

تأثیر تنش خشکی انتهای فصل بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد هتروتروفیک گیاهچه ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.)

زهرة مولوی^۱، عباس بیابانی^۲، علی نخزری مقدم^۳، علی راحمی کاریزکی^{۴*}

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس

۲. دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس

۳ و ۴. استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۵)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد هتروتروفیک بذر ارقام مختلف گندم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۶ تکرار در سال ۹۶-۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل بذر ۵ رقم گندم‌های آفتاب، قابوس، کوه‌دشت، کریم و لاین ۱۷ و تنش خشکی در چهار سطح شامل عدم تنش خشکی (شاهد)، تنش خشکی جزئی (۲۵٪ تخلیه ظرفیت زراعی)، تنش خشکی شدید (۵۰٪ تخلیه ظرفیت زراعی) و تنش خشکی خیلی شدید (۷۵٪ تخلیه ظرفیت زراعی) بودند. نتایج نشان داد اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری تنها بر وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و قدرت بذر معنی‌دار شد. همبستگی مثبت معنی‌دار بین وزن خشک ساقه‌چه، طول ساقه‌چه و قدرت بذر در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد، لذا می‌توان بیان داشت تنش خشکی می‌تواند قدرت بذر ارقام مختلف گندم را، به شدت تحت تأثیر قرار دهد به گونه‌ای که قدرت بذر ارقام مختلف در هر سطحی از تنش خشکی، متفاوت بود. اثر رقم نیز بر تمام صفات به استثنای وزن خشک ریشه‌چه معنی‌دار شد. با توجه به اثر ناچیز و قابل اغماض تنش خشکی بر اکثر صفات جوانه‌زنی می‌توان نتیجه گرفت عامل ژنتیک بذر نسبت به اعمال تنش خشکی بر روی بوته‌های مادری، به مراتب اثر بیشتری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد هتروتروفیک گیاهچه بذور گندم دارد.

واژه‌های کلیدی: ریشه‌چه، ساقه‌چه، قدرت بذر، وزن خشک.

The effect of end seasonal drought stress on germination parameters and seedling heterotrophic growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars

Z. Molavi¹, A. Biabani², A. Nakhzari Moghadam³, A. Rahemi-Karizaki^{4*}

1. Graduated MSc in Agroecology, Department of Plant Production, Gonbad Kavous University, Iran

2. Associate professor, Department of Plant Production, Gonbad Kavous University, Iran

3 and 4. Assistance professor, Department of Plant Production, Gonbad Kavous University, Iran

(Received: Mar. 12, 2019 – Accepted: Jun. 15, 2020)

Abstract

In order to investigate the effect of drought stress on germination parameters and heterotrophic growth of different wheat cultivars, a factorial experiment was carried out in a completely randomized design with 6 replications in a research greenhouse of Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e- Kavous in 2016-2017. The treatments were included wheat cultivars in 5 levels (Aftab, Qaboos, Kohdasht, Karim and Line 17) and drought stress in four levels (full irrigation as the control, slight water stress (25% water depletion of field capacity), intensive water stress (50% water depletion of field capacity) and very intensive water stress (75% water depletion of field capacity). The results of this experiment showed that maternal drought stress was significant only on radicle dry weight, plumule dry weight and seed vigor. There was a significant positive correlation between plumule dry weight, plumule length and seed vigor. It can be said that drought stress can greatly affect the seed vigor of different wheat cultivars. So that seed vigor of different cultivars was different at each stress level. The effect of cultivar was significant on all traits except radicle dry weight. Therefore, germination and seedling growth were more affected by cultivars. Regarding the negligible effect of drought stress on most germination traits, it can be concluded that genetic than environment (maternal drought stress) had a more effective effect on germination and heterotrophic characteristics of seedlings of wheat seeds.

Keywords: Radicle, plumule, dry weight, seed vigor.

* Email: alirahemi@yahoo.com

(Galloway, 2001).

یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر در کاهش بنيه بذر، وقوع تنش رطوبتی در طی نمو بذر می‌باشد. در اثر کمبود آب انتقال مواد جذب شده از برگ‌ها به طرف دانه کاهش می‌یابد و چون تنش خشکی در این دوره همراه با گرماس، باعث چروکیده شدن دانه‌ها می‌شود (Nourmohammadi *et al.*, 2001; Abhari and Galeshi, 2007).

شناسایی عوامل بیوفیزیکی، بیوشیمیایی و ژنتیکی مؤثر بر قدرت بذر جهت تحمل تنش‌های محیطی و همچنین شناخت کیفیت بذر، راهنمای مناسبی جهت استفاده از روش‌های اصلاحی به منظور تولید بذرهای با کیفیت بالا محسوب می‌شوند (Rasmussen and Lin, 2008).

تحقیقات بر روی سه رقم گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) آبیاری شامل آبیاری پس از ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A بود، تاثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی در این گیاه نداشت. همچنین در این مطالعه حداکثر قدرت بذر، تحت تاثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت و تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر در زمان زودتری به حداکثر قدرت بذر دست یافت (Ghassemi and Oskooyi, 2008). همچنین در آزمایشی تاریخ کاشت و اثرات تنش خشکی بر گیاه مادری، روی بنيه بذر ۵ رقم کلزا بررسی شد و مشخص گردید اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی معنی‌دار نبود،

تاریخ کاشت‌های اولیه بیشترین گیاهچه‌های غیر عادی کلزا (*Brassica napus* L.) را تولید کردند و رقم ساریگل نسبت به ارقام لیکورد، اپرا، الیت و مودنا بالاترین میانگین جوانه‌زنی روزانه، کمترین میانگین زمان لازم برای جوانه‌زنی، گیاهچه‌های غیر عادی، همچنین بیشترین کیفیت بذر و بنيه را داشت (Otarodi *et al.*, 2009). مطالعات اولیه در استان گلستان نشان داده است در برخی از سال‌ها

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین گیاه زراعی می‌باشد. گیاهی است تک‌لپه، علفی و یک‌ساله از تیره غلات (*Poaceae*) که از زمان اهلی شدن تاکنون همواره از اهمیت خاصی برخوردار بوده و بیش‌ترین سطح زیر کشت را در بین محصولات زراعی به خود اختصاص داده است (Yarnia *et al.*, 2011). به طور کلی نقش اساسی بذر در کلیه گیاهان استمرار حیات و حفظ بقا از طریق ایجاد افراد (بوت‌های) جدید است و جوانه‌زنی بذر نخستین گام در راستای این نقش تلقی می‌گردد. امروزه پذیرفته شده است که ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر شامل درصد، سرعت و یکنواختی از طریق تغییر سرعت استقرار و بنيه رشد گیاهچه‌ها و همچنین تراکم بوت‌ها بر بازدهی تولید گیاهان زراعی تأثیر می‌گذارند و استفاده از بذور با کیفیت فیزیولوژیک (بنيه رشد) بالاتر به افزایش بازدهی تولید منجر می‌شود (Yaklich, 1984; Ghassmi *et al.*, 1997; Yarnia *et al.*, 2011). به طور کلی عواملی مانند ژنتیک، ذخایر بذر، محیط و تغذیه بر روی گیاه مادری جوانه‌زنی بذر حاصل را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Moshatati *et al.*, 2008).

عوامل مهم و مؤثر محیطی در تولید بذر (به‌خصوص در زمان گل‌دهی، رسیدگی و برداشت بذر) شامل دما، رطوبت نسبی هوا و بارندگی است (Wood *et al.*, 1980; Longden, 1986). در بسیاری از گونه‌های گیاهی، عوامل محیطی مؤثر بر بوت‌های مادری یا محیط رشد بذر روی گیاه مادر ممکن است تنوع فنوتیپی بذر را افزایش دهد (Cook and Scott, 1993). شرایط محیطی گیاه پایه پدری و مادری به طور مستقل بر خصوصیات بذر مؤثر هستند و محیط والدین بر درصد جوانه‌زنی نسبت به تعداد روزهای جوانه‌زنی (میانگین مدت زمان جوانه‌زنی) اثر بیشتری دارد

فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۶ تکرار در سال ۹۶-۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس در ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی انجام شد. فاکتور اول ارقام گندم شامل کریم، کوهدشت، لاین ۱۷، قابوس و آفتاب و فاکتور دوم تنش خشکی در چهار سطح شامل عدم تنش خشکی (شاهد)، تنش خشکی جزئی (۲۵٪ ظرفیت زراعی)، تنش خشکی شدید (۵۰٪ ظرفیت زراعی) و تنش خشکی خیلی شدید (۷۵٪ ظرفیت زراعی) بود. عملیات کاشت در اواخر آبان ماه ۱۳۹۵ انجام شد. برای تهیه خاک، از خاک مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه گنبد کاووس استفاده شد. براساس آنالیز فیزیکی و شیمیایی خاک، بافت خاک لوم سیلتی بود (جدول ۱).

کشت گندم دیم اغلب با تنش خشکی انتهای فصل برخورد می کند که باعث کاهش عملکرد گندم از طریق کاهش وزن دانه می گردد، از طرفی اکثر کشاورزان از این بذور برای کشت در سال های بعد استفاده می کنند، بنابراین بررسی قدرت و کیفیت این بذور ضروری می باشد. هدف از انجام این آزمایش بررسی ویژگی های جوانه زنی و رشد هتروتروفیک گیاهچه ارقام مختلف گندم دیم می باشد که تحت شرایط تنش های مختلف خشکی رشد کرده اند.

مواد و روش ها

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر ویژگی های جوانه زنی ارقام مختلف گندم، آزمایشی به صورت

جدول ۱- برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی متری)

Table 1- Some physical and chemical characteristics of the soil used in the test (depth 0-30) cm

مشخصه Characteristic	مقدار Quantity
شوری EC	1.19
اسیدیته pH	7.9
مواد خنثی شونده Neutralizing agents (%)	9.8
کربن آلی Organic Carbon (%)	0.68
نیتروژن کل Total nitrogen (%)	0.07
فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus (ppm)	13.4
پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium (ppm)	356
رس Clay (%)	15
لای Silt (%)	64
ماسه Sand (%)	21

زراعی ۱۳۱۲ سی سی، ۵۰٪ ظرفیت زراعی ۸۹۵ سی سی و ۲۵٪ ظرفیت زراعی ۴۴۷/۵ سی سی در نظر گرفته شد. نحوه‌ی اعمال تنش به این صورت بود که گلدان‌ها روزانه وزن می‌شدند و در هنگام نیاز به اندازه اختلاف از وزن مرجع، به آن‌ها آب اضافه می‌شد. در پایان آزمایش و پس از رسیدگی دانه، بوته‌ها از سطح خاک برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند و دانه‌ها از کاه و کلش به صورت دستی جدا شدند. سپس آزمایش جوانه‌زنی استاندارد و رشد گیاهچه انجام شد.

برای آزمون رشد گیاهچه برای هر تیمار ۴ تکرار ۳۰ بذری انتخاب و روی یک خط در داخل سه لایه حوله کاغذی به روش ساندویچ قرار گرفته و به مدت یک هفته در ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس گیاهچه‌های نرمال با استفاده از تیغ اسکالپ (جراحی) از باقیمانده بذر (کوتیلیدون‌ها) به دقت جدا شدند و طول گیاهچه و طول ریشه‌چه با استفاده از خط کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد. در ادامه برای اندازه‌گیری وزن خشک، ریشه‌چه و ساقه‌چه را جداگانه در داخل پاکت قرار داده و به آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت انتقال یافت و سپس نمونه‌ها با کمک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شدند (ISTA, 2018).

شاخص بنیه بذر (رابطه ۱) از حاصلضرب درصد جوانه‌زنی نهائی (درصد جوانه‌زنی در روز آخر) در طول گیاهچه بدست آمد (Agrawal, 2003).

رابطه ۱ = شاخص بنیه بذر (شاخص ویکور بذر) / طول گیاهچه × درصد جوانه‌زنی نهائی

میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) از رابطه ۲ به دست آمد:

رابطه ۲ $MGT = \sum fx / \sum f$

در این فرمول f تعداد دانه‌های جوانه زده و x زمان

بذرها در گلدان‌های پلاستیکی که دارای قطر ۲۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر بودند، کاشته شد. گلدان‌ها با محتوای ۵ کیلوگرم خاک با ترکیبی از دوسوم خاک سرند شده و یک سوم کود حیوانی برای جلوگیری از سله بستن خاک پر شدند. در هر گلدان ۷ بذر در عمق سه سانتی‌متر قرار داده شد و پس از سبز شدن، با تنک کردن تعداد سه بوته در هر گلدان باقی گذاشته شد. با توجه به آزمایش خاک، برای رفع نیاز کودی گندم کود اوره به خاک اضافه گردید. با توجه به مساحت گلدان، کود ازت در اوایل کاشت قبل از جوانه‌زنی و بعد از مرحله ساقه‌دهی به صورت محلول استفاده شد. مصرف کود با توجه به متوسط آمار عملکرد ۱۰ ساله غلات و توصیه ایستگاه تحقیقات گنبد کاووس ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار (۱۵ گرم در مترمربع)، در نظر گرفته شد. تمام گلدان‌ها روزانه تا رسیدن به ظرفیت زراعی آبیاری شدند. عملیات داشت شامل وجین (علف‌های هرز) به صورت دستی در هر گلدان، مبارزه با بیماری زنگ زرد (در مرحله سنبله‌دهی با استفاده از سم تیلت (پروپیکونازول) به مقدار ۵ سی سی در یک لیتر آب) و مبارزه با آفات انواع شته و ملخ (با سم مالاتیون به میزان ۴ سی سی در نیم لیتر آب به صورت اسپری) بود. اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی تا رسیدگی (Zadoks et al., 1974) صورت گرفت.

برای تعیین مقادیر آب در هر گلدان ابتدا مقدار ۳۰/۱۴ گرم خاک در داخل آون در درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از ۲۴ ساعت وزن خاک خشک تعیین شد. سپس خاک خشک شده در گلدانی ریخته شده و به آرامی و تا حد اشباع آب به آن اضافه شد و پس از خارج شدن کامل آب ثقلی که تقریباً بین ۲۴ تا ۴۸ ساعت طول کشید، گلدان توزین شد و پس از کسر وزن گلدان و خاک خشک، مقدار آب نگهداری شده در ظرفیت زراعی تعیین شد (Saxton et al., 1986). در شرایط ظرفیت زراعی میزان آب در هر گلدان ۱۷۹۰ سی سی محاسبه شد و به همین ترتیب برای ۷۵٪ ظرفیت

برش دهی اثرات متقابل ارقام در هر سطح تنش خشکی نشان داد صفات میانگین زمان جوانه زنی و سرعت جوانه زنی در تمام سطوح تنش در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۲).

سرعت جوانه زنی

نتایج مقایسه میانگین در شرایط عدم تنش نشان داد از نظر سرعت جوانه زنی بین ارقام، تنوع قابل توجهی وجود دارد به نحوی که این دامنه از ۸/۰۸ در رقم آفتاب تا ۱۱/۵۰ در رقم کریم مشاهده شد، اما در سطوح تنش خشکی، ارقام آفتاب و لاین ۱۷ به ترتیب با ۸/۰۷ و ۹/۳۸ دانه در روز نسبت به سایر ارقام از کم ترین سرعت جوانه زنی برخوردار بودند (جدول ۳). مشاهده میانگین سرعت جوانه زنی ارقام در هر یک از سطوح تنش نشان دهنده اختلاف ناچیزی در سرعت جوانه زنی ارقام در سطوح مختلف تنش می باشد که میباید این مطلب است که ژنوتیپ بیشتر از عوامل محیطی (خشکی) بر سرعت جوانه زنی تأثیر می گذارد. از طرف دیگر علت افزایش ناچیز سرعت جوانه زنی می تواند به دلیل افزایش نسبت سطح به حجم بذور به دلیل ضخامت پوسته بذر باشد که سبب آبیگری بیشتر و جوانه زنی سریع تر شده است و دلیل دیگر آن ممکن است پویایی بیشتر مواد در بذور تنش دیده باشد که سبب جوانه زنی سریع تر بذور شده است. سرعت جوانه زنی یکی از مهمترین شاخص های ارزیابی ارقام در تحمل به خشکی می باشد، به گونه ای که ارقام با سرعت جوانه زنی بالا در شرایط تنش خشکی امکان سبز شدن سریع تری نسبت به سایر ارقام دارند. در تحقیقی نشان داده شد که رقم رباط در عدس (*Lens culinaris L.*)، از سرعت جوانه زنی بالایی نسبت به دیگر ارقام برخوردار است. بنظر می رسد سرعت جوانه زنی بیشتر در برخی رقم ها بخاطر سرعت جذب آب بیشتر در آنها می باشد (Kaffi et al., 2005).

می باشد (Orchard, 1977).

درصد جوانه زنی = تعداد بذر جوانه زده از کل بذر $\times 100$
(Scott et al., 1984).

سرعت جوانه زنی بذر (رابطه ۳) با استفاده از روش ماگوئر (Maguire, 1962) برابر با نسبت Ni/Ti است که در آن Ni تعداد بذرهای جوانه زده در هر روز و Ti تعداد روزهای پس از کاشت بدست می آید (روز اول تا روز دهم)

$$GR = \sum Ni/Ti \quad \text{رابطه ۳}$$

ابتدا نرمال بودن داده ها مورد آزمون قرار گرفت، تمام داده ها به جزء وزن ساقچه و وزن ریشه چه نرمال بودند. بنابراین برای نرمال کردن داده های وزن ساقچه و ریشه چه از لگاریتم استفاده گردید. تجزیه واریانس داده ها به رویه Proc Anova و مقایسه میانگین ها با کمک آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد با نرم افزار آماری SAS نسخه (9.3) انجام شد (Soltani, 2015). همچنین برای رسم شکل ها از نرم افزار اکسل ۲۰۱۳ استفاده شد. برای صفاتی که اثر متقابل آنها معنی دار شد از روش برش دهی (مجموع مربعات سطوح یک عامل در هر سطح عامل دیگر) در تجزیه واریانس استفاده شد. برای صفاتی که اثر متقابل بر روی آن ها معنی دار نبود تنها به مقایسه میانگین سطوح هر عاملی که معنی دار شده بود؛ اکتفا شد.

نتایج و بحث

تأثیر تنش خشکی بر ویژگی های جوانه زنی ارقام

گندم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم و اثر متقابل رقم و خشکی بر میانگین زمان جوانه زنی و سرعت جوانه زنی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود اما اثر تنش خشکی بر هیچ یک از صفات مورد مطالعه در سطح ۵ درصد معنی دار نشد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذور ارقام گندم تحت شرایط مختلف تنش خشکی بر روی بوته‌های مادری

Table 2- Analysis of variance of drought stress on germination parameters of wheat cultivars under different drought stress conditions on native plants

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	درصد جوانه‌زنی Germination	میانگین زمان جوانه‌زنی Average	سرعت جوانه‌زنی Germination rate
خشکی Drought	3	33.33 ^{ns}	0.17 ^{ns}	2.58 ^{ns}
رقم Cultivar	4	62.7*	12.43**	132.07**
خشکی × رقم Cultivar×Drought	12	51.5 ^{ns}	2.02**	28.89**
خطا Error	60	27.73 ^{ns}	3.43 ^{ns}	50.02 ^{ns}
c.v.(%)		4.93	9.03	9.20

برش دهی اثر متقابل مجموع مربعات ویژگی‌های جوانه‌زنی در هر سطح تنش

Cutting the interaction of sum of squares germination parameters at each stress level

تنش Stress	درجه آزادی DF	میانگین زمان جوانه‌زنی mean germination	سرعت جوانه‌زنی Germination rate
عدم تنش full irrigation	3	1.78**	25.89**
25% stress	3	4.83**	38.70**
50% stress	3	3.06**	34.52**
75% stress	3	4.77**	61.83**

علامت * و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns: عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

**and * indicate significant difference at 1% and 5% confidence level and ns: non-significant difference

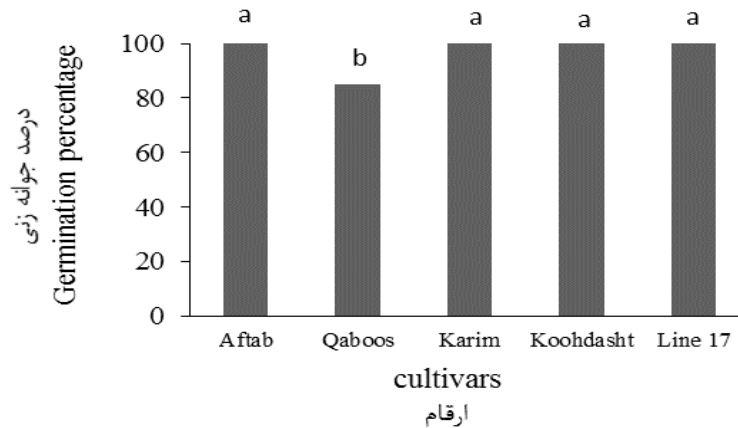
درصد و میانگین زمان جوانه‌زنی

نتیجه تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دار بودن اثر رقم بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال پنج درصد بود اما اثر خشکی و همچنین اثر متقابل رقم و خشکی معنی‌دار نشد و بدین معناست که درصد جوانه‌زنی، بیشتر متأثر از ویژگی‌های ژنتیکی ارقام می‌باشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که رقم قابوس نسبت به سایر ارقام، دارای درصد جوانه‌زنی پایین‌تری است در حالی که ارقام کوه‌دشت و کریم با ۱۰۰٪ جوانه‌زنی نسبت به سایر ارقام توانایی بالاتری را نشان دادند (شکل ۱).

مقایسه میانگین زمان جوانه‌زنی ارقام نشان داد رقم آفتاب و لاین ۱۷ در تمام سطوح تنش از بیشترین میانگین زمان جوانه‌زنی نسبت به سایر ارقام برخوردار بودند (جدول ۳). با توجه به همبستگی منفی و معنی‌داری که بین سرعت و میانگین زمان جوانه‌زنی وجود دارد می‌توان بیان داشت میانگین زمان جوانه‌زنی رابطه معکوسی با سرعت جوانه‌زنی دارد، ارقام دارای سرعت جوانه‌زنی بالاتر، امکان جوانه‌زنی سریع‌تری دارند (جدول ۶). مشاهده نتایج میانگین زمان جوانه‌زنی نیز نتایج به‌دست آمده از سرعت جوانه‌زنی را تایید می‌کند. نتایج مطالعه اسکویی و

نیز بیان داشتند قابلیت حیات و درصد جوانه زنی بذر که تعیین کننده کیفیت بذر است علاوه بر عوامل محیطی تا حد زیادی به ژنوتیپ وابسته است.

دیوسالار (Oskouie and Divsalar, 2011) نیز نشان داد درصد جوانه زنی به طور معنی داری تحت تأثیر رقم قرار گرفت. کانتراس و همکاران (Contreras et al., 2008)



شکل ۱- مقایسه میانگین درصد جوانه زنی بذور تحت شرایط تنش ۲۵٪ تخلیه ظرفیت زراعی (ستون های با حروف مشابه از نظر آماری در یک گروه قرار دارند)

Figure 1- Comparison of the mean of germination percentage of seeds under 25% yield stress conditions (Columns of the same letters are statistically within a group)

جدول ۳- مقایسه میانگین سرعت و میانگین زمان جوانه زنی

Table 3- Comparison of mean speed and mean germination time

Stress تنش	عدم تنش full irrigation		۲۵٪ تنش 25% stress		۵۰٪ تنش 50% stress		۷۵٪ تنش 75% stress	
	میانگین زمان جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	میانگین زمان جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	میانگین زمان جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	میانگین زمان جوانه زنی	سرعت جوانه زنی
	Mean germination time (Day)	Germination rate (Seed per day)	Mean germination time (Day)	Germination rate (Seed per day)	Mean germination time (Day)	Germination rate (Seed per day)	Mean germination time (Day)	Germination rate (Seed per day)
آفتاب Aftab	3.12 ^a	8.077 ^c	3.09 ^a	8.1700 ^b	3.21 ^a	8.2700 ^b	3.09 ^a	8.2150 ^b
قابوس Qabus	2.75 ^b	9.167 ^{bc}	2.05 ^c	10.2925 ^a	2.18 ^b	11.6250 ^a	2.16 ^c	11.8325 ^a
کریم Karim	2.24 ^c	11.5000 ^a	2.34 ^a	11.0800 ^a	2.43 ^b	10.7300 ^a	2.32 ^b	11.1675 ^a
کوهدشت Kuhdasht	2.57 ^c	10.1750 ^b	2.23 ^b	11.5400 ^a	2.45 ^b	10.6250 ^a	2.18 ^c	11.7500 ^a
لاین ۱۷ Line 17	2.90 ^b	9.3825 ^b	3.28 ^a	8.325 ^b	3.03 ^a	8.5575 ^b	3.31 ^a	7.8500 ^b
میانگین Means	2.72	9.6602	2.59	9.8815	2.66	9.9615	2.612	10.163

Numbers with the same letters are in a statistical group

اعداد با حروف مشابه در یک گروه آماری قرار دارند.

درصد و بر قدرت بذر در سطح پنج درصد معنی دار بود. همچنین اثر متقابل رقم و خشکی تنها بر صفات طول ساقه چه و لگاریتم وزن خشک ریشه چه در سطح احتمال یک درصد و بر قدرت بذر در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۴).

تأثیر تنش خشکی بر ویژگی های جوانه زنی ارقام گندم در مرحله گیاهچه ای

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ارقام گندم در سطوح مختلف تنش نشان داد که اثر رقم بر تمام صفات به استثنای لگاریتم وزن خشک ریشه چه در سطح یک درصد معنی دار شد، در حالی که تنش خشکی، تنها بر لگاریتم وزن خشک ساقه چه و ریشه چه در سطح یک

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر ویژگی های رشد گیاهچه ای ارقام گندم تحت شرایط مختلف تنش خشکی بر روی بوته های مادری
Table 4- Analysis of variance of drought stress on Seedling growth parameters of wheat cultivars under different drought stress conditions on native plants

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	طول ساقه چه Plumul length	طول ریشه چه Radicle length	لگاریتم وزن ساقه چه Log Plumul weight	لگاریتم وزن ریشه چه Log Radicle weight	روابط آلومتری Allometric Relationship	قدرت بذر Seed Vgour
خشکی Drought	3	7.38 ^{ns}	13.88 ^{ns}	0.0581 ^{**}	0.22 ^{**}	0.0094 ^{ns}	751589.19 [*]
رقم Cultivar	4	229.89 ^{**}	138.93 ^{**}	0.1436 ^{**}	0.02 ^{ns}	1.3291 ^{**}	459795.59 ^{**}
خشکی × رقم Cultivar×Drought	12	40.07 ^{**}	61.01 ^{ns}	0.1571 ^{**}	0.08 ^{ns}	0.1163 ^{ns}	2198219.17 [*]
خطا Error	60	57.30 ^{ns}	185.18 ^{ns}	0.2404 ^{ns}	0.0069 ^{ns}	0.016 ^{ns}	4559001.10 ^{ns}
c.v.		6.85	10.59	6.19	9.00	10.80-	9.05

برش دهی اثر متقابل مجموع مربعات ویژگی های جوانه زنی در هر سطح تنش

Cutting the interaction of sum of squares germination parameters at each stress level

تنش Stress Levels	درجه آزادی DF	طول ساقه چه Plumul length	لگاریتم وزن ساقه چه Log Plumul weight	قدرت بذر Seed Vgour
عدم تنش full irrigation	3	16.00 ^{ns}	0.0836 ^{**}	1878973 ^{**}
۲۵٪ 25% stress	3	819.20 ^{**}	0.0486 [*]	2075174 ^{**}
۵۰٪ 50% stress	3	4.80 ^{ns}	0.0652 ^{**}	1025758 ^{**}
۷۵٪ 75% stress	3	23.80 ^{ns}	0.1032 ^{**}	1816265 ^{**}

علامت * و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns: عدم اختلاف معنی دار می باشد.

**and * indicate significant difference at 1% and 5% confidence level and ns: non- significant difference

این امر مطابق با نتایج آدام و همکاران (Adam et al., 1989) بود اظهار داشتند طول ریشه چه بذرهای تولید شده تحت تأثیر شرایط رشدی بوته های مادری قرار نمی گیرد. آن ها

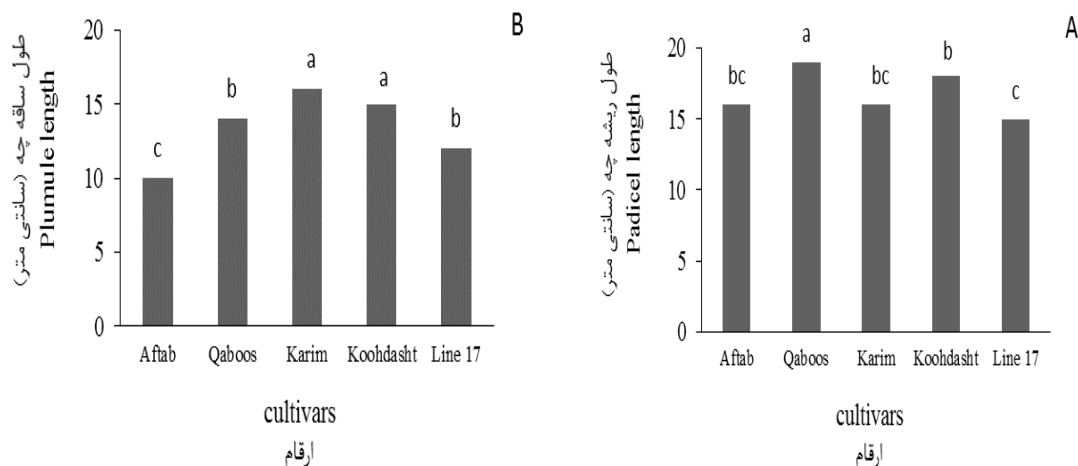
طول ریشه چه و ساقه چه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد تنها اثر رقم در سطح پنج درصد بر طول ریشه چه معنی دار شد (جدول ۴) که

ساقه چه داشت و در سایر سطوح تنش اثر معنی داری بر طول ساقه چه ارقام مشاهده نشد (جدول ۴). مقایسه میانگین طول ساقه چه ارقام گندم در سطح ۲۵٪ ظرفیت زراعی نشان داد ارقام آفتاب و کریم به ترتیب دارای کم ترین و بیش ترین طول ساقه چه بودند (شکل ۲-ب). علت این امر می تواند اختلاف میان ارقام گندم در وزن ذخایر پویا شده بذر، درصد تخلیه ذخایر بذر و کارایی تبدیل آن ها باشد. در برخی آزمایش ها به اختلاف بین ارقام در کارایی استفاده از ذخایر بذری اشاره شده است (Soltani et al., 2001).

اظهار داشتند عوامل ژنتیکی تأثیر بیشتری بر ویژگی های جوانه زنی بذر در مقایسه با شرایط محیطی تولید بذر دارد. نتایج مقایسه میانگین ارقام گندم در مرحله گیاهچه ای نشان داد که دامنه ی تغییرات طول ریشه چه بین ۱۴/۹۰ تا ۱۸/۸۵ سانتی متر بود، به ترتیب در رقم های لاین ۱۷ و قابوس مشاهده شد (شکل ۲-الف).

به دلیل معنی دار شدن اثر متقابل خشکی و رقم بر طول ساقه چه، برش دهی اثر متقابل انجام گردید که حاکی از آن بود که تنش خشکی در سطح ۲۵٪ اثر معنی داری بر طول



شکل ۲- مقایسه میانگین طول ریشه چه (الف) و طول ساقه چه (ب) در گیاهچه ی ارقام گندم تحت شرایط تنش ۲۵٪ تخلیه ظرفیت زراعی
 Figure 2- Comparison of mean radicle length (A) and plumule length (B) in seedlings of wheat cultivars under stress conditions of 25% water depletion of filed capacity

متقابل خشکی و رقم بر وزن خشک ساقه چه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. به دلیل معنی دار شدن اثر متقابل خشکی و رقم بر وزن خشک ساقه چه، برش دهی اثر متقابل انجام گردید که حاکی از آن بود که تنش خشکی در تمام سطوح، اثر معنی داری بر وزن خشک ساقه چه داشت، اما بر وزن خشک ریشه چه تنها اثر خشکی معنی دار گردید (جدول ۴).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین ارقام در سطوح مختلف تنش رقم کریم در تمام سطوح تنش، از بیشترین

با توجه به اینکه بین طول ساقه چه و ریشه چه با قدرت بذر همبستگی مثبت قوی مشاهده شد (جدول ۵)، می توان بیان داشت که طول گیاهچه معیاری از بنیه گیاهچه است. هامپتون و تکرونی (Hampton and tekrony, 1995) در آزمایشی همبستگی قوی بین طول گیاهچه و بنیه بذر را در بسیاری از گونه های گیاهی تایید نمودند، بنابراین طول گیاهچه می تواند معیاری برای ارزیابی بنیه بذر باشد.

وزن خشک ساقه چه و ریشه چه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر خشکی، رقم و اثر

داشتند ژنوتیپ عامل مؤثری بر ویژگی‌های کیفی جوانه‌زنی و رشد اولیه گونه‌ها است. اما می‌توان گفت با افزایش تنش، میانگین وزن خشک ساقه چه ارقام، کاهش یافت. کاهش در وزن خشک ساقه چه تحت تنش خشکی به وسیله سایر محققین نیز گزارش شده است زینعلی و سلطانی (Zeinali and Soltani, 2000) و همچنین اسکندری (Eskandari, 2012) نیز اظهار داشتند کیفیت بذر به شدت به شرایط محیطی دوره نمو، رسیدگی فیزیولوژیکی و پر شدن دانه بوته‌های مادری وابسته است.

وزن خشک ساقه چه نسبت به سایر ارقام برخوردار بود (جدول ۵). همچنین با مشاهده جدول همبستگی می‌توان دریافت که همبستگی مثبت معنی داری بین وزن خشک ریشه چه و وزن خشک ساقه چه وجود دارد (جدول ۶). با توجه به همبستگی مثبت معنی دار بین وزن ساقه چه و طول ساقه چه و قدرت بذر می‌توان نتیجه گرفت اختلاف ژنتیکی ارقام در کارایی استفاده از ذخایر بذری دلیل این امر می‌باشد (جدول ۶) (Zeinali and Soltani, 2000). خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2014) نیز بیان

جدول ۵- مقایسه میانگین وزن ساقه چه و قدرت بذر گیاهچه‌ی ارقام گندم تحت شرایط مختلف تنش خشکی بر روی بوته‌های مادری

Table 5- Comparison of mean plumul weight and seedling vigor of wheat cultivars under different drought stress conditions on native plants

ارقام Cultivar	وزن ساقه چه Plumul weight (mg)	قدرت بذر Seed vigour	وزن ساقه چه Plumul weight (mg)	قدرت بذر Seed vigour	وزن ساقه چه Plumul weight (mg)	قدرت بذر Seed vigour	وزن ساقه چه Plumul weight (mg)	قدرت بذر Seed vigour
آفتاب Aftab	9.50 ^b	2679.96 ^b	8.75 ^c	2400.12 ^c	9.57 ^b	3180.00 ^b	12.12 ^a	2952.72 ^a
قابوس Qabus	11.87 ^a	3403.46 ^a	10.20 ^{bc}	2740.56 ^b	10.54 ^b	3343.52 ^a	8.81 ^b	3233.50 ^a
کریم karim	13.66 ^a	3284.50 ^a	12.37 ^a	3199.50 ^a	12.63 ^a	3242.00 ^{ab}	11.47 ^a	3173.00 ^a
کوه‌دشت kuhdasht	12.61 ^a	3311.00 ^a	11.09 ^{ab}	3292.50 ^a	13.12 ^a	3352.50 ^a	8.30 ^b	3247.00 ^a
لاین ۱۷ Line 17	9.54 ^b	2748.26 ^b	10.09 ^{bc}	2905.00 ^a	10.07 ^b	2736.70 ^c	8.34 ^b	2446.00 ^b
میانگین means	11.436	3085.43	10.50	2907.53	11.186	3170.94	9.80	3010.44

Numbers with the same letters are in a statistical group

اعداد با حروف مشابه در یک گروه آماری قرار دارند.

گرفت در هر چهار سطح تنش، بین ارقام معنی داری مشاهده شد (جدول ۴). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت تنش خشکی، قدرت بذر ارقام مختلف گندم را با وجود تفاوت‌های فیزیولوژیکی، فعالیت‌های بیوشیمیایی و حتی مکانیزم‌های مقاومت، به شدت می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد به گونه‌ای که ارقام مختلف، از نظر قدرت بذر، در هر

قدرت بذر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر خشکی در سطح احتمال پنج درصد و اثر رقم، در سطح یک احتمال درصد تفاوت معنی داری وجود دارد. به علت معنی دار شدن اثر متقابل خشکی و رقم در سطح پنج درصد، برش دهی ارقام در سطوح مختلف تنش انجام

روابط آلومتری ریشه به ساقه

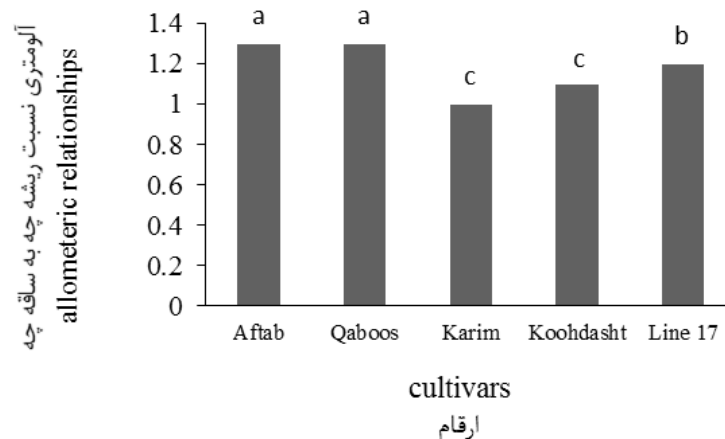
نتایج تجزیه واریانس این آزمایش مشخص نمود که ضریب آلومتری ریشه به ساقه ارقام در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد اما اثر تنش خشکی و اثر متقابل رقم و تنش معنی دار نشد (جدول ۴). همچنین نتایج مقایسه میانگین روابط آلومتری نشان داد که کم ترین و بیش ترین مقدار، مربوط به رقم های کریم و آفتاب بود (شکل ۳). ارقام آفتاب و قابوس بیشترین ضریب آلومتری را داشتند. این امر احتمالاً ناشی از رشد مناسب ساقه چه و ریشه چه این ارقام در شرایط تنش بوده است (. بدین ترتیب کمترین ضریب آلومتری مربوط به ارقام کریم و کوهدشت بود. مشاهده جدول همبستگی، نشان دهنده همبستگی منفی معنی داری بین ضریب آلومتری و طول ساقه چه می باشد ولی با طول ریشه چه همبستگی نشان نداد می تواند موید این مطلب باشد که ضریب آلومتری بیشتر تحت تأثیر طول ساقه چه قرار دارد (جدول ۶).

سطح تنش واکنش متفاوتی را از خود بروز دادند. مقایسه کلی میانگین های قدرت بذر در سطوح مختلف تنش نشان داد که از نظر آماری بین سطوح مختلف تنش تفاوت معنی داری وجود داشت (جدول ۵). این امر مطابق با نتایج به دست آمده در تحقیق حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2011) می باشد، ایشان در تحقیقی بر روی ۵ رقم گندم بیان داشتند که رقم روشن از نظر بسیاری از مولفه های جوانه زنی نسبت به سایر ارقام (چمران، قلات، استار و شعله) به تنش مقاوم تر بود. بررسی جدول ضرایب همبستگی نیز حاکی از همبستگی مثبت معنی دار، قدرت بذر با سرعت جوانه زنی (۰/۷) و همچنین همبستگی منفی معنی دار با میانگین زمان جوانه زنی می باشد که بیانگر این است که بالاتر بودن سرعت جوانه زنی نشان دهنده قدرت بذر بیشتر می باشد (جدول ۶).

جدول ۶- همبستگی ویژگی های مرتبط با جوانه زنی و رشد گیاهچه ارقام گندم تحت شرایط مختلف تنش خشکی بر روی بوته های مادری

Table 6- Correlation of germination and seedling growth parameters of wheat cultivars under different drought stress conditions on native plants

درصد جوانه زنی Germination percentage	میانگین زمان جوانه زنی mean germination time	سرعت جوانه زنی Germination rate	قدرت بذر Seed vigor	طول ساقه چه plumul length	طول ریشه چه Radicle length	وزن خشک ساقه چه plumul dry weight	وزن خشک ریشه چه Radicle dry weight	روابط آلومتری (نسبت ریشه به ساقه) Allometric relationship (Root to Seed ratio)
1	1							
2	0.23	1						
3	0.03	0.95**	1					
4	0.25	0.61**	0.7**	1		-		
5	0.07	0.73**	0.77**	0.88**	1	-		
6	0.27	0.47*	0.42	0.71**	0.47*	1	-	
7	0.05	0.32	0.32	0.59**	0.73**	0.24	1	
8	0.009	0.15	0.18	0.31	0.21	0.34	0.46*	1
9	0.28	0.43	0.52	0.40	0.72**	0.25	0.59**	0.03



شکل ۳- رابطه آلومتري (نسبت طول ريشه چه به ساقه چه) بذور ارقام گندم.

Figure 3- Allometric relationship (root to shoot ratio) of seeds of wheat cultivars.

بوته های مادری تجربه می کند، مؤثرتر است. لذا صفات جوانه زنی و رشد گیاهچه بیشتر تحت تأثیر ارقام قرار دارد. شاید این نتیجه به این دلیل باشد که تنش خشکی بعد از مرحله گرده افشانی اعمال شده است. بر اساس مطالعات محققین مختلف اگر تنش خشکی در کل دوران رشد گیاه اعمال می شد، احتمالاً می توانست بر کیفیت بذور تأثیر گذار باشد.

نتیجه گیری

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد ژنتیک نسبت به تنش خشکی بر روی پایه های مادری، به مراتب اثر بیشتری بر ویژگی های جوانه زنی و رشد هتروتروفیک گیاهچه بذور گندم داشت. به عبارتی اثر عامل ژنتیک در ایجاد تفاوت های فیزیولوژیکی و فعالیت های بیوشیمیایی جوانه زنی بذور نسبت به شرایط محیطی که بذور بر روی

Reference

منابع

- Abhari, A., and S. Galeshi. 2007.** Effects of terminal drought stress on seed vigor of wheat genotypes (*Triticum aestivum*). *Agric. Nat. Resour.* 14(3):1-7. (In Persian, with English Abstract)
- Adam, N.M., M.B. Mc Donald, and P.R. Henderlong. 1989.** The influence of seed position, planting date and harvesting dates on soybean seed quality. *Seed Sci. Technol.* 17: 143-152.
- Agrawal, R. 2003.** Seed technology. Pub. C o. PVT. LTD. New Delhi. India.
- Contreras, S., M.A. Bennett, J.D. Metzger, and D. Tay. 2008.** Maternal light environment during seed development affects lettuce seed weight, germinability, and storability. *Hortic. Sci.* 43(3):845-852.
- Cook, D.A., and R.K. Scott. 1993.** Sugar beet crop, principle and practical. Chapman and Hall. London.
- Eskandari, H. 2012.** Seed quality variation of crop plants during seed development and maturation. *Intl J. Agron. Plant. Prod.* 3(11): 557-560.

- Galloway, L.F. 2001.** The effect of maternal and paternal environments on seed characters in the herbaceous plant *Campanula Americana* (Campanulaceae). *Am. J. Bot.* 88(5): 832–840.
- Ghassemi-Golezani, K., and R. Mazloomi-Oskooyi. 2008.** Effect of water supply on seed quality development in common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Int. J. Plant Prod.* 2 (2): 117124.
- Ghassemi-golezani, K., A. Soltani, and A. Atashi. 1997.** The effect of water limitation in the field on seed quality of maize and sorghum. *Seed Sci. Technol.* 25: 321-323.
- Hampton, J.G., and D.M. Tekrony. 1995.** Handbook of vigor test methods. (3rd.ed). International Seed Testing Association (ISTA), Zurich, Swirztland.
- Hosseini, F., A. Siadat, and A. Bakhshandeh. 2011.** Evaluation of the effect of stress on oxygen deficiency on germination and seedling growth of 5 wheat cultivars. *Iran J Agric. Res.* 9 (4): 638-631. (In Persian, with English Abstract)
- International Rules for Seed Testing. 2018.** *Seed Sci. Technol.* 12: 1-6.
- Kafi, M., A. Nezami, H. Hosseini, and A. Masoumi. 2005.** The physiological effects of polyethylene glycol drought stress on germination of lentil cultivars. *Iran J Agric. Res.* 3 (1): 79-69. (In Persian, with English Abstract)
- Khorrarnadel, S., A. Nezami, and A. Mollafilabi. 2014.** Study of seed germination characteristics of a number of indigenous cumin seeds of Khorasan under the influence of sowing dates. *Ecological research.* 1 (1): 67-55. (In Persian, with English Abstract)
- Longden, P.C. 1986.** Influence of the seed crop environment on the quality of sugar beet seed. In *Proceedings of the 49th Winter Congress of the International Institute for Beet Research, Brussels.* 1–16.
- Maguire, J.D. 1962.** Speed of germination, aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Sci.* 2: 176-177.
- Moshatati, A., M.H. Hejazi, S.A. Kian Mehr, and M.H. Sadat Noori. 2008.** Effect of seed weight on germination and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling pishtaz variety. (Short Technical Report). *EJCP.* 2: 137-144. (In Persian, with English Abstract)
- Nourmohammadi, G., A. Siadat, and A. Kashani. 2001.** *Agronomy (Cereal), First Edn, Ahvaz, Iran, Shahid Chamran University publication.* (In Persian)
- Orchard, T. 1977. Estimating the parameters of plant seedling emergence. *Seed Sci. Technol.* 5: 61-69.
- Oskouie, B., and M. Divsalar. 2011.** The effect of mother plant nitrogen on seed vigor and germination in rapeseed. *ARPN J. Agric. Biol.* 6(5): 49-56.
- Otarodi, H. (ed) 2009.** *Proc. Iranian Oilseed Crops Conf., Esfahan. 21-22 Dec 2009. Esfahan. IRAN.* (In Persian, with English Abstract)
- Rasmussen, H.P., and L.S. Lin. 2008.** W3168. Environmental and Genetic Determinants of Seed Quality and Performance. www.nimss.org/projects/view/mrp/outline/16536.
- Scott, S., R. Jones, and W. Williams. 1984.** Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Sci.* 24, 1192–1199.
- Soltani, A. 2015.** *Application of SAS Software in Statistical Component. Publications University of Mashhad.* (In Persian)
- Soltani, A., E. Zeinali, S. Galeshi, and N. Latifi. 2001.** Genetic variation and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea coast of Iran. *Seed Science and Technology.* 29: 653-662.
- Saxton, K.E., W.J. Rawls, J.S. Romberger, and R.I. Papendick. 1986.** Estimation generalized soil water characteristics from texture. *Soil Sci Soc Am J.* 50: 1031-1036.
- Wood, D.W., R.K. Scott, and P.C. Longden. 1980.** The effects of mother-plant temperature on seed quality in *Beta vulgaris* L. (sugarbeet). Pp. 257–270. In: P.D. Hebblethwaite (Ed). *Seed production. London–Boston, Butterworths.*
- Yaklich, R.W. 1984.** Moisture stress and soybean seed quality. *Seed Sci. Technol.* 9: 60-6.

Yarnia, M., N. Arabifard, F. Rahimzadeh Khoei, and P. Zandi. 2011. Evaluation of drought tolerance indices among some winter rapeseed cultivars. *Afr. J. Biotechnol.* 10(35): 10914-10922.

Zeinali, E., and A. Soltani. 2000. Effect of drought stress on wheat seedling heterotrophic growth. *Agric. Nat. Resour.* 4(7): 122-113. (In Persian, with English Abstract)

Zadoks, J.C., T.T. Chang, and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.