ^k	26.7 ^r	30.8 ^{pq}	14.4 ^t	34.2 ^{op}	23.0 ^s
-1.2	14.0 ^t	2.1 ^v	37.5 ^{no}	2.3 ^{uv}	29.5 ^{qr}	3.9 ^{uv}	29.2 ^{qr}	5.6 ^u

df=120, LSD= 3.4

طول ساقه‌چه

قادر به تولید ساقه‌چه در هیچ یک از سطوح پیش‌ تیمار نبودند. همچنین در سایر سطوح تنش خشکی یعنی ۰/۳- و ۰/۶- مگاپاسکال نسبت به پتانسیل صفر طول ریشه‌چه به ترتیب کاهش ۵۶ و ۸۷ درصدی در شرایط عدم پیش‌ تیمار، ۴۴ و ۸۰ درصدی در شرایط هیدروپرایمینگ، ۵۰ و ۸۰ درصدی در شرایط هالوپرایمینگ و ۴۲ و ۸۶ درصدی در شرایط پیش‌ تیمار نیترات پتاسیم مواجه شد. همچنین در هر سه سطح صفر، ۰/۳- و ۰/۶- مگاپاسکال، بذرها تحت سه روش پیش‌ تیمار، به صورت معنی‌ دار طول ساقه‌چه بالاتری نسبت به بذرها تحت عدم پیش‌ تیمار ایجاد نمودند و در بین روش‌های پیش‌ تیمار نیز هیدروپرایمینگ به صورت معنی‌ دار طول ساقه‌چه بالاتری را نشان داد (جدول ۶).

اختلاف بین اثر تنش خشکی و شوری بر طول ساقه‌چه بسیار بیشتر از سایر ویژگی‌ها بود و در تمامی سطوح اعمال تنش، طول ساقه‌چه حاصل از بذرها در معرض تنش خشکی به صورت معنی‌ دار پایین‌تر از بذرها در معرض تنش شوری بود (جدول ۶).

در سطوح ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال تنش شوری، طول ساقه‌چه نسبت به عدم تنش دچار کاهش به ترتیب ۲، ۵۳، ۷۰ و ۸۰ درصدی در تیمار عدم پیش‌ تیمار، کاهش ۳۳، ۵۴، ۷۰ و ۷۱ درصدی در تیمار هیدروپرایمینگ، کاهش ۱۵، ۶۰، ۷۱ و ۷۴ در تیمار هالوپرایمینگ و کاهش ۹، ۵۴، ۵۶ و ۶۵ درصدی در تیمار نیترات پتاسیم شدند (جدول ۶). بر اثر تنش خشکی با پتانسیل‌های ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال، بذرها

جدول ۶- طول ساقه‌چه بذر گلرنگ پرایم شده با آب (هیدروپرایمینگ)، کلرید سدیم (هالوپرایمینگ)، نیترات پتاسیم و

شاهد در پتانسیل‌های مختلف رطوبتی ایجاد شده توسط کلرید سدیم و پلی اتیلن گلیکول

Table 6. Plumule length of safflower treatment by water (Hydropriming), Sodium chloride (Halopriming), Potassium Nitrate and control under different water potential caused by NaCl and PEG

پتانسیل آب Water potential (MPa)	پیش‌ تیمار بذر Seed pre-treatment							
	شاهد control		هیدروپرایمینگ Hydropriming		هالوپرایمینگ Halopriming		نیترات پتاسیم KNO ₃	
	NaCl	PEG	NaCl	PEG	NaCl	PEG	NaCl	PEG
0	43.6 ^b	43.6 ^b	63.6 ^a	63.6 ^a	43.3 ^c	43.3 ^c	42.5 ^c	42.5 ^c
-0.3	34.0 ^f	15.1 ^l	42.5 ^c	35.9 ^{ef}	36.7 ^{de}	21.8 ⁱ	38.6 ^d	24.4 ^h
-0.6	16.1 ^l	4.5 ^q	29.4 ^g	12.8 ^m	17.2 ^{kl}	8.5 ^{op}	19.5 ^{ij}	6.9 ^p
-0.9	10.4 ^{no}	0.0 ^r	19.3 ^{jk}	0.0 ^r	12.6 ^m	0.0 ^r	18.8 ^{jk}	0.0 ^r
-1.2	7.0 ^p	0.0 ^r	18.4 ^{jk}	0.0 ^r	11.1 ^{mn}	0.0 ^r	15.0 ^l	0.0 ^r

df=120, LSD=2.1

درصد کاهش در عدم پیش‌ تیمار، ۲۶، ۴۱، ۵۴ و ۶۷ درصد کاهش در شرایط هیدروپرایمینگ، همچنین ۱۵، ۶۲، ۷۴ و ۷۶ درصد کاهش در شرایط هالوپرایمینگ و ۱۳، ۵۰، ۶۵ و ۶۸ درصد کاهش در پیش‌ تیمار نیترات پتاسیم مواجه شد. در اکثر پتانسیل‌های رطوبتی حاصل از تنش شوری، اعمال پیش‌ تیمار سبب افزایش معنی‌ دار شاخص بنیه گیاهچه شد. بالاترین تأثیر مثبت پیش‌ تیمار بذر در تمامی پتانسیل‌های رطوبتی، در پیش‌ تیمار هیدروپرایمینگ دیده شد به-

شاخص بنیه گیاهچه

منفی‌تر شدن پتانسیل رطوبتی منجر به کاهش معنی‌ دار شاخص بنیه گیاهچه در هر دو تنش شد. بر اساس نتایج جدول ۷، تقریباً در تمامی پتانسیل‌های تنش، شاخص بنیه گیاهچه در شرایط تنش خشکی به صورت معنی‌ دار پایین‌تر از تنش شوری است. در شرایط تنش شوری، شاخص بنیه گیاهچه در پتانسیل‌های ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال نسبت به عدم تنش به ترتیب با ۲، ۵۱، ۶۶ و ۸۳

طوری که در تمامی سطوح تنش، هیدروپرایمینگ به صورت معنی دار حائز بالاترین شاخص بنیه گیاهچه بود (جدول ۷).

جدول ۷- شاخص بنیه گیاهچه بذر گلرنگ پرایم شده با آب (هیدروپرایمینگ)، کلرید سدیم (هالوپرایمینگ)، نیترات-

پتاسیم و شاهد در پتانسیل های مختلف رطوبتی ایجاد شده توسط کلرید سدیم و پلی اتیلن گلیکول

Table 7. Seedling vigour index of safflower treatment by water (Hydropriming), Sodium chloride (Halopriming), Potassium Nitrate and control under different water potential caused by NaCl and PEG

پتانسیل آب Water potential (MPa)	پیش تیمار بذر Seed pre-treatment							
	شاهد control		هیدروپرایمینگ Hydropriming		هالوپرایمینگ Halopriming		نیترات پتاسیم KNO ₃	
	NaCl	PEG	NaCl	PEG	NaCl	PEG	NaCl	PEG
0	9720 ^{fg}	9720 ^{fg}	17190 ^a	17190 ^a	13910 ^b	13910 ^b	11985 ^d	11985 ^d
-0.3	9557 ^g	6823 ⁱ	12800 ^e	11788 ^d	11770 ^d	9398 ^g	10476 ^e	8183 ^h
-0.6	4769 ^l	3780 ^{mno}	10210 ^{ef}	6518 ⁱ	5291 ^k	5343 ^k	5923 ^j	5366 ^k
-0.9	3315 ^o	581 st	7890 ^h	2243 ^p	3561 ^{no}	1066 ^{rs}	4199 ^m	1518 ^{qr}
-1.2	1680 ^q	66 ^u	5421 ^k	93 ^{tu}	3368 ^o	171 ^{tu}	3890 ^{mn}	204 ^{tu}

df= 120, LSD= 491.6

قدرت جوانه زنی این گیاه داشت. تأثیر مثبت هیدروپرایمینگ بر جوانه زنی گیاه پیاز (Caseiro *et al.*, 2004)، تریتی کاله (Demir, Yagmur and Kaydan, 2008)، سیب زمینی (Nirmala and Umarani, 2003)، بامیه (and Ermis, 2007)، کلزا (Bijan-zadeh *et al.*, 2010)، آفتابگردان (Srinivasan *et al.*, 2006) و خردل (Kaya *et al.*, 2006) در تحقیقات پیشین گزارش شده است. تأثیر مثبت هیدروپرایمینگ بر روی جوانه زنی می تواند به دلیل جذب بالاتر آب توسط بذر در این تیمار (به دلیل زمان و میزان بالاتر جذب آب) و طی شدن مراحل اولیه جوانه زنی، بدون خروج ریشه چه باشد (Akinola *et al.*, 2000). همچنین مزیت دو روش پیش تیمار با نیترات پتاسیم و هالوپرایمینگ در مقایسه با شاهد، در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است (Farhoudi *et al.*, 2007).

طی تحقیقات متعدد، مکانیسم های متعددی به عنوان افزایش دهنده قدرت جوانه زنی گزارش شده اند. بر این اساس طی دوره پیش تیمار بذر دو مرحله آغازین جوانه زنی را طی می کنند و از همین رو بذرها پیش تیمار و سپس دهیدراته شده، زمانی که در زمان کاشت در معرض آب قرار می گیرند، بلافاصله وارد مرحله سوم جوانه زنی می شوند (Farooq *et al.*, 2008، Basra *et al.*, 2004، Hariss *et al.*, 2008 و Ghasemi-Golozani *et al.*, 2008).

همچنین در شرایط تنش خشکی نیز با منفی تر شدن پتانسیل از صفر به $-0/3$ ، $-0/6$ ، $-0/9$ و $-1/2$ مگاپاسکال شاخص بنیه گیاهچه در شرایط عدم پیش تیمار به ترتیب ۳۰، ۶۱، ۹۴ و ۹۹ درصد کاهش یافت که این کاهش برای هیدروپرایمینگ به ترتیب ۳۱، ۶۲، ۸۷ و ۹۹ درصد، برای هالوپرایمینگ ۳۲، ۶۲، ۹۲ و ۹۹ درصد و در نهایت برای پیش تیمار نیترات پتاسیم به ترتیب ۳۲، ۵۵، ۸۷ و ۹۹ درصد بود. در این بخش نیز به استثنای پتانسیل $-1/2$ مگاپاسکال که در آن اختلاف بین روش های پیش تیمار از نظر شاخص بنیه گیاهچه معنی دار نبود، در سایر سطوح تنش خشکی، هر سه نوع پیش تیمار منجر به افزایش معنی دار این صفت شدند که در بین روش های پیش تیمار هیدروپرایمینگ بالاترین اثر را داشته و به صورت معنی دار بالاترین شاخص بنیه گیاهچه را ایجاد کردند (جدول ۷).

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که سه پیش تیمار مورد آزمون به صورت معنی دار سبب افزایش قدرت جوانه زنی و رشد اولیه بذر گلرنگ به ویژه در شرایط تنش شد که از بین این سه پیش تیمار نیز هیدروپرایمینگ در مورد اکثر ویژگی ها و در هر دو تنش خشکی و شوری بالاترین تأثیر مثبت را بر افزایش

به کاهش جذب آب می‌شود و طبق تحقیقات موریلو آمادور و همکاران (Murillo-Amador *et al.*, 2002) جذب آب در شرایط تنش خشکی نسبت به تنش شوری با محدودیت بالاتری روبرو می‌شود. این نتایج با یافته‌های محققین دیگر در مورد از مک (Mojab *et al.*, 2010)، اسفرزه (Hosseini and Rezvani-Moghaddam, 2006) آفتابگردان (Kaya *et al.*, 2006) و گندم (Okcu *et al.*, 2005) مطابقت دارد.

در نهایت با توجه به نتایج این آزمایش که نشان داد هیدروپرایمینگ می‌تواند ضمن افزایش توان جذب رطوبت توسط بذر در تمامی پتانسیل‌های رطوبتی مورد آزمایش، سبب افزایش قدرت جوانه‌زنی گلرنگ و کاهش خسارت تنش‌های محیطی بر رشد اولیه گیاهچه شود. همچنین عدم استفاده از مواد شیمیایی و به کار بردن روش اجرای ساده و ارزان برای انجام هیدروپرایمینگ، سبب می‌شود تا بتوان این روش را به‌عنوان راهکاری مطلوب و کاربردی برای شرایط تنش‌های محیطی توصیه کرد.

(2000). همچنین گزارش‌های متعددی درباره نقش حفاظتی پیش‌تیمار بذر در شرایط تنش خشکی وجود دارد. هیو و همکاران (Hu *et al.*, 2006) دریافتند که پیش‌تیمار بذر باعث افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی در گیاهچه و کاهش تجمع مالون‌دی‌آلدئید در گیاهچه‌های تحت تنش شوری می‌شود. میتلر و زیلینسکاس (Mittler and Zilinskas, 1994) نیز گزارش کردند که در شرایط تنش سرما، خشکی و شوری بر میزان رادیکال‌های اکسیژن و به دنبال آن پراکسیداسیون لیپیدها می‌افزاید و پیش‌تیمار بذر با افزایش قدرت سیستم آنتی‌اکسیدانی، از خسارت شدید تنش می‌کاهد. بذرهای معمولاً در شرایط تنش شوری حاصل از کلرید سدیم نسبت به تنش خشکی حاصل از پلی‌اتیلن-گلایکول قدرت جوانه‌زنی بالاتری دارند (Khajeh-Hosseini *et al.*, 2003) که دلیل آن در تحقیقات به جذب یون‌های Na^+ و Cl^- نسبت داده شده است که طی آن پتانسیل رطوبتی در داخل گیاهچه منفی‌تر شده و گیاهچه قادر به جذب آب بیشتری می‌شود (Kaya *et al.*, 2006). نتایج تحقیقات موریلو آمادور (Murillo-Amador, *et al.*, 2002) بر روی لوبیا چشم بلبلی و دمیر و وان‌دونتر (Demir and Van De Venter, 1999) بر روی هندوانه نیز نشان داد که تنش‌های شوری و خشکی با تأثیر بر جذب آب منجر

منابع

- Abdul-Baki, A.A. and Anderson, J.D. 1973. Relationship between decarboxylation of glutamic acid and vigour in soybean seed. *Crop Science*, 13: 227-232. **(Journal)**
- Afzal, I., Ashraf, S., Qasim, M., Basra, S.M.A. and Shahid, M. 2009. Does halopriming improve germination and seedling vigour in marigold (*Tagetes* spp.). *Seed Science and Technology*, 37: 436-445. **(Journal)**
- Akinola, J.O., Larbi, A., Farinu, G.O. and Odunsi, A.A. 2000. Seed treatment methods and duration effects on germination of wild sunflower. *Experimental Agriculture*, 36: 63-69. **(Journal)**
- Alizadeh, A. 2001. Practical Hydrology principles. Astan Ghods Razavi Press. (In Persian) **(Book)**
- Ashrafi, E. and Razmjoo, K. 2010. Effects of priming on seed germination and field emergence of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Seed Science and Technology*, 38: 675-681. **(Journal)**
- Basra, S.M.A., Farooq, M., Hafeez, K. and Ahmad, N. 2004. Osmohardening: A new technique for rice seed in vigour action. *International Rice Research Notes*, 29: 80-81. **(Journal)**
- Bijanzadeh, E., Nosrati, K. and Egan, T. 2010. Influence of seed priming techniques on germination and emergence of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Seed Science and Technology*, 38: 242-247. **(Journal)**
- Caseiro, R., Bennett, M.A. and Marcos-Filho, J. 2004. Comparison of three priming techniques for onion seed lots differing in initial seed quality. *Seed Science and Technology*, 32: 365-375. **(Journal)**
- Casave, E.C. and Toselli, M.E. 2010. Germination of melon seeds under water and heat stress: Hydropriming and the hydrotim model. *Seed Science and Technology*, 38: 409-420. **(Journal)**

- Cheng, Z. and Bradford, K.J. 1999. Hydrothermal time analysis of tomato seed germination responses to priming treatments. *Journal of Experimental Botany*, 50: 89-99. **(Journal)**
- Demir, I. and Ermis, S. 2003. Effect of controlled hydration treatment on germination and seedling growth under salt stress during development in tomato seeds. *European Journal of Horticulture Science*, 68: 53-58. **(Journal)**
- Demir, I. and Van De Venter, H.A. 1999. The effect of priming treatments on the performance of watermelon (*Citrillus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai) seeds under temperature and osmotic stress. *Seed Science and Technology*, 27: 871-875. **(Journal)**
- Farhoudi, R., Sharifzadeh, F., Poustini, K., Makkizadeh, M.T. and Kochakpor, M. 2007. The effects of NaCl priming on salt tolerance in canola (*Brassica napus*) seedlings grown under saline conditions. *Seed Science and Technology*, 35: 754-759. **(Journal)**
- Farooq, M., Basra, M.S.A., Hafeez, K. and Ahmad, N. 2005. Thermal hardening: a new seed vigour enhancement tool in rice. *Journal of Integrated Plant Biology*, 47: 187-193. **(Journal)**
- Farooq, M., Basra, S.M.A., Rehman, H. and Saleem, B.A. 2008. Seed priming enhances the performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) by improving chilling tolerance late sown. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 94: 55-60. **(Journal)**
- Farzadmehr, J., Ramezani, M., Behbahani, N. and Moeini, N. 2011. The effect of salinity and drought stress on germination characteristics and seedling growth of *Salsola arbuscula*. *Iranian Natural Resources*, 64 (2): 217-227. (In Persian)**(Journal)**
- Ghassemi-Golezani, K., Sheikhzadeh-Mosaddegh, P. and Valizadeh, M. 2008. Effects of hydropriming duration and limited irrigation on field performance of chickpea. *Journal of Seed Science and Research*, 1: 34-40. (In Persian)**(Journal)**
- Grundy, A.C., Phelps, K., Reader, R.J. and Burston, S. 2000. Modeling the germination of *Stellaria media* using the concept of hydrothermal time. *New Phytology*, 148: 433-444. **(Journal)**
- Guerke, W.R., Gutormson, T., Meyer, D., McDonald, M., Mesa, D., Robinson, J.C. and TeKrony, D. 2004. Application of hydro-time analysis in seed testing. *Seed Science and Technology*, 26: 75-85. **(Journal)**
- Hadas, A. 1977. A simple laboratory approach to test and estimate seed germination performance under field conditions. *Agronomy Journal*, 69: 582-588. **(Journal)**
- Harris, D., Tripathi, R.S. and Joshi, A. 2000. On-farm seed priming to improve crop establishment and yield in direct-seeded rice. *Proceedings of the International Workshop on Dry-seeded Rice Technology*, 25-28 January; Manila, Bangkok, Thailand. pp. 383. **(Conference)**
- Hosseini, H. and Rezvani-Moghaddam, P. 2006. The effect of drought and salt stress on fleawort. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 4: 15-23. **(Journal)**
- Hu, J., Xie, X.J., Wang, Z.F. and Song, W.J. 2006. Sand priming improves alfalfa germination under high-salt concentration stress. *Seed Science and Technology*, 34: 199-204. **(Journal)**
- Jajarmi, V. 2008. Effect of water stress on germination indices in seven safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). *Proceedings of the 7th International safflower Conference*. November 3-6. New South Wales, Australia. pp. 1-3. **(Conference)**
- Kaya, M.D., Okc, U.G., Atak, M.C., Ikili, Y. and Kolsarici, O. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24: 291-295. **(Journal)**
- Khajeh-Hosseini, M., Powell, A.A. and Bingham, I.J. 2003. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. *Seed Science and Technology*, 31: 715-725. **(Journal)**
- Li, J., Yinb, L.Y., Jongsmac, M.A. and Wang, C.Y. 2011. Effects of light, hydropriming and abiotic stress on seed germination, and shoot and root growth of pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium*). *Industrial Crop Production*, 34: 1543-1549. **(Journal)**
- Mittler, R. and Zilinskas, B.A. 1994. Regulation of pea cytosolic ascorbate peroxidase and other antioxidant enzymes during the progression of drought stress and following recovery from drought. *Plant Journal*, 5: 397-405. **(Journal)**

- Mojab, M., Zamani, Gh.R., Eslami, S.V., Hoseini, M. and Naseri, A. 2010. Study the effect of salt and drought stresses caused by NaCl and PEG on Pigweed (*hinochloa crus-galli*Var:*oryzicola*). Journal of Plants Production, 24: 108-104. **(Journal)**
- Murillo-Amador, B., Lopez-Aguilar, R., Kaya, C., Larrinaga-Mayoral, J. and Flores-Hernandez, A. 2002. Comparative effects of NaCl and polyethylene glycol on germination, emergence and seedling growth of cowpea. Journal of Agronomy and Crop Science, 188: 235–247. **(Journal)**
- Netondo, G.W., Onyango, J.C. and Beck, E. 2004. Sorghum and salinity: I. Response of growth, water relation, and ion accumulation to NaCl salinity. Crop Science, 44: 797-805. **(Journal)**
- Nirmala, K. and Umarani, R. 2007. Evaluation of seed priming methods to improve seed vigour of okra (*Abelmoschus esculentus*) and beetroot (*Beta vulgaris*). Seed Science and Technology, 36: 56-65. **(Journal)**
- Okcu, G., Kaya, M.D. and Atak, M. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum*). Turkish Journal of Agriculture and Forestly, 29: 237-242. **(Journal)**
- Patane, C., Cavallaro, V. and Cosentino, S.L. 2009. Germination and radicle growth in unprimed and primed seeds of sweet sorghum as affected by reduced water potential in NaCl at different temperatures. Industrial Crop Production, 30: 1–8. **(Journal)**
- Srinivasan, K., Saxena, S. and Singh, B.B. 1999. Osmo- and hydropriming of mustard seeds to improve vigour and some biochemical activities. Seed Science and Technology, 27: 785–793. **(Journal)**
- Tazikeh, N., Dadashi, M.R. and Jafari, M.J. 2013. Study of germination two wheat cultivars under salt and drought stress. Journal of Seed Science and Research, 3 (4): 1-7. (In Persian)**(Journal)**
- Yagmur, M. and Kaydan, D. 2008. Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. African Journal of Biotechnology, 7: 2156–2162. **(Journal)**

Study the efficiency of three seed priming methods for salt and drought stresses tolerance of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in germination and seedling stages

Leila Jahanban¹, Omid Lotfifar², Samaneh Mottaghi^{2*}

Received: December 14, 2015

Accepted: February 20, 2016

Abstract

To study the efficiency of three priming methods to increase salt and drought stress resistant of safflower in germination and early growth, a laboratory experiment was conducted as factorial arranged in completely randomized design with four replications in seed laboratory of Iranian Plant Protection Research Institute. First factor was kind of stress include salt and drought stress, second factor was priming method include hydropriming (treated with water for 6 h), Halopriming (treated with NaCl 100 mM), KNO₃ (0.5%) and no priming as control and third factor was water potential include 0.0, -0.3, -0.6, -0.9 and -1.2 MPa. Too, salt and drought conditions caused by NaCl and PEG respectively. Results showed that both stresses inhibited water uptake, germination percentage, radicle and Plumule length and seedling vigour index, but this criteria significantly were higher in NaCl than PEG at the same water potential. All of three used priming treatments increased germination and seedling growth under salt and drought stresses. By increase of stress intensity, efficiency of priming methods increased too. Hydropriming was more effective than other priming to decrease salt and drought damage in germination and early growth stages and it is suitable and low cost strategy.

Keywords: Drought Stress; Germination rate; Priming; Safflower; Salt Stress

1. Faculty member, Department of Agriculture, Payame noor University, Tehran, Iran

2. Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame noor University, Tehran, Iran

*Corresponding author: samanehmottaghi@yahoo.com