تأثیر هیدروپرایمینگ بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تنش خشکی

مجید عبدلی[1*]، عزت‌اله اسفندیاری[2]

[1]دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

[2]استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۲۸

چکیده

تنش خشکی و پیش‌تیمار کردن بذر تأثیر زیادی بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاهان می‌گذارد. به‌منظور بررسی اثر پیش‌تیمار بذر بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه گندم (رقم الوند) تحت تنش خشکی، آزمایشی طی سال ۱۳۹٤ در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاه مراغه در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول (صفر و ۱۲- بار) و دو سطح پیش‌تیمار بذر (شاهد یا عدم پرایمینگ و هیدروپرایمینگ) بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار هیدروپرایمینگ بر طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه، متوسط زمان جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر گندم در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین مقادیر صفات به جزء متوسط زمان جوانه‌زنی به‌ترتیب در تیمار هیدروپرایمینگ و شاهد (بدون پرایم) بدست آمد. اثر تنش خشکی بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی، صفات اندازه‌گیری شده به طور قابل توجهی کاهش یافتند به طوری که در پتانسیل ۱۲- بار طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه، ضریب آلومتری، درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر گندم به‌ترتیب به میزان ۳۸/۳، ٤٥/۱، ٥٤/۱، ۲/۰ و ۳۹/۵ درصد کاهش یافت اما سبب افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی به میزان ٤۷/۹ درصد شد. به‌طور کلی، هیدروپرایمینگ ویژگی‌های جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه گندم را بهبود داد و توانست تحمل گندم به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: بنیه بذر، پیش‌تیمار بذر، پلی‌اتیلن گلایکول، گندم، وزن خشک گیاهچه.

مقدمه

امروزه کشاورزی با چالش‌های مختلفی مثل تغییرات آب و هوایی و تنش‌های زیستی و غیرزیستی متفاوتی روبه‌رو است. در این بین، تنش خشکی با کاهش میزان جوانه‌زنی، تنزل رشد گیاهچه‌های تولیدی در نهایت تأثیر منفی و مخربی بر عملکرد محصولات زراعی دارد. تنش خشکی به‌وسیله کاهش پتانسیل آب در منطقه ریشه و اختلال در میزان انتقال عناصرغذایی در اندام‌های مختلف گیاهچه سبب افت جوانه‌زنی و کاهش رشد و نمو گیاهچه می‌شود. در شرایط آزمایشگاهی برای اعمال تنش خشکی از پلی‌اتیلن گلایکول[2] استفاده می شود، زیرا این ماده قابلیت ایجاد شرایطی مشابه با شرایط طبیعی تنش خشکی است (Rade and Kar, 1995). تحقیقات مختلفی در مورد پاسخ گیاهان در مرحله جوانه‌زنی به تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول انجام شده است (Hosseini and Rezvani

*نویسنده مسئول: majid.abdoli64@yahoo.com

2. Polyethylene glycol (PEG)

Moghadam, 2006; Akhavan Armaki et al., 2013; Abdi et al., 2015; Abiri et al., 2016; Fakheri et al., 2017). در این ارتباط، Ebadi et al., (۲۰۱۱) بیان کردند که با افزایش تنش خشکی، هر یک از پارامترهای اندازه‌گیری شده مرتبط با جوانه‌زنی به‌طور قابل توجهی کاهش یافتند به طوری که در پتانسیل‌های ٤- و ٦- بار درصد جوانه‌زنی به ٤٨ و ١٦ درصد و سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب به ۵/۷ و ۱/۸ بذر در روز کاهش یافت و در پتانسیل‌های ۸-، ۱۰- و ۱۲- میزان درصد جوانه‌زنی به صفر رسید. آنها گزارش کردند که طول ساقه‌چه نیز نسبت به طول ریشه‌چه کاهش بیش‌تری در مقابل تنش خشکی از خود نشان داد. از سویی Abdi et al., (۲۰۱۵) طی تحقیقات خود بر روی گندم گزارش کردند که بالاترین درصد و سرعت جوانه‌زنی در شرایط نرمال (بدون تنش خشکی) بود ولی اعمال تنش خشکی متوسط معادل با ۳- بار موجب کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی شد، با این حال در تیمار تنش خشکی شدید معادل با ٦- بار به جزء طول ریشه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه سایر صفات رشدی گیاهچه به طور قابل توجهی کاهش یافتند. تحقیقات Dhanda et al., (۲۰۰٤) نشانگر این موضوع بود که بنیه بذر در مقایسه با طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و درصد جوانه‌زنی حساس‌ترین صفت به تنش خشکی است. Hashemi et al., (۲۰۱٤) بیان کردند که با افزایش تنش خشکی (حاصل از پلی‌اتیلن گلایکول) از صفر به ۹- بار، صفات نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه و نسبت وزن خشک به وزن تر گیاهچه افزایش و سایر خصوصیات جوانه‌زنی به‌طور قابل توجهی کاهش یافتند. این کاهش در تمامی صفات مورد ارزیابی در تغییر پتانسیل از ٦- به ۹- بار در حداکثر میزان خود بود.

در این بین، پرایمینگ (پیش‌تیمار کردن بذر) تکنیکی برای بهبود کیفیت ویژگی‌های جوانه‌زنی در بذور محسوب می‌شود (Abutalebian et al., 2008). به بیان دیگر پرایمینگ فنی است که به‌واسطه آن بذور پیش از مواجهه شدن با شرایط محیطی به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را بدست می‌آورند. هدف از پرایمینگ کاستن مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی، بهبود در استقرار گیاهچه و در نهایت بهبود شاخص‌های مرتبط با آن است. در بین انواع روش‌های مختلف پرایمینگ، هیدروپرایمینگ به‌خاطر سهولت و مقرون به‌صرفه بودن در بین کشاورزان از جایگاه خاصی برخوردار است. به طوری که هیدروپرایمینگ از طریق کاهش زمان لازم برای جوانه‌زنی سبب بهبود درصد جوانه‌زنی شده و استقرار گیاهچه را تسریع می‌کند (Windauer et al., 2007). در این راستا، Ghanbari et al., (۲۰۱٦) طی تحقیقات خود بر روی ماش سبز بیان کردند که بیشترین میانگین درصد جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و همچنین شاخص بنیه بذر در تیمار آب مقطر و هیدروپرایمینگ (به‌مدت ٢٤ ساعت) مشاهده شد. همچنین بررسی‌های انجام شده بر روی گندم زمستانه نشان داد که هیدروپرایمینگ سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی شد (Giri and Schilinger, 2003). Javanmard et al., (۲۰۱٤) طی بررسی‌های خود اظهار کردند که تمامی صفات جوانه‌زنی در بذرهای پرایم نشده، در سطوح تنش خشکی بیشتر از ٦- بار متوقف شد ولی جوانه‌زنی بذرهای پرایم شده حتی تا تنش خشکی شدید ١٤- بار نیز مشاهده شد. از سویی Seyedi et al., (۲۰۱۳) بیان کردند که پرایمینگ روشی مؤثر در بهبود قوه نامیه بذر است که می‌تواند منجر به افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و افزایش توانایی بذور در جوانه‌زنی تحت شرایط نامناسب محیطی مثل تنش خشکی شود. بیان شده که پرایمینگ با افزایش میزان و سرعت فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش، موجب کاهش واکنش‌های پراکسیداسیون لیپیدها طی جوانه‌زنی شده و موجب افزایش سرعت فعالیت‌های مرتبط با جوانه‌زنی و به طبع درصد جوانه‌زنی می‌شود (Hasanzadeh Kahal Sofla et al., 2012). به نظر می‌رسد که پیش‌تیمار کردن سبب

سازگاری گیاه با شرایط تنش می‌شود به طوری که بدلیل فعالیت مناسب‌تر برخی از آنزیم‌ها در بذر، قابلیت دسترسی به اندوخته غذایی در طی فرآیند جوانه‌زنی بهتر شده و این بذور (بذور پیش‌تیمار شده) توانایی کامل کردن فرآیند جوانه‌زنی را در شرایط تنش دارند (Nonami et al., 1994). با توجه به موارد بیان شده، هدف از اجرای این تحقیق بررسی اثر پیش‌تیمار بذر (هیدروپرایمینگ) بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه گندم تحت تنش خشکی حاصل از پلی‌اتیلن گلایکول است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر هیدروپرایم بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی بذور تحت شرایط تنش خشکی، آزمایشی در آزمایشگاه تحقیقاتی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه مراغه در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹٤ بر روی گندم رقم الوند انجام شد. به‌خاطر اینکه رقم فوق بیشتر مورد کشت و زرع زارعین منطقه قرار می‌گیرد برای این مطالعه انتخاب شد. بذرهای این رقم از موسسه تحقیقات دیم کشور در مراغه تهیه گردید.

به‌طور کلی تیمارهای این آزمایش شامل دو سطح پرایمینگ (۱) شاهد (عدم پرایمینگ یا بذر خشک) و (۲) هیدروپرایمینگ و همچنین دو سطح تنش خشکی حاصل از پلی‌اتیلن گلایکول (صفر و ۱۲- بار) بودند. برای ایجاد سطح تنش خشکی ۱۲- بار از ۳۰۲ گرم پلی‌اتیلن گلایکول ٦۰۰۰ (PEG-6000) در یک لیتر آب مقطر استفاده شد. میزان پلی‌اتیلن گلایکول مصرفی برای ایجاد پتانسیل لازم از رابطه زیر بدست آمد (Michel Burlyn and Kaufmann, 1973).

$$QS = -(1.18\times10^{-2})C - (1.18\times10^{-4})C^2 + (2.67\times10^{-4})CT + (8.39\times10^{-7})C^2T$$ (رابطه ۱):

QS پتانسیل اسمزی بر حسب بار، C غلظت پلی‌اتیلن گلایکول ٦۰۰۰ برحسب گرم در لیتر، T دما بر حسب سانتی‌گراد

برای هیدروپرایم کردن، بذور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شدند. پس از این مدت بذور پیش‌تیمار شده بر روی پارچه تمیز پهن شدند تا در دمای محیط خشک شوند. پس از خشک شدن بذور پرایم شده به همراه بذر خشک (عدم پرایم) آماده آزمون بودند که برای انجام آزمایش ابتدا پتری‌دیش‌های[1] ۹ سانتی‌متری به‌منظور جلوگیری از آلودگی شسته شده و در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شدند. سپس تعداد ۵۰ بذر در هر پتری‌دیش که در کف آن یک عدد کاغذ صافی قرار داده شد بود، کشت شدند. برای پتری‌دیش‌های بدون تنش (صفر بار) مقدار ۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید در حالی که برای اعمال شرایط تنش خشکی مقدار ۸ میلی‌لیتر از محلول پلی‌اتیلن گلایکول با پتانسیل ۱۲- بار به سایر پتری‌دیش‌ها اضافه گردید. در نهایت پتری‌دیش‌ها به ژرمیناتور که در دمای ۲±۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ٥±٦۰ درصد تنظیم شده بود انتقال یافتند.

در طول اجرای آزمایش، شمارش بذور جوانه‌زده به‌طور روزانه و در ساعت معینی انجام شد و بذوری که ریشه‌چه آنها قابل رویت و به ۲ میلی‌متر رسیده بودند به‌عنوان بذور جوانه‌زده شمارش شدند. شمارش تا روز هفتم ادامه یافت و بعد از این مدت تمامی گیاهچه‌های موجود در هر پتری‌دیش، برداشت شدند و سپس در آون الکتریکی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤۸ ساعت قرار داده شد تا خشک شوند و پس از آن وزن خشک گیاهچه با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر از روابط زیر استفاده شد:

1. Petri dish

(رابطه ۲): درصد جوانه‌زنی (Agrawal, 1991)

$$PG = (Ni / N) \times 100$$

PG درصد جوانه‌زنی، Ni تعداد بذور جوانه‌زده تا روز i ام، N تعداد کل بذر

(رابطه ۳): متوسط زمان جوانه‌زنی (Ellis and Roberts, 1981; ISTA, 2003)

$$MGT = \Sigma DNi / \Sigma N$$

MGT متوسط زمان جوانه‌زنی، Ni تعداد بذر جوانه‌زده در روز i ام، D تعداد روزها، ΣN تعداد کل بذور جوانه‌زده

(رابطه ٤): شاخص بنیه بذر (Abdul-Baki and Anderson, 1970)

$$SVI = (PG \times PDW) / 100$$

SVI شاخص بنیه بذر، PG درصد جوانه‌زنی و PDW وزن خشک گیاهچه بر حسب میلی‌گرم (مجموع وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه)

(رابطه ۵): نسبت طولی ریشه‌چه به ساقه‌چه

$$R/S = RL / SL$$

R/S نسبت طولی ریشه‌چه به ساقه‌چه، RL طول ریشه‌چه بر حسب سانتی‌متر، SL طول ساقه‌چه بر حسب سانتی‌متر

(رابطه ٦): ضریب آلومتری

$$AL_i = SDW / RDW$$

AL_i ضریب آلومتری، SDW وزن خشک ساقه‌چه بر حسب میلی‌گرم، RDW وزن خشک ریشه‌چه بر حسب میلی‌گرم

در نهایت برای محاسبات و تجزیه آماری داده‌های بدست آمده از نرم‌افزار SAS ver. 8 استفاده شد و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel ver. 10 بهره گرفته شد.

نتایج و بحث

طول گیاهچه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر پرایمینگ و تنش خشکی بر روی طول گیاهچه گندم به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود، با این حال اثر متقابل دو تیمار فوق بر صفت یاد شده معنی‌دار نبود (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که در اثر هیدورپرایمینگ میزان طول گیاهچه افزایش قابل توجهی یافت به طوری که از ١٤/٤ سانتی‌متر در شرایط شاهد (عدم پرایمینگ) به ۱۷/۲ سانتی‌متر در بذور پیش‌تیمار شده رسید (شکل ۱ الف). مطابق با نتایج این تحقیق، بررسی انجام شده بر روی گیاه جو نشان داد که هیدروپرایمینگ سبب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و در نهایت طول گیاهچه شد (Joudi and Sharifzadeh, 2006). همچنین Hsu and Sung (۱۹۹۷) گزارش کردند که پرایمینگ سبب افزایش میزان آنتی اکسیدان‌ها مثل گلوتاتیون و آسکوربات در بذر می‌شود که این ترکیبات می‌توانند میزان پراکسیداسیون لیپیدها را طی جوانه‌زنی کاهش دهند و در نتیجه سبب افزایش خصوصیات رشدی مثل طول و وزن گیاهچه و افزایش درصد جوانه‌زنی شوند.

نتایج نشانگر این مطلب بود که در اثر تنش خشکی طول گیاهچه به میزان ۳۸/۳ درصد کاهش یافت. به طوری که بیشترین میزان طول گیاهچه در شرایط عدم تنش برابر با ۱۹/۵ سانتی‌متر بود که در اثر تنش خشکی (معادل با ۱۲- بار) کاهش یافت و به مقدار ۱۲/۰ سانتی‌متر رسید (شکل ۲ الف). در همین راستا، نتایج تحقیقات Fakheri et al., (۲۰۱۷) نشان داد که افزایش پتانسیل اسمزی یا منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی منجر به کاهش صفات مرتبط با جوانه‌زنی مخصوصاً طول ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌شود. از سویی Ebadi et al., (۲۰۱۱) اعلام کردند که طول ساقه‌چه

نسبت به طول ریشه‌چه کاهش بیشتری در مقابل تنش خشکی داشت که این امر منجر به کاهش طول گیاهچه در شرایط تنش خشکی شد. همچنین Jahanban et al., (۲۰۱٦) گزارش کردند که هر دو تنش خشکی و شوری بر میزان جذب آب، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاه گلرنگ اثر منفی داشتند.

نتایج همبستگی بین صفات جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی گیاهچه در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج حاصل از همبستگی بین صفات نشان داد که طول گیاهچه همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن خشک گیاهچه، شاخص بنیه بذر و ضریب آلومتری دارد در حالی که این صفت همبستگی منفی با متوسط زمان جوانه‌زنی و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه دارد (جدول ۲). این بدان معنی است که گیاهچه‌های با وزن خشک و طول بیشتر از بذوری حاصل شده‌اند که دارای بنیه قوی‌تری هستند، به بیان دیگر بذور با بنیه بالاتر دارای توانایی تولید گیاهچه‌هایی با جثه و وزن بیشتر می‌باشند.

وزن خشک گیاهچه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمارهای پرایمینگ بذر و تنش خشکی بر روی وزن خشک گیاهچه گندم به‌ترتیب در سطوح پنج و یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ × تنش خشکی بر صفت یاد شده غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشانگر این مطلب بود که با اعمال هیدروپرایمینگ میزان وزن خشک گیاهچه‌های تولیدی افزایش یافت به طوری که سبب افزایش ۳۵/۷ درصدی صفت فوق شد (شکل ۱ ب). در این راستا، بیان شده که پرایمینگ با تحت تأثیر قرار دادن فرآیندهای مرتبط با جوانه‌زنی و همچنین واکنش‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاهچه موجب افزایش جذب آب و افزایش وزن تر و خشک گیاهچه می‌شود (Basra et al., 2006). در تحقیق دیگری گزارش شده که افزایش وزن خشک گیاهچه (مجموع وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه) در اثر افزایش سطوح هیدروپرایمینگ ممکن است به‌خاطر افزایش سنتز آنزیم‌های هیدرولیکی باشد که موجب افزایش پویایی ذخایر بذر و راندمان تبدیل ذخایر پویا شده باشد (Sivritepe et al., 2003). از طرفی Rasaei et al., (2017) گزارش کردند که در اثر هیدروپرایمینگ میزان وزن تر و طول گیاهچه نخود فرنگی به میزان ۷۵/٤ و ۳۰/۱ درصد افزایش یافت.

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که در اثر اعمال تنش خشکی میزان وزن خشک گیاهچه تنزل یافت و از ۲۵۵ میلی‌گرم در شرایط عدم تنش (صفر بار) به ۱٤۰ میلی‌گرم در شرایط تنش خشکی (۱۲- بار) رسید به بیان دیگر کاهش ٤۵/۱ درصدی در اثر اعمال تنش خشکی در وزن خشک گیاهچه رخ داد (شکل ۲ ب). مطابق با این نتایج، Hassani (۲۰۰۵) گزارش کردند که در گیاه ریحان با کاهش پتانسیل آب، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و همچنین وزن تر گیاهچه کاهش یافت. از سویی Gholinezhad (۲۰۱۷) در بررسی صفات مرتبط با جوانه‌زنی گیاه دارویی شوید در سطوح مختلف خشکی گزارش کرد که تنش خشکی برابر با ۳- و ٤- بار منجر به کاهش وزن خشک گیاهچه به‌ترتیب به میزان ۸۷ و ۹۵ درصد شد. Seyedi et al., (۲۰۱۳) بیان کردند که با افزایش تنش خشکی از صفر تا ۱۲- بار، خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی از جمله وزن گیاهچه کاهش یافت ولی این کاهش در بذور پرایم نشده به مراتب بیشتر از بذور پرایم شده بود.

متوسط زمان جوانه‌زنی: بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که اثر تیمارهای پرایمینگ و تنش خشکی اعمال شده با پلی‌اتیلن گلایکول به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد بر متوسط زمان جوانه‌زنی بذور گندم معنی‌دار بود (جدول ۱). بر همین اساس نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در اثر هیدروپرایمینگ از متوسط زمان مورد نیاز جهت جوانه‌زنی بذور کاسته شد به طوری که کاهش ۱٦/۹ درصدی متوسط زمان جوانه‌زنی را در پی

داشت (شکل ۱ پ). بذور در هنگام کاشت مدت زمان قابل توجهی را صرف جذب آب می‌کنند، احتمالاً در بذور پرایم شده چون برخی از فعل و انفعالات مرتبط با جوانه‌زنی تسریع می‌یابد بنابراین این بذور توانایی جوانه‌زنی سریع‌تر در مدت زمان کوتاه‌تری را دارند.

نتایج نشان داد که در اثر اعمال تنش خشکی بر متوسط زمان جوانه‌زنی بذور به میزان ٤٧/٩ درصد افزوده شد به بیان دیگر در اثر تنش خشکی از سرعت جوانه‌زنی کاسته شده است (شکل ۲ پ). کاهش جذب آب توسط بذر در اثر افزایش تنش خشکی سبب کاهش هدایت هیدرولیکی می‌گردد و در نتیجه فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی مرتبط با جوانه‌زنی در بذر تحت تأثیر قرار می‌گیرد که این امر احتمالاً سبب کاهش میزان سرعت جوانه‌زنی تحت این شرایط می‌گردد. کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی با افزایش تنش خشکی در بسیاری از گیاهان زراعی مثل گندم نان (Abdi et al., 2015)، رازیانه و زنیان (Fakheri et al., 2017) گزارش شده است، به طوری که کاهش سرعت جوانه‌زنی طی تنش خشکی را با کاهش پتانسیل آب و کاهش دسترسی بذور به آب مرتبط دانسته‌اند. در این راتباط Maleki Narg Mousa et al., (۲۰۱۵) در بررسی تأثیر تنش خشکی حاصل از پلی‌اتیلن گلایکول بر برخی از مولفه‌های جوانه‌زنی گلرنگ اظهار کردند که تنش خشکی اعمال شده (برابر با ٤- و ۸- بار) منجر به کاهش قابل توجه درصد و سرعت جوانه‌زنی شد. از سویی Seyedi et al., (۲۰۱۳) گزارش کردند که در اثر افزایش شدت تنش خشکی (از صفر به ۱۲- بار) درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. همچنین Safaei and Ghadiri (۲۰۰٦) طی تحقیقات خود بر روی ارقام مختلف گندم بیان نمودند که سرعت جوانه‌زنی با افزایش تنش رطوبتی رابطه معکوسی دارد به طوری که با افزایش شدت تنش خشکی به‌مدت زمان لازم جهت جوانه‌زنی بذور افزوده می‌شود و بذور دیرتر جوانه زده و ظاهر می‌شوند.

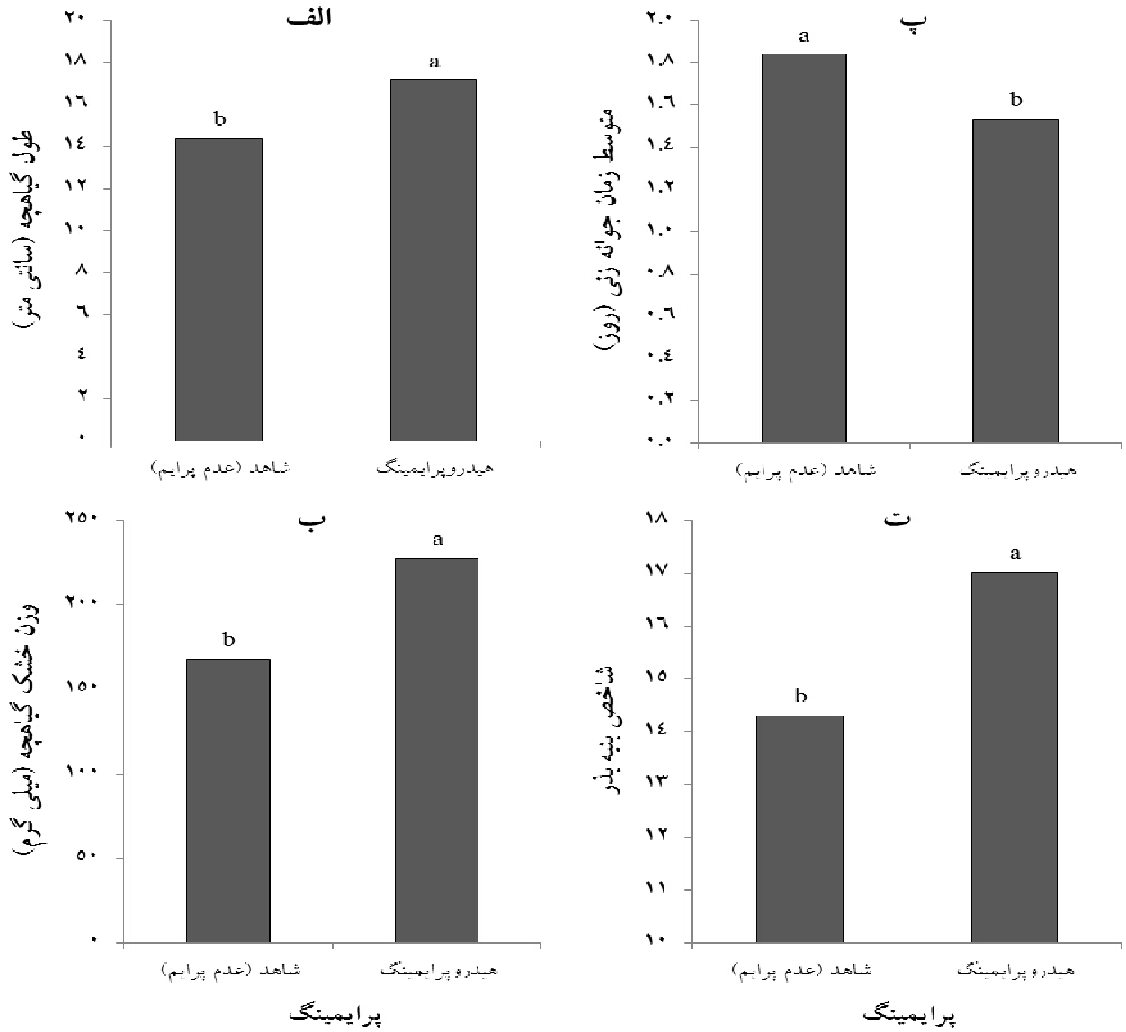
جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد بررسی تحت تیمارهای پرایمینگ و تنش خشکی در گیاهچه گندم.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		طول گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	متوسط زمان جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی
پرایمینگ	۱	۲۳/۲ *	۱۰۷٤۰/۱ *	۰/۲۸۵ *	۱/۳۳ ns
تنش خشکی	۱	۱٦۸/۰ **	۳۹۷۹۰/۱ **	۱/۲۷٤ **	۱۲/۰ *
پرایمینگ × تنش خشکی	۱	۱٦/۱ ns	۷۳۵۰/۸ ns	۰/۱۹۰ ns	۱/۳۳ ns
خطا	۸	٤/٤۷	۱٦۸۱/۲	۰/۰۵۳	۲/٦۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۳/٤	۲۰/۷	۱۳/٦	۱/٦۵

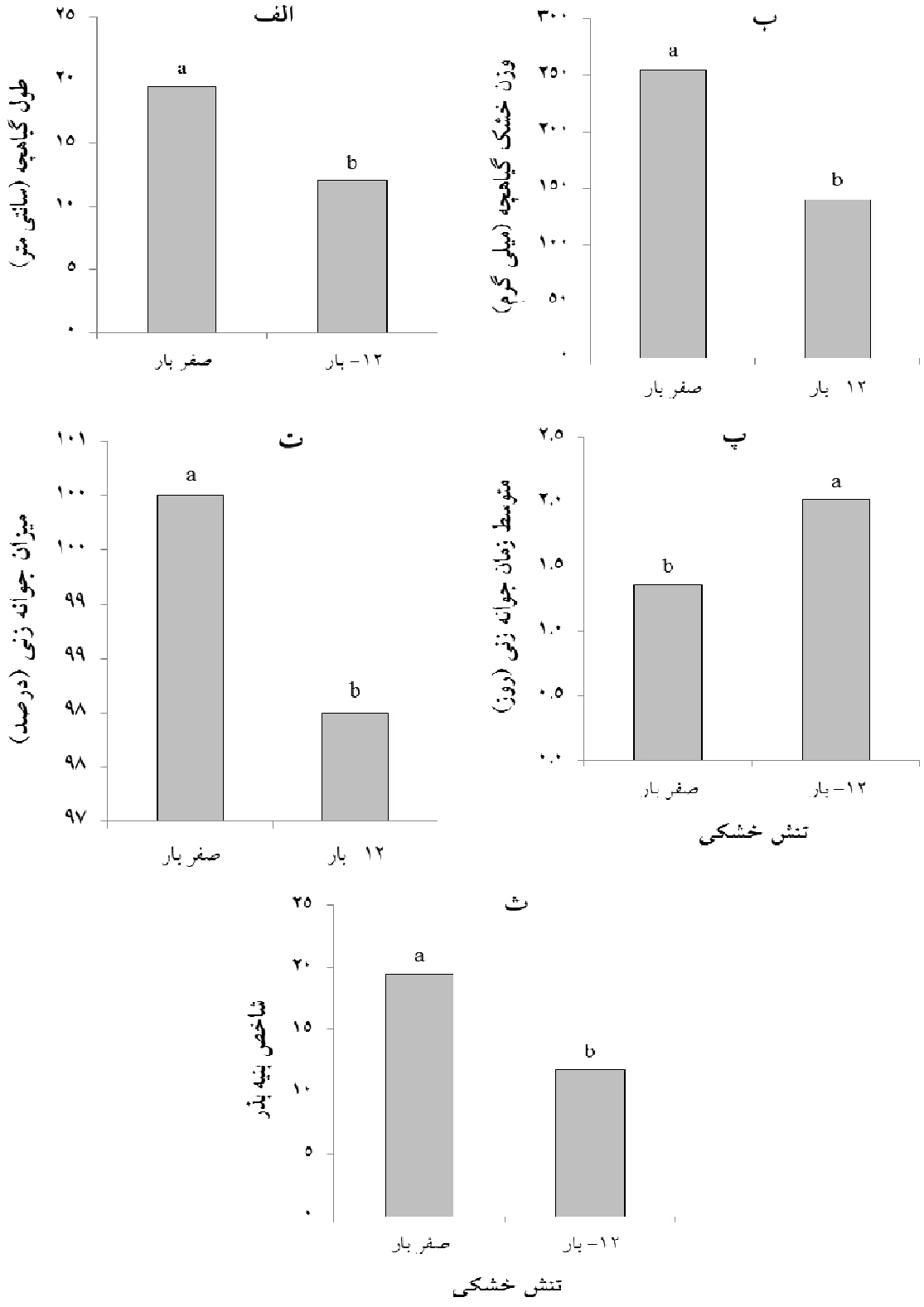
ادامه جدول ۱.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		شاخص بنیه بذر	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	ضریب آلومتری
پرایمینگ	۱	۲۲/۱ *	۱/۲٦ ns	۰/۰۰۹ ns
تنش خشکی	۱	۱۷۸/٦ **	۱٦۳/۵ **	۰/۸٤۸ **
پرایمینگ × تنش خشکی	۱	۱۷/۰ ns	۲/۵۷ ns	۰/۰۳۷ ns
خطا	۸	٤/۳۹	٤/۷۳	۰/۰۱۲
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۳/٤	۲۳/۸	۱۵/٤

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد.



شکل ۱: مقایسه میانگین اثر هیدروپرایمینگ بر طول گیاهچه (الف)، وزن خشک گیاهچه (ب)، متوسط زمان جوانه‌زنی (پ) و شاخص بنیه بذر (ت) گندم. میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر تنش خشکی حاصل از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ (PEG-6000) بر طول گیاهچه (الف)، وزن خشک گیاهچه (ب)، متوسط زمان جوانه‌زنی (پ)، درصد جوانه‌زنی (ت) و شاخص بنیه بذر (ث) گندم. میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

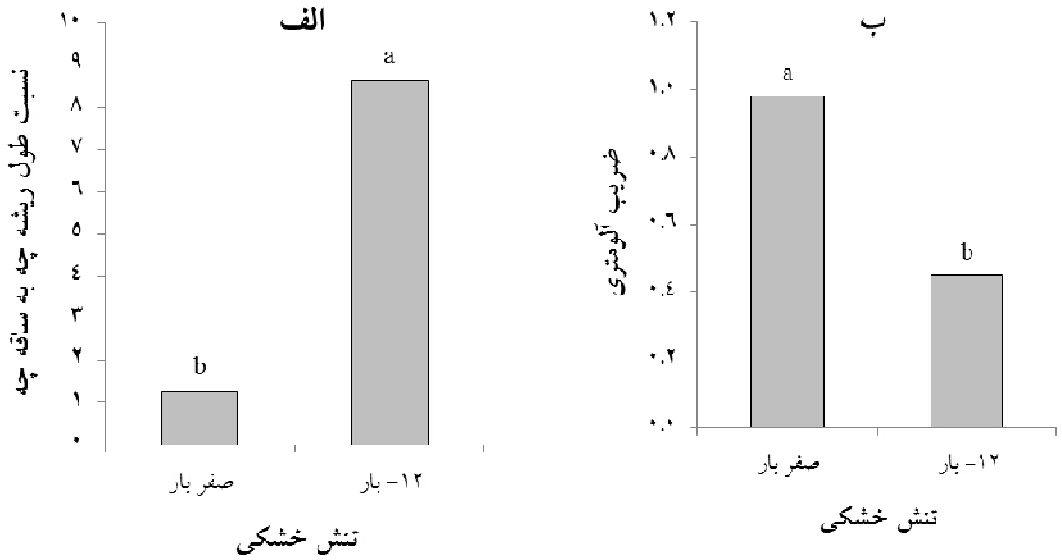
درصد جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فقط اثر تنش خشکی بر روی درصد جوانه‌زنی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود و اثر ساده پرایمینگ و همچنین اثرات متقابل پرایمینگ × تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار نبود (جدول ۱). بر همین اساس، نتایج مقایسه میانگین نشانگر این مطلب بود که در اثر تنش خشکی اعمال شده میزان جوانه‌زنی بذور کاهش یافت (شکل ۲ ت). از آنجا که مرحله جوانه‌زنی با جذب آب شروع می‌شود، پس کمبود آب در این مرحله بسته به‌مدت و شدت تنش خشکی می‌تواند موجب عدم جوانه‌زنی و یا کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی شود (Kafi et al., 2005; Ebadi et al., 2011). مطابق با نتایج این تحقیق، Abdi et al., (۲۰۱۵) بیان کردند که با اعمال تنش خشکی (۳- و ٦- بار) درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. جوانه‌زنی شامل مراحل متابولیک هیدرولیز آنزیمی مواد ذخیره‌ای و ساخته شدن بافت‌های جدید با استفاده از مواد هیدرولیز شده است. احتمالاً کاهش درصد جوانه‌زنی به‌خاطر کاهش سرعت جذب آب طی تنش خشکی باشد. به طوری که تنش خشکی با محدود کردن جذب آب توسط بذر بر روی فرآیندهای متابولیتی، فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده ذخایر بذر و انتقال ذخایر تأثیر گذاشته که در نهایت افت جوانه‌زنی را در پی داشته است (Fernandez, 1992). از سوی دیگر ممکن است سطوح بالای تنش خشکی بر روی ساختمان سه بعدی آنزیم‌ها تأثیر منفی گذاشته باشد و سبب تخریب و کاهش کارکرد آنها شده باشد که این امر نیز می‌تواند یکی از دلایل اصلی کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی باشد (Bradford, 1995). در راستای نتایج این تحقیق Jafarnezhad et al., (۲۰۰۹) طی تحقیقات خود بر روی چهار ژنوتیپ گندم گزارش کردند که کاهش پتانسیل آب منجر به کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۷۷ و ٤۳ درصد شد. همچنین Fakheri et al., (۲۰۱۷) اظهار کردند که تیمار عدم تنش بیشترین و تیمار تنش خشکی (٦/۵- بار) کمترین درصد جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند. آنها گزارش کردند که با افزایش پتانسیل اسمزی یا منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت.

شاخص بنیه بذر: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای پرایمینگ و تنش خشکی بر شاخص بنیه بذر در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با هیدروپرایم کردن بذور شاخص بنیه بذر افزایش یافت در حالی که با اعمال تنش خشکی از میزان صفت یاد شده کاسته گردید (شکل ۱ ت، شکل ۲ ث). در راستای نتایج این مطالعه، Joudi and Sharifzadeh (۲۰۰٦) در آزمایشی روی جو نشان دادند که هیدروپرایمینگ سبب افزایش شاخص بنیه بذر شد. همچنین نتایج بدست آمده توسط Seyedi et al., (۲۰۱۳) نشان می‌دهد که هیدروپرایمینگ می‌تواند بنیه گیاهچه‌های گلرنگ را نسبت به شاهد افزایش دهد که این امر می‌تواند راهکار مناسبی جهت سبز شدن یکنواخت، استقرار مناسب گیاهچه‌ها و در پی آن افزایش تولید گیاه باشد. همچنین Jahanban et al. (۲۰۱٦) طی تحقیقات خود بر روی گلرنگ اظهار کردند که در هر دو شرایط تنش خشکی و شوری، تأثیر هیدروپرایمینگ بذر بر کاهش خسارات ناشی از تنش‌ها بر خصوصیات جوانه‌زنی بیشتر از هالوپرایمینگ بود و می‌تواند به‌عنوان راهکار کم هزینه و سودمند به کار گرفته شود.

همبستگی بین صفات نشانگر این مطلب بود که شاخص بنیه بذر ارتباط مثبت و معنی‌داری با طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و ضریب آلومتری دارد (جدول ۲). با توجه به این نتایج، می‌توان از صفات طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و ضریب آلومتری به جای صفت شاخص بنیه بذر جهت بررسی و مطالعه گیاهان در شرایط های مختلف محیطی بهره گرفت.

نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که فقط اثر ساده تنش خشکی بر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در سطح یک درصد معنی‌دار بود و اثر ساده پرایمینگ و اثر متقابل پرایمینگ × تنش خشکی بر صفت فوق معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، مشخص شد که تنش خشکی سبب افزایش ۵ برابری صفت نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه شد (شکل ۳ الف). در رابطه با تأثیر تنش خشکی بر نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه نتایج متفاوتی توسط محققین گزارش شده است به‌طور مثال Abdi et al., (۲۰۱۵) اظهار کردند که با افزایش تنش خشکی نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه گندم کاهش یافت که این کاهش از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود. از طرفی Akhavan Armaki et al., (۲۰۱۳) طی تحقیقات خود بر روی سه گیاه مرتعی *Agropyron trichophorum* گزارش کردند که تنش خشکی بر نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه معنی‌دار بود به طوری که سطوح خشکی برابر با ۳-، ٦- و ۹- بار به‌ترتیب سبب افزایش نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه از ۰/٦٦٧ (شاهد) به ۰/۷٦۱، ۰/۸۲۱ و ۱/۱۷ شدند. کاهش رشد طولی ساقه‌چه و افزایش رشد طولی ریشه‌چه از مکانیسم‌های کلیدی است که گیاهان مختلف در مواجهه با تنش خشکی بروز می‌دهند. در شرایط تنش خشکی هر چه نسبت ریشه به اندام هوایی افزایش یابد بهتر و مناسب است زیرا در این حالت، میزان رشد ریشه نسبت به قسمت هوایی افزایش می‌یابد و سیستم ریشه گیاه می‌تواند آب مورد نیاز را از حجم بیشتری بدست آورد و نشان‌دهنده تحمل بیشتر است.

ضریب آلومتری: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده پرایمینگ بر ضریب آلومتری غیرمعنی‌دار بود در حالی که اثر ساده تنش خشکی بر صفت فوق در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در این بین اثر متقابل پرایمینگ × تنش خشکی بر ضریب آلومتری معنی‌دار نشد (جدول ۱). تخصیص ماده خشک انباشته شده در بذر به دو قسمت ریشه‌چه و ساقه‌چه (اندام هوایی) هنگام جوانه‌زنی فرآیندی پیچیده است که می‌تواند پتانسیل نهایی تولید گیاه را در شرایط تنش تحت تأثیر قرار دهد (McMichael and Quisenberry, 1991). ضریب آلومتری بیانگر نسبت وزن خشک ساقه‌چه به ریشه‌چه است. به طوری که هر چه این ضریب بیشتر باشد بیانگر بیشتر بودن وزن خشک ساقه‌چه به ریشه‌چه است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در اثر تنش خشکی میزان ضریب آلومتری کاهش یافت به طوری که از ۰/۹۸ در شرایط کنترل (صفر بار) به ۰/٤٥ در شرایط تنش خشکی (۱۲- بار) رسید (شکل ۳ ب). مطابق با نتایج این تحقیق Zeinali et al., (۲۰۰۲)، Mashi and Galeshi (۲۰۰۷) و Gholami et al., (۲۰۱۰) به‌ترتیب در بررسی خصوصیات جوانه‌زنی کلزا، جو و ماشک گزارش کردند که با افزایش میزان تنش از مقدار ضریب آلومتری کاسته شد. احتمالاً تنش خشکی با تحت تأثیر قرار دادن انتقال مواد ذخیره شده از آندوسپرم بذر به محور جنینی و همچنین اثر گذاشتن بر تخصیص ماده خشک به دو قسمت ریشه‌چه و ساقه‌چه سبب کاهش ضریب آلومتری می‌گردد. به طوری که در این تحقیق با گسترش بیشتر ریشه‌چه به طبع مقدار ماده تخصیص داده شده به آن در شرایط تنش خشکی بیشتر از ساقه‌چه بوده که این امر سبب کاهش ضریب آلومتری در این مطالعه شده است.



شکل ۳: مقایسه میانگین اثر تنش خشکی حاصل از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ (PEG-6000) بر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه (الف) و ضریب آلومتری (ب) گندم. میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۲: همبستگی بین صفات مورد بررسی تحت تیمارهای پرایمینگ و تنش خشکی در گیاهچه گندم.

پارامترها	طول گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	متوسط زمان جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	ضریب آلومتری
طول گیاهچه	۱						
وزن خشک گیاهچه	۰/۸۹**	۱					
متوسط زمان جوانه‌زنی	-۰/۹۵**	-۰/۸۱ **	۱				
درصد جوانه‌زنی	۰/۴۴ns	۰/۵۰ ns	-۰/۲۸ ns	۱			
شاخص بنیه بذر	۱/۰۰**	۰/۹۰**	-۰/۹۴**	۰/۴۷ ns	۱		
نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	-۰/۷۹ **	-۰/۶۰ *	۰/۷۳**	-۰/۳۲	-۰/۷۸ **	۱	
ضریب آلومتری	۰/۶۲ *	۰/۵۴ ns	-۰/۵۸*	۰/۴۴ ns	۰/۶۳ *	-۰/۸۸ **	۱

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با اعمال تنش خشکی تمامی شاخص‌های مرتبط با جوانه‌زنی کاهش یافت. تیمار هیدروپرایمینگ سبب بهبود پارامترهای جوانه‌زنی شد. با توجه به سهولت استفاده و ارزان بودن، این

روش پیش‌تیمار کردن می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مؤثر جهت بهبود جوانه‌زنی و پارامترهای رشـدی گیاهچـه گنـدم مورد استفاده قرار گیرد.

Reference

Abdi, H., Bihamta, M.R., Aziz-Ov, E., and Chogan, R. 2015. Investigation effect of drought stress level of PEG 6000 on seed germination principle and its relation with drought tolerance index in promising lines and cultivars of bread wheat (*Triticum. aestivum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research. 12(4): 582-596. (In Persian).

Abdul-Baki, A.A., and Anderson, J.D. 1970. Viability and leaching of sugars from germinating barley. Crop Science. 10: 31-34.

Abiri, R., Zebarjadi, A.R., Ghobadi, M., and Kaivan Kafashi, A. 2016. Investigation of drought tolerance of barley genotypes during germination stage using polyethylene glycol. Journal of Plant Researches (Iranian Journal of Biology). 29(2): 395-406. (In Persian).

Abutalebian, M.A., Sharifzadeh, F., Jahansooz, M.R., Ahmadi, A., and Naghavi, M.R. 2008. Effect of seed priming in wheat (*Triticum aestivum* L.) differing climates Iran Tuesday on germination, seedling growth and yield. Iranian Journal of Field Crop Science. 39(1): 145-154. (In Persian).

Agrawal, R.L. 1991. Seed Technology. Oxford and IBH, Publishing. 258 p.

Akhavan Armaki, M., Hashemi, M., Azarnivand, H., Asareh, M.H., Jafari, A.A., and Tavili, A. 2013. Effect of water stress on the germination and seedling growth of three genotypes of rangeland species *Agropyron trichophorum*. Desert Ecosystem Engineering Journal. 2(2): 9-14. (In Persian).

Basra, A.S., Farooq, M., Afzal, I., and Hussain, M. 2006. Influence of osmopriming on the germination and early seedling growth of coarse and fine rice. International Journal of Agriculture Biology. 8: 19-21.

Bradford, K.J. 1995. Water Relations in Seed Germination. In: Kigel, J. and Galili, G. (Eds.), Seed Development and Germination, Marcel Dekker, Inc, New York, pp: 351-396.

Dhanda, S.S., Sethi, G.S., and Behl, R.K. 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. Journal of Agronomy and Crop Science. 19(1): 6-12.

Ebadi, M.T., Azizi, M., and Farzaneh, A. 2011. Effect of drought stress on germination factors of four improved cultivars of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). Journal of Plant Production. 18(2): 119-131. (In Persian).

Ellis, R.A., and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology. 9: 373-409.

Fakheri, B.A., Mousavi Nick, S.M., and Mohammadpour Vashvaei, R. 2017. Effect of drought stress induced by polyethylene glycol on germination and morphological properties of fennel and ajowan. Journal of Crop Science Research in Arid Regions. 1(1): 35-50. (In Persian).

Fernández, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceedings of the International Symposium on "Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress", Taiwan, 13-16 Aug. pp: 257-270.

Ghanbari, M., Mansour Ghanaei Pashaki, K., Safaei Abdolmanaf, S., and Aziz Ali-Abadi, Kh. 2016. Effect of salt stress and hydropriming on germination characteristics of Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). Iranian Journal of Pulses Research. 7(1): 65-80. (In Persian).

Gholami, P., Ghorbani, J., Ghaderi, S., Salarian, F., and Karimzadeh, A. 2010. Evaluation of germination indices of tropical vetch (*Vicia monantha*) in salinity and drought conditions. Journal of Rangeland. 4(1): 1-11. (In Persian).

Gholinezhad, E. 2017. The effect of different levels of drought stress on traits related to germination and seedling growth of dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Seed Research. 6(4): 57-71. (In Persian).

Giri, G.S., and Schilinger, W.F. 2003. Seed priming winter wheat for germination, emergence, and yield. Crop Science. 43: 2135-2141.

Hasanzadeh Kahal Sofla, S., Taheri, G., and Mehrzad, J. 2012. Priming effects on germination of sweet corn (*Zea mays* cv. Basin) under sodium chloride stress. Seed Science and Technology. 2(1): 62-70. (In Persian).

Hashemi, M., Azarnivand, H., Asareh, M.H., Jafari, A.A., and Tavili, A. 2014. Study effect of water stress on the germination and seedling growth of three genotypes of rangeland species *Agropyron podperae*. Journal of Rangeland. 8(3): 212-218. (In Persian).

Hassani, A. 2005. Polyethylene glycol induced water stress on basil seed. Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research of Iran. 4(21): 535-544. (In Persian).

Hosseini, H., and Rezvani Moghadam, P. 2006. Effect of water and salinity stress in seed germination on Isabgol (*Plantago ovata*). Iranian Journal of Agricultural Researches. 4(1): 15-22. (In Persian).

Hsu, J.L., and Sung, J.M. 1997. Antioxidant role of glutathione associated with accelerated aging and hydration of triploid watermelon seeds. *Physiologia Plantarum*. 100(4): 967-974.

ISTA. 2003. Handbook for Seedling Evaluation. 3rd edition, International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland. 223 p.

Jafarnezhad, A., Taheri, G., and Rahchamanie, A.A. 2009. Study of drought tolerance in four wheat genotypes, at germination stage. Environmental Stresses in Agricultural Sciences. 2(1): 73-85. (In Persian).

Jahanban, L., Lotfifar, O., and Mottaghi, S. 2016. Study the efficiency of three seed priming methods for salt and drought stresses tolerance of safflower (*Cartthamus tinctorius* L.) in germination and seedling stages. Iranian Journal of Seed Science and Research. 3(2): 27-39. (In Persian).

Javanmard, Z., Tabari Koochaksaraee, M., and Ahmadloo, F. 2014. Effect of osmopriming on germination and physiological qualitative characteristic of *Pinus eldarica* Medw seed under drought stress. Journal of Plant Researches (Iranian Journal of Biology). 27(3): 395-405. (In Persian).

Joudi, M., and Sharifzadeh, F. 2006. Investigation of hydropriming effects on barley cultivars. Journal of Desert. 11(1): 99-109. (In Persian).

Kafi, M., Nezami, A., Hosseini, H., and Massumi, A. 2005. The physiological effects of drought stress induced by PEG 6000 on germination of lentil genotypes. Iranian Journal of Field Crops Researches. 3: 69-81. (In Persian).

Maleki Narg Mousa, M., Balouchi, H.R., and Attarzadeh, M. 2015. Effect of seed priming on some germination traits and seedling growth of safflower under drought stress. Iranian Journal of Seed Research. 2(1): 1-9. (In Persian).

Mashi, A., and Galeshi, S.A. 2007. The effect of salinity on germination indexes of four Hull-less barley genotypes. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 13(6): 68-75. (In Persian).

McMichael, B.L., and Quisenberry, J.E. 1991. Genetic variation for root-shoot relationships among cotton germplasm. Environmental and Experimental Botany. 31(4): 461-470.

Michel Burlyn, E., and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology. 51: 914-916.

Nonami, H., Tanimoto, K., Tabuchi, A., Fukwjama, T., and Hashimoto, Y. 1994. Salt stress under hydroponic conditions causes changes in cell wall extension during growth. Hydroponics and Transplant Production. 396: 91-98.

Rade, D., and Kar, R.K. 1995. Seed germination and seedling growth of mange bean (*Vigna vadiata*) under water stress induced by PEG 6000. Seed Science and Technology. 23: 301-308.

Rasaei, B., Jalali-Honarmand, S., Rasaei, A., and Abdoli, M. 2017. Effect of seed pre-treatment with water and ultraviolet radiation on some growth and physiological characteristics of pea (*Pisum sativum* L.). Journal of Seed Research. 7(3): 49-60. (In Persian).

Safaei, H., and Ghadiri, H. 2006. The effect of different moisture potentials on germination and seedling development in wheat. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 19: 37-42. (In Persian).

Seyedi, M., Hamzei, J., Bourbour, A., Dadrasi, V., and Sadeghi, F. 2013. Effect of hydro-priming on germination properties and seedling growth of the safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress. Journal of Agronomy Sciences. 5(8): 63-76. (In Persian).

Sivritepe, N., Sivritepe, H.O., and Eris, A. 2003. The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedling grown under saline conditions. Scientia Holticuturae. 97: 229-237.

Windauer, L., Altuna, A., and Benech-Arnold, R. 2007. Hydrotime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. Industrial Crops and Products. 25(1): 70-74.

Zeinali, E., Soltani, A., and Galeshi, S. 2002. Response of germination of components to salinity stress in oilseed Rape (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Agricultural Sciences. 33(1): 137-145. (In Persian).

Journal of Seed Research, Vol. 8, No. 3, Autumn 2018

The effects of hydro-priming on germination and growth characteristics of wheat seedling (*Triticum aestivum* L.) under drought stress

Abdoli, M.[1*], Esfandiari, E.[2]

[1]Ph.D. of Crop Physiology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

[2]Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

Abstract

Drought stress and seed pre-treatment has a major influence on germination characteristics of plants. In order to investigate the effects of pre-treatment of seed on germination and growth characteristics of wheat seedling (*Triticum aestivum* L.; *cv.* Alvand) under drought stress, an experiment was conducted based on completely randomized design with three replications in Research Laboratory of University of Maragheh, Iran in 2015. Treatments included two levels of drought stress induced by polyethylene glycol (0 and -12 bar, PEG-6000) and two levels of pre-treatment of seed (control or non-priming and hydro-priming). The results showed that the effect of hydro-priming treatment was significant on seedling length, seedling dry weight, mean germination time and seed vigor index of wheat ($p < 0.05$). The highest and the lowest values of the traits, except for the mean germination time, were obtained in hydro-priming and control (non-priming) treatments, respectively. The effect of drought stress on all studied traits was significant. Increase of drought stress significantly decreased the measured characteristics. So that, seedling length, seedling dry weight, allometry index, germination percentage and seed vigor index of wheat in -12 bar water potentials decreased to 38.3, 45.1, 54.1, 2.0 and 39.5 percent, respectively. But, increased mean germination time by 47.9 percent. In general, hydro-priming improved germination and growth characteristics of wheat seedling under drought stress conditions and increased the resistance of wheat to drought stress in germination phase.

***Keywords*:** Polyethylene glycol (PEG), seedling dry weight, seed pre-treatment, seed vigor, wheat.

[*]Corresponding authors; majid.abdoli64@yahoo.com