"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد هشتم، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۸
(ص ۱۲۶-۱۱۳)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 8, No.: 2, Autumn and Winter 2020
(pp: 113-126)
DOI: 10.22034/ijsst.2018.110510.1088
Research Article

بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و بنیه بذر کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت تنش خشکی با غنی‌سازی بذر با روی و بور

سمیرا پارسایی[۱]، محسن موحدی دهنوی[۲*]، حمیدرضا بلوچی[۲]، محمود عطارزاده [۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده کشاورزی- دانشگاه یاسوج
۲. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی- دانشگاه یاسوج
۳. دانشجوی دکتری زراعت دانشکده کشاورزی- دانشگاه یاسوج
(تاریخ: ۱۳۹۶/۰۲/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۲۳)

چکیده

تنش خشکی روی گیاه مادری می‌تواند سبب کاهش خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای حاصل شود و استفاده از عناصر کم‌مصرف اثرات سو تنش را کاهش داده و سبب تولید بذرهای با قابلیت جوانه‌زنی بهتر می‌گردد. این پژوهش در قالب ۲ آزمایش در سال ۱۳۹۳ در آزمایشگاه بذر دانشگاه یاسوج اجرا شد. در آزمایش اول بذرهای کنجد رقم داراب ۱، بدست آمده از آزمایش مزرعه‌ای شامل سطوح آبیاری پس از ۷۵، ۱۱۰ و ۱۴۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و محلول‌پاشی سولفات روی ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام، اسید بوریک ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام، ترکیب سولفات‌روی + اسید بوریک و شاهد (بدون محلول‌پاشی) در دمای ۳۰ درجه سلسیوس، مورد آزمون جوانه‌زنی قرار گرفتند. در آزمایش دوم اعمال تنش خشکی با پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ در ۳ سطح شامل پتانسیل اسمزی صفر، ۰/۲- و ۰/۴- مگاپاسکال و خیساندن بذرها با آب مقطر، محلول‌های سولفات روی ۰/۳ درصد، اسید بوریک ۰/۳ درصد، سولفات روی+ اسید بوریک و بذرهای غنی‌شده شامل بذر با مقدار روی ۱۵۹ پی‌پی‌ام (روی بالا)، بذر با مقدار بور ۱۵/۳ پی‌پی‌ام (بور بالا) و بذر با مقدار ۱۳۹/۵ و ۱۴ پی‌پی‌ام (ترکیب روی و بور بالا) و بذر خشک بدون پیش تیمار بود. نتایج آزمایش اول نشان داد که با تاخیر در آبیاری، محلول‌پاشی عناصر ک روی، بور و ترکیب روی با بور سبب افزایش صفات جوانه‌زنی شدند. در آزمایش دوم هر چند تیمارهای خیساندن بذر با محلول‌های روی و بور، موجب کاهش صفات جوانه‌زنی شد، اما تیمارهای بذر محتوی روی و بور بالا، تاثیر بسزایی بر افزایش بنیه‌ی بذر و فعالیت آنزیم‌های پاداکسایندە در برابر تنش خشکی داشت.

کلمات کلیدی: پراکسیداز، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، کاتالاز، محلول‌پاشی

Improving sesame (*Sesamum indicum* L.) seed characteristics and vigor under drought stress by zinc and boron enrichment

S. Parsaie[1], M. Movahhedi Dehnavi[2*], H.R. Balouchi[2], M. Attarzadeh[3]

1. M.Sc. Student of Seed Science and Technology, Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University
2. Associated Professor of Agronomy, Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University
3. Ph.D. Student of Agronomy, Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University
(Received: May. 06, 2017 – Accepted: Oct. 15, 2018)

Abstract

Drought stress on maternal plant can negatively affect germination characteristics of produced seeds, and micronutrients application in this circumstance may mitigate drought impacts and leads to seeds with higher vigor. This research was conducted as two experiments in 2015 in seed laboratory of Yasouj University. At first experiment the seeds obtained from a former experiment included of three irrigation levels (after 75, 110 and 145 mm evaporation from class A pan) and four foliar applications included of water, zinc sulfate 3000 ppm, boric acid 2000 ppm and mixture of zinc sulfate and boric acid, were evaluated in germination experiments in 30^{oc} temperature. Second experiment was a factorial based on RCD with three replications. First factor was drought stress, by PEG 6000, in three levels (0, -0.2 and -0.4 Mpa), and second factor in eight levels included of seed soaking in water, $ZnSo_4$, H_3Bo_3 and $ZnSo_4$ + H_3Bo_3 and seed with high content of Zn , B and Zn+ B and a dry seed as control. First experiment results showed that with delaying in irrigation time, foliar application of micronutrients, compared to water foliar application, significantly increased germination traits. In second experiment, although seed soaking in nutrients, significantly decreased germination indices, but seed with high zinc and boron contents positively affected on germination vigor and antioxidant activities especially under drought stress condition.

Keywords: Catalase, Foliar application, Germination percentage, Germination rate, Peroxidase

* Email: movahhedi1354@yu.ac.ir

مقدمه

جوانه‌زنی بذر یکی از مهم‌ترین مراحل فنولوژیک گیاهان است که تعیین کننده ی میزان تولید هر محصول می‌باشد. جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد گیاهچه در گیاهان زراعی به عواملی ازجمله درصد و سرعت جوانه زنی، بنیه‌ی بذر و شرایط محیطی بستگی دارد (Movahhedi Dehnavi *et al*., 2009). تنش خشکی با تاثیر بر حرکت و انتقال ذخایر بذر، با تاثیر مستقیم بر ساختمان ترکیبات آلی و سنتز پروتئین جنین، جوانه زنی بذر را کاهش می‌دهد (Dodd and Donovan, 1999). تقریبا تمام واکنش های متابولیکی سلول تحت تاثیر کمبود آب قرار گرفته، بنابراین تولید و فعالیت آنزیم ها و در نتیجه سنتز پروتئین کاهش یافته و در نهایت بر رشد سلول تاثیر می‌گذارد (Kafi and Mahdavi-Damghani, 2000). در شرایط آزمایشگاه می توان تنش خشکی را با استفاده از محلول‌های مصنوعی از جمله پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰، به دلیل اطمینان از یکنواخت بودن توان پتانسیل آب در اطراف بذرهای مختلف و نیز امکان سطح تماس یکسان بین بذر و محیط ایجاد کرد (Gholami *et al*., 2010). پلی‌اتیلن گلایکول با ایجاد تنش خشکی باعث کاهش هیدرولیز ماده اندوخته ای بذر و در نتیجه کاهش درصد جوانه‌زنی می‌شود (Farrokhi *et al*., 2004). دیوان و همکاران (Duan *et al*., 2004)، گزارش کردند که با کاهش پتانسیل اسمزی ایجاد شده توسط پلی‌اتیلن گلایکول جوانه‌زنی در سلمه‌تره کاهش یافت و حداکثر جوانه‌زنی در شاهد دیده شد.

عناصر کم مصرف در طی مراحل زایشی باعث بوجود آمدن بذرهایی با قوه‌ی نامیه و بنیه بالا می‌شود. این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می کند که بذرهای حاصل از این شرایط تحت شرایط تنش‌زای محیطی کاشته شوند (Ozturk *et al*., 2006). جلیل‌شش‌بهره و موحدی‌دهنوی (Jalil Shesh Bahre and Movahhedi Dehnavi, 2008)، نشان دادند با افزایش شدت تنش خشکی، محلول پاشی برگی عناصر بویژه روی و مصرف هم زمان روی و آهن اثر مثبت بر بنیه‌ی بذر گذاشته و باعث افزایش کیفیت بذور می گردد. پیش تیمار بذر با عناصر کم‌مصرف (پرایمینگ تغذیه‌ای)، شامل غنی‌سازی بذور با محلول عناصر کم‌مصرف قبل از کشت است (Rehman *et al*., 2012). پیش تیمار غذایی بذر می تواند حتی در طول فصل خشک و بدون انجام عملیات زراعی بکار رود (Mirshekari, 2015). محققان متعددی بر اثرات مثبت و معنی‌دار پیش تیمار بذر با عناصر غذایی در بسیاری از گیاهان زراعی تاکید دارند و اخیرا در گیاهان زراعی چون شوید (Mirshekari, 2012)، برنج (Kalita *et al*., 2002؛ Johnson *et al*., 2005)، ذرت (Harris *et al*., 2007)، گندم و لوبیا (Iqbal *et al*., 2012؛ Johnson *et al*., 2005)، گزارش شده است.

کنجد گیاهی گرمادوست است که در مناطق گرمسیر در ماه‌های تیر و مردادماه کشت می شود که دمای خاک موقع جوانه زنی بسیار بالا است و بذر معمولا با تنش شدید خشکی روبرو می شوند. به علاوه در حین تولید کنجد نیز بروز تنش خشکی در مناطق تولید آن، قطعی است، بنابراین بذرهای تولیدی نیز به نوعی متأثر از تنش هستند. از آنجایی که تنش خشکی روی گیاه مادری می‌تواند سبب کاهش جوانه‌زنی و رشد بذور گیاهان تحت این شرایط شود. از سوی دیگر با توجه به گزارش‌هایی مبنی بر اثرات مثبت عناصر کم مصرف در کاهش اثرات منفی تنش خشکی روی گیاهان، در پژوهش حاضر تصمیم گرفته شد که اثر غنی‌سازی بذر از طریق محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بور و روی بر گیاه مادری کنجد در شرایط تنش خشکی و اندازه‌گیری شاخص های جوانه زنی بذر حاصل از این پژوهش تحت دمای بهینه جوانه زنی کنجد (۳۰ درجه سلسیوس) بررسی گردد. همچنین اثر خیساندن بذر کنجد با محلول‌های حاوی این عناصر بر واکنش بذر کنجد به تنش خشکی ایجاد شده (مصنوعی)، بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه فناوری بذر دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹۳ انجام شد. در این پژوهش اعمال تنش خشکی به صورت رژیم‌های آبیاری در سه سطح شامل آبیاری پس از تبخیر ۷۵، ۱۱۰ و ۱۴۵ میلی‌متر آب از تشت تبخیر کلاس A (به عنوان فاکتور اصلی) و محلول‌پاشی عناصر روی و بور در ۴ سطح شامل محلول‌پاشی با آب (شاهد)، محلول‌پاشی سولفات‌روی با غلظت ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام، محلول‌پاشی اسیدبوریک با غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام و محلول‌پاشی ترکیب سولفات‌روی + اسیدبوریک با غلظت به ترتیب ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام (به عنوان فاکتور فرعی)، بصورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. سپس بذرهای کنجد بدست آمده از این آزمایش (Movahhedi Dehnavi *et al.*, 2017; Misagh *et al.*, 2016) در دمای بهینه ۳۰ درجه سلسیوس مورد آزمون جوانه‌زنی، قرار گرفت. رقم مورد استفاده در این آزمایش رقم داراب ۱ بود. محلول‌پاشی روی و بور طی دو مرحله هشت برگی و سه هفته بعد از مرحله اول اجرا شد. همچنین اعمال تنش خشکی ۱ ماه پس از سبز شدن انجام گرفت. آزمایش دوم به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول اعمال تنش خشکی با پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ در ۳ سطح شامل پتانسیل اسمزی صفر، ۰/۲- و ۰/۴- مگاپاسکال بود. فاکتور دوم در ۸ سطح شامل خیساندن بذور کنجد با آب مقطر، خیساندن با محلول های حاوی سولفات روی، اسید بوریک، سولفات روی + اسید بوریک با غلظت ۰/۳ درصد و بذور غنی شده از طریق محلول‌پاشی گیاه مادری با عناصر روی و بور شامل بذر با مقدار روی ۱۵۹ پی‌پی‌ام (روی بالا)، بذر با مقدار بور ۱۵/۳ پی‌پی‌ام (بور بالا) و بذر با مقدار ۱۳۹/۵ و ۱۴ پی‌پی‌ام (ترکیب روی و بور بالا) به اضافه بذر خشک بدون پیش تیمار بود . برای تولید محلول با پتانسیل های اسمزی ذکر شده، مقدار مورد نظر از ماده‌ی پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ وزن و در ۲۵۰ سی سی آب مقطر در دمای اتاق حل شدند (Michel and Kaufmann, 1973). خیساندن بذور کنجد رقم داراب ۱ با سولفات روی و اسیدبوریک با غلظت ۰/۳ درصد (Harris *et al.*, 2008)، و در دمای پایه یا حداقل ۱۵ درجه و زمان ۱۰ ساعت انجام شد (Aboutalebian *et al.*, 2012). بذور کنجد بدست آمده از این آزمایش تحت آزمون جوانه‌زنی استاندارد قرار گرفتند و در آخر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، اندازه‌گیری شد.

آزمون جوانه‌زنی استاندارد

به منظور بررسی سرعت و درصد جوانه زنی و سایر خصوصیات بنیه بذور حاصل از ۲ آزمایش، آزمون جوانه زنی استاندارد انجام شد. تعداد ۲۵ عدد بذر سالم به طور تصادفی از هر تیمار انتخاب گردید و پس از ضدعفونی با محلول هیپوکلریت سدیم، به درون پتری دیش‌های ۹۰ میلی‌متری استریل شده روی کاغذ صافی منتقل گردیدند. سپس در هر دو آزمایش، آب مقطر به وسیله‌ی پیپت ۵ سی‌سی به درون هر پتری‌دیش ریخته شد. در ادامه برای آزمایش اول، پتری‌دیش‌ها به داخل ژرمیناتور با دمای ۳۰ درجه سلسیوس انتقال داده شدند و به مدت ۶ روز تعداد بذور جوانه‌زده شمارش شدند. در آزمایش دوم نیز پتری دیش ها به داخل ژرمیناتور با دمای ۳۰ درجه سلسیوس انتقال داده و به مدت ۱۰ روز تعداد بذور جوانه‌زده شمارش شدند. در روز آخر جوانه‌زنی، پس از شمارش تعداد کل بذرهای جوانه‌زده، ریشه‌چه، ساقه‌چه و لپه‌های هر گیاهچه جدا شد و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه‌ی آن با خط‌کش بر حسب میلی متر اندازه‌گیری شد. سپس وزن خشک آنها پس از قرار گرفتن در آون ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت تعیین گردید.

صفات مورد ارزیابی آزمون جوانه‌زنی استاندارد

شاخص‌هایی که بعد از جوانه‌زنی اندازه‌گیری شد عبارت بودند از:

۱- درصد جوانه‌زنی (Maguire, 1962)

$$GP = (n/N) \times 100$$

N: تعداد کل بذور کشت شده، n: تعداد بذرهای جوانه‌زده

۲- سرعت جوانه‌زنی (Verma *et al.*, 2005)

$$GR = \Sigma(Ni/Ti)$$

Ni: تعداد بذرهای جوانه‌زده در هرروز، Ti: تعداد روزها از زمان شروع آزمایش

۳- شاخص طولی بنیه‌ی بذر (Abdulbaki and Anderson, 1975)

$$LSVI = (GP \times SL) / 100$$

GP: درصد جوانه‌زنی، SL: طول گیاهچه (میلی‌متر)

۴- شاخص وزنی بنیه‌ی بذر (Abdulbaki and Anderson, 1975)

$$WSVI = (GP \times SW) / 100$$

GP: درصد جوانه‌زنی، SW: وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز

بذرهای حاصل از تیمارهای آزمایش دوم در مرحله انتهای آبنوشی جدا شده و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز از روش ابی (Aebi, 1984)، و فعالیت آنزیم پراکسیداز از روش کار و میشرا (Kar and Mishra, 1976) روی آنها انجام شد.

در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌های ۲ آزمایش با استفاده از نرم‌افزارSAS ، و همچنین مقایسه میانگین اثرات اصلی با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد و در صورت معنی‌دار شدن برهم‌کنش تیمارها، مقایسه میانگین برهم‌کنش به روش L.S.Means انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس آزمایش اول نشان داد که تیمارهای محلول‌پاشی و آبیاری و برهمکنش آن‌ها تاثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی نداشت زیرا در همه‌ی تیمارها ۱۰۰ درصد جوانه‌زنی مشاهده شد. برهم‌کنش محلول‌پاشی و آبیاری برای صفت سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار نشد و تنها اثر محلول‌پاشی براین صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۱)، به طوری که محلول پاشی عناصر باعث افزایش میزان آن شد (شکل ۱). این مطلب گویای این است که محلول‌پاشی عناصر از جهت تامین مواد غذایی بذر و در نتیجه افزایش بنیه، سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی و شاخص‌های بنیه می‌شود. کاربرد عناصر کم‌مصرف به روش محلول‌پاشی می‌تواند وضعیت رشد گیاه و کمیت و کیفیت بذر تولیدی را بهبود ببخشد (Movahhedi Dehnavi *et al.*, 2009).

برهم‌کنش محلول‌پاشی و آبیاری برای شاخص بنیه‌ی طولی و وزنی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی نشان دادکه با افزایش دور آبیاری شاخص طولی و وزنی بنیه‌ی بذر کاهش یافت. محلول‌پاشی عناصر توانست اثر تنش خشکی را در حد بالایی جبران کند، به طوری که همه‌ی تیمارهای محلول پاشی در تمام سطوح تنش نسبت به شاهد بیشترین مقدار را برای شاخص طولی و وزنی بنیه نشان دادند (جدول ۲). به طور کلی محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در هنگام بروز تنش خشکی می تواند مقاومت گیاه را تا حدی افزایش دهد. در مورد یونجه گزارش شده، که تغذیه کافی عنصر روی در تحمل به تنش خشکی و هم در تنش غرقابی نقش اساسی دارد (Grewal and Williams, 2000). ککمک (Cakmak, 2008)، گزارش کرد که محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف یک روش موثر برای افزایش غلظت این عناصر در بذر است و تامین آن ها به ویژه در شرایط تنش خشکی نقش ویژه‌ای در حفاظت گیاه در برابر تنش ایجاد می‌کند. بنابراین محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در شرایط تنش یک روش مناسب جهت ارتقا عملکرد کمی و کیفی بذر محسوب می‌شود. جلیل‌شش‌بهره و موحدی‌دهنوی (Jalil Shesh Bahre and Movahhedi Dehnavi, 2008)، بیان نمودند با افزایش شدت تنش خشکی، محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بویژه روی اثر مثبت بر بنیه‌ی بذر سویا

گذاشته و باعث افزایش کیفیت بذر می گردد.

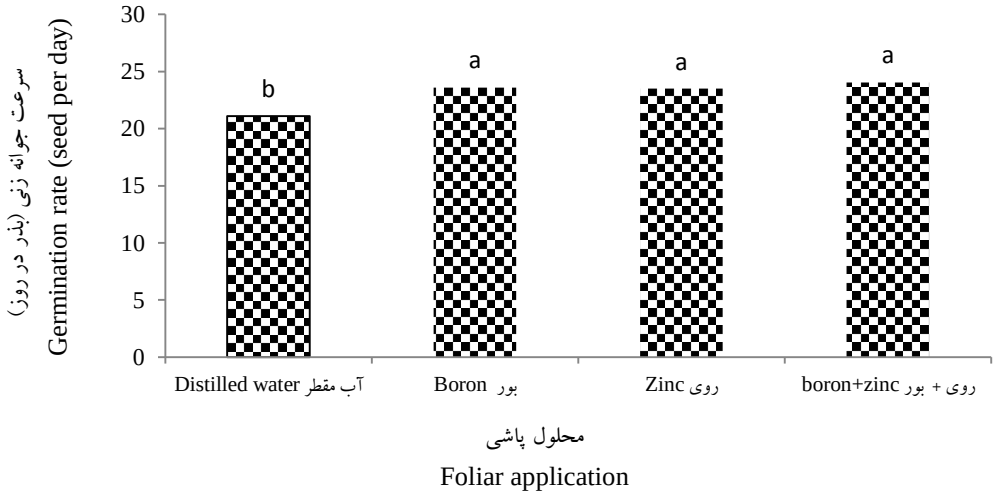
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر محلول‌پاشی و تنش خشکی بر گیاه مادری کنجد برای صفات جوانه‌زنی بذر در دمای ۳۰ درجه سلسیوس

Table 1- Analysis of variance (mean square) of the effect of foliar application and irrigation for some traits of seed germination of sesame at 30 °C

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	شاخص طولی بنیه Length vigor index	شاخص وزنی بنیه Weight vigor index
تکرار Replication	2	0.41 ns	0.09 ns	4.69 ns
آبیاری Irrigation	2	0.71 ns	5.88 **	54.1 **
خطای a error a	4	1.10	0.07	1.52
محلول‌پاشی Foliar Application	3	15.1 **	60.6 **	265 **
آبیاری × محلول‌پاشی Irrigation × Foliar Application	6	3.48 ns	16.06 **	116 **
خطای b error b	18	2.94	0.07	4.73
ضریب تغییرات (درصد) (CV٪)	-	7.43	2.34	3.75

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین سطوح تیمار محلول‌پاشی برای سرعت جوانه‌زنی بذر کنجد در دمای ۳۰ درجه سلسیوس

Fig 1- Means comparison of foliar application for seed germination rate in 30 ° C

جدول ۲- مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح آبیاری و محلول‌پاشی گیاه مادری کنجد برای شاخص وزنی و طولی بنیه بذر در دمای ۳۰ درجه سلسیوس

Table 2- Mean comparison of the interaction of irrigation and foliar application for length and weight vigor index at 30 °C

آبیاری Irrigation	محلول‌پاشی Foliar	شاخص طولی بنیه Length vigor index	شاخص وزنی بنیه Weight vigor index
آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 75 mm evaporation	شاهدControl	7.9 c	47.2 c
	بور Boron	16.7 a	64.6 a
	روی Zinc	10.8 b	65.3 a
	روی+ بور Boron+ Zinc	12.9 b	61.6 b
آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 110 mm evaporation	شاهدControl	7.56 c	45.3 c
	بور Boron	8.56 b	51.3 b
	روی Zinc	8.43 b	59.7 a
	روی+ بور Boron+ Zinc	14.2 a	58.6 a
آبیاری پس از ۱۴۵ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 145 mm evaporation	شاهدControl	4.13 d	40 c
	بور Boron	6.16 c	48.9 b
	روی Zinc	12.2 a	55.7 a
	روی+ بور Boron+ Zinc	8.4 b	52.4 a

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون و هر سطح تنش اختلاف معنی‌داری براساس رویه‌ی L.S.Means ندارند.

Means with the same letter in each column and each stress level, are nor significantly different according to L.S.Means procedure.

نتایج تجزیه واریانس آزمایش دوم نشان داد که برهم‌کنش تغذیه و تنش خشکی بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). برهم کنش تغذیه و تنش خشکی برای صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار نشد و فقط تیمار تغذیه در سطح احتمال ۱ درصد برای این دو صفت معنی‌دار شد (جدول ۳). همچنین برهم‌کنش تغذیه و تنش خشکی نیز بر شاخص های بنیه ی طولی و وزنی، در سطح احتمال ۱ درصد، معنی‌دار شد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین برهم کنش تیمارهای تغذیه با تنش خشکی نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی از صفر به ۰/۴- مگاپاسکال، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز کاهش یافت (شکل‌های ۲ و ۳). برهم‌کنش تیمارهای تغذیه و تنش خشکی بر فعالیت آنزیم های کاتالاز و پراکسیداز نشان داد که در سطوح تنش مختلف، تیمارهای تغذیه‌ای شامل بذر محتوی روی بالا، بذر محتوی بور بالا و ترکیب هر دو نسبت به شاهد بیشترین مقدار را نشان دادند. از سوی دیگر تیمار بذر خشک (شاهد) در همه‌ی سطوح تنش خشکی نسبت به سایر تیمارها کم‌ترین سطح فعالیت را برای این آنزیم نشان داد. طبق نتایج زند و همکاران (Zand *et al*., 2008) کاربرد عناصر کم‌مصرف موجب بهبود سطح فعالیت آنزیم های کاتالاز و پراکسیداز می شود و قادر است سامانه‌ی پاداکساینده‌ی گیاه را تقویت نموده و گیاه را نسبت به بروز شرایط تنش، مانند تنش کمبود آب متحمل تر سازد. بنابراین به نظر می‌رسد که کمبود این عناصر در گیاهان می‌تواند موجب تولید رادیکال‌های آزاد گردد و از سنتز پروتئین و در نتیجه فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز جلوگیری نماید.

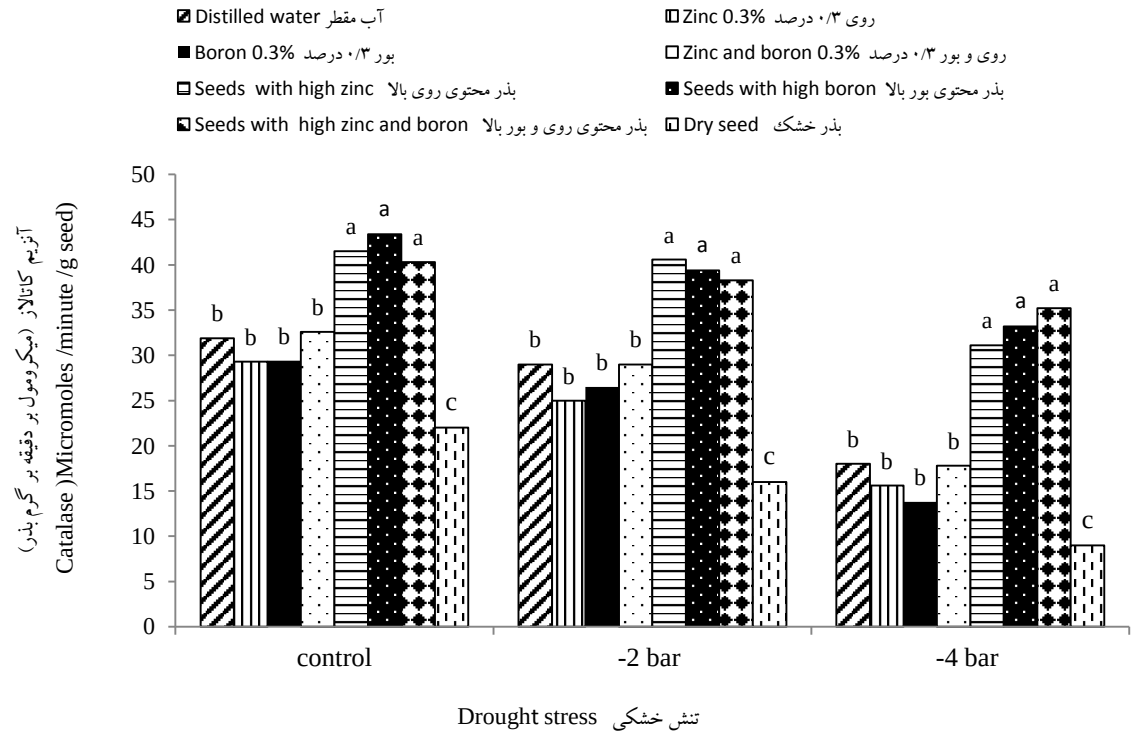
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تغذیه و تنش خشکی برای صفات جوانه‌زنی بذر کنجد دردمای ۳۰ درجه سلسیوس

Table 3- Analysis of variance (mean square) of the effect of drought stress and nutrition for some traits of seed germination of sesame at 30 ° C

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کاتالاز Catalase	پراکسیداز Peroxidase	درصد جوانه‌زنی Germination percent	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	شاخص بنیه طولی length vigor index	شاخص بنیه وزنی Weight vigor index
تنش خشکی Drought stress	2	316 **	0.10 **	141 ns	25 *	362 **	2887 **
تغذیه Nutrition	7	678 **	0.10 **	2248 **	211 **	141 **	1249 **
تنش خشکی× تغذیه Drought stress × Nutrition	14	270 **	0.14 **	107 ns	7.30 ns	13.3 **	77.1 **
خطا error	48	48.1	0.05	123	7.01	1.40	12.6
ضریب تغییرات (درصد) (CV٪)	-	28.5	15.9	14.3	16.3	13.9	15.8

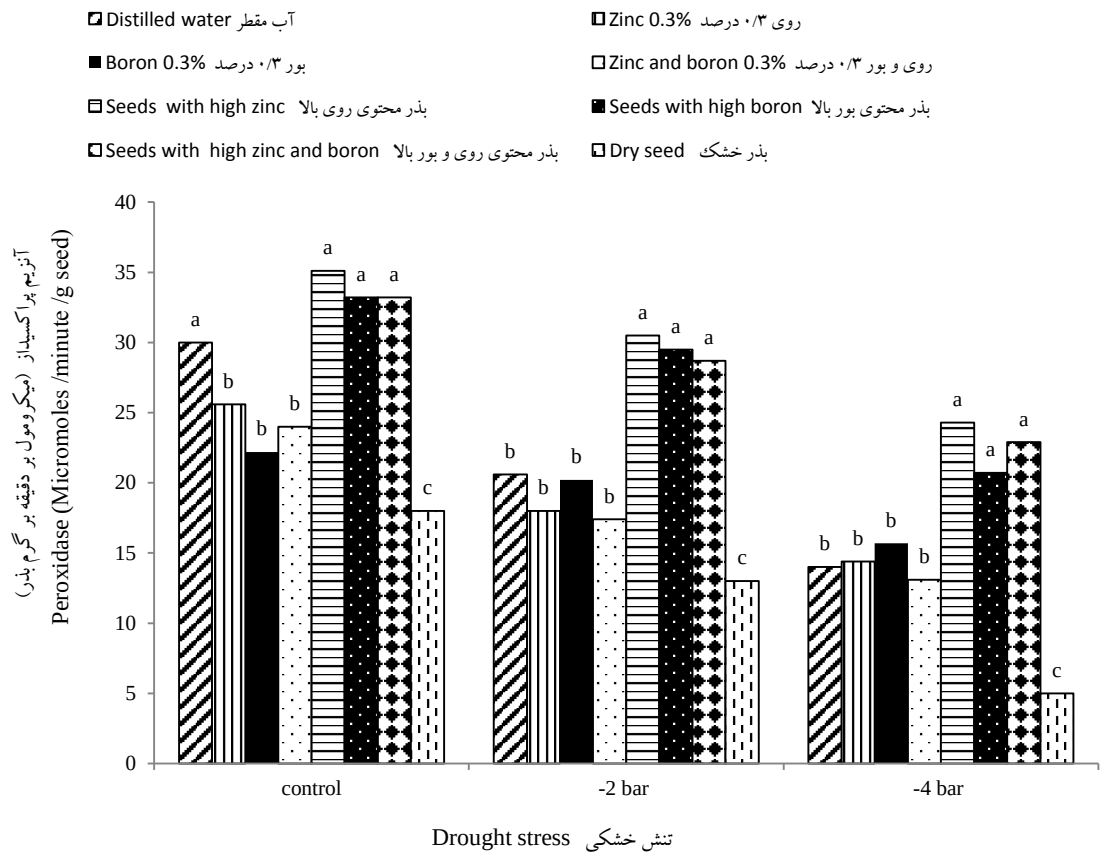
*، ** وns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار.

**,* and ns is significant at the 5 and 1 percent probability level, respectively and non-significant.



شکل ۲- مقایسه میانگین برهم‌کنش تغذیه و تنش خشکی برای فعالیت آنزیم کاتالاز بذر کنجد

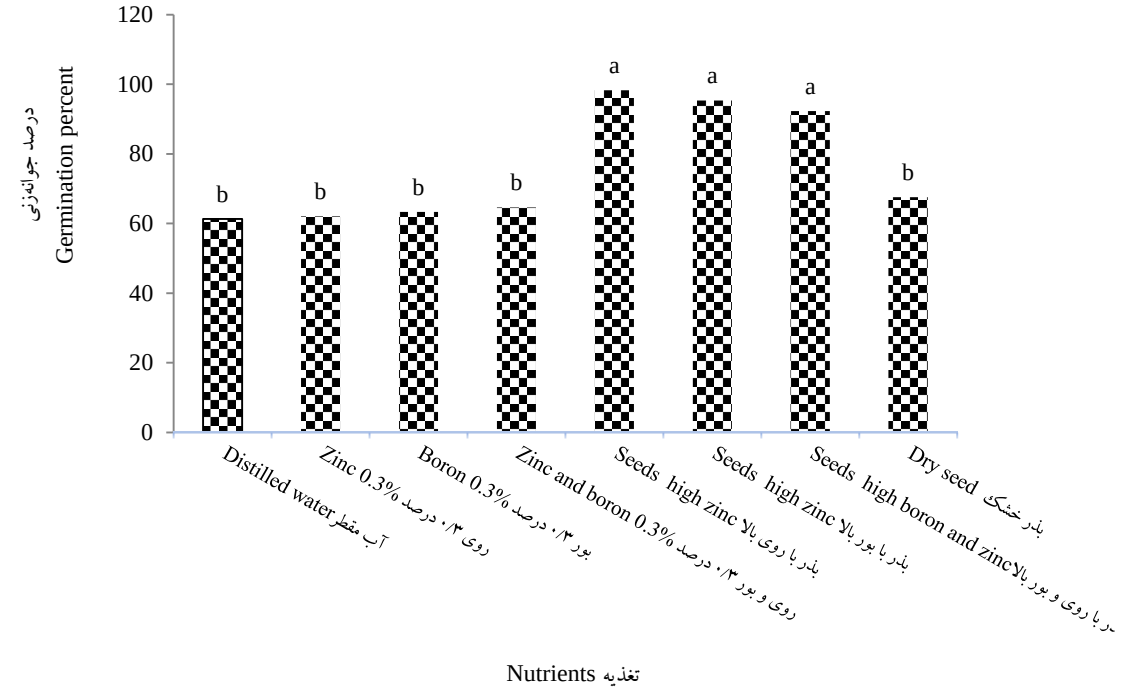
Fig 2- Mean comparison of the interaction of nutrition and drought stress for catalase activity of sesame seeds



شکل ۳- مقایسه میانگین برهم‌کنش تغذیه و تنش خشکی برای فعالیت آنزیم پراکسیداز بذر کنجد

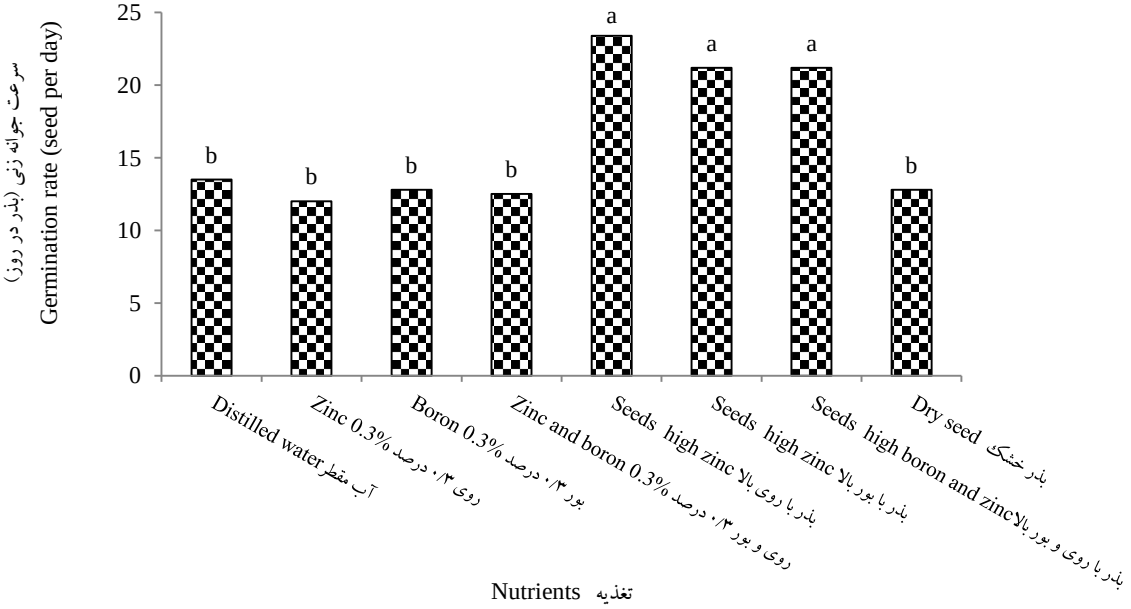
Fig 3- Mean comparison of the interaction of nutrition and drought stress for peroxidase activity of sesame seeds

مقایسه میانگین تیمارهای مختلف برای صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، نشان داد که تیمار بذر محتوی روی بالا با تیمارهای بذر محتوی بور بالا و ترکیب هر دو اختلاف معنی‌داری نداشت و نسبت به سایر تیمارها و شاهد، بیشترین مقدار را نشان دادند (شکل ۴ و ۵). همچنین نتایج نشان داد که درصد و سرعت جوانه‌زنی در تیمار پیش تیمار بذر محتوی روی و بور و ترکیب هر دو، نسبت به شاهد (آب مقطر) اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نشان نداد. از سوی دیگر با افزایش تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی کاهش پیدا کرد (شکل ۶)، زیرا در شرایط تنش خشکی فعالیت های متابولیکی جوانه‌زنی به آرامی صورت می گیرد و مدت زمانی که ریشه‌چه از بذر خارج می‌شود طولانی‌تر شده و از این رو سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد. تنش خشکی سبب کاهش در مصرف مواد ذخیره‌ای بذر شده، ولی استفاده از تیمارهای مختلف عناصر کم مصرف سبب افزایش در مصرف مواد ذخیره ای بذر شد و از این طریق سبب انتقال بیشتر مواد ذخیره‌ای به جنین می گردد، در نتیجه جوانه‌زنی بیشتری را به‌همراه خواهد داشت (Ansari *et al.*, 2012). بالا بودن میزان عنصر روی در بذر کنجد، منجر به افزایش سرعت جوانه زنی شده، لذا بالا بودن میزان این ذخایر موجب جوانه‌زنی سریع و یکنواخت بذر و تولید گیاهچه های قوی‌تر می گردد (Lopez Castaneda *et al.*, 1995). وجود عنصر روی در طی مراحل زایشی باعث افزایش بنیه‌ی بذر می گردد، این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می کند که بذور حاصل در شرایط استرس زای محیطی کاشته شوند (Welch and Graham, 1999).



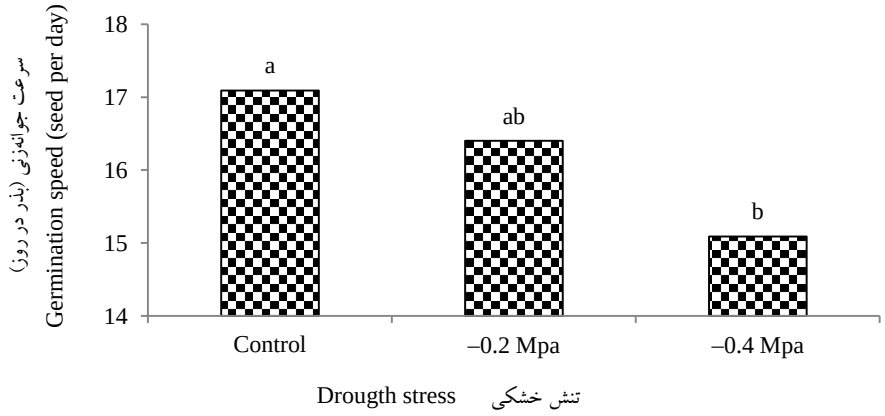
شکل ۴- مقایسه میانگین تیمارهای تغذیه برای درصد جوانه‌زنی بذر کنجد

Fig 4- Mean comparison of nutrition levels for sesame seeds germination percentage



شکل ۵- مقایسه میانگین تیمارهای تغذیه برای سرعت جوانه‌زنی بذر کنجد

Fig 5- Mean comparison of nutrition levels for sesame seeds germination rate



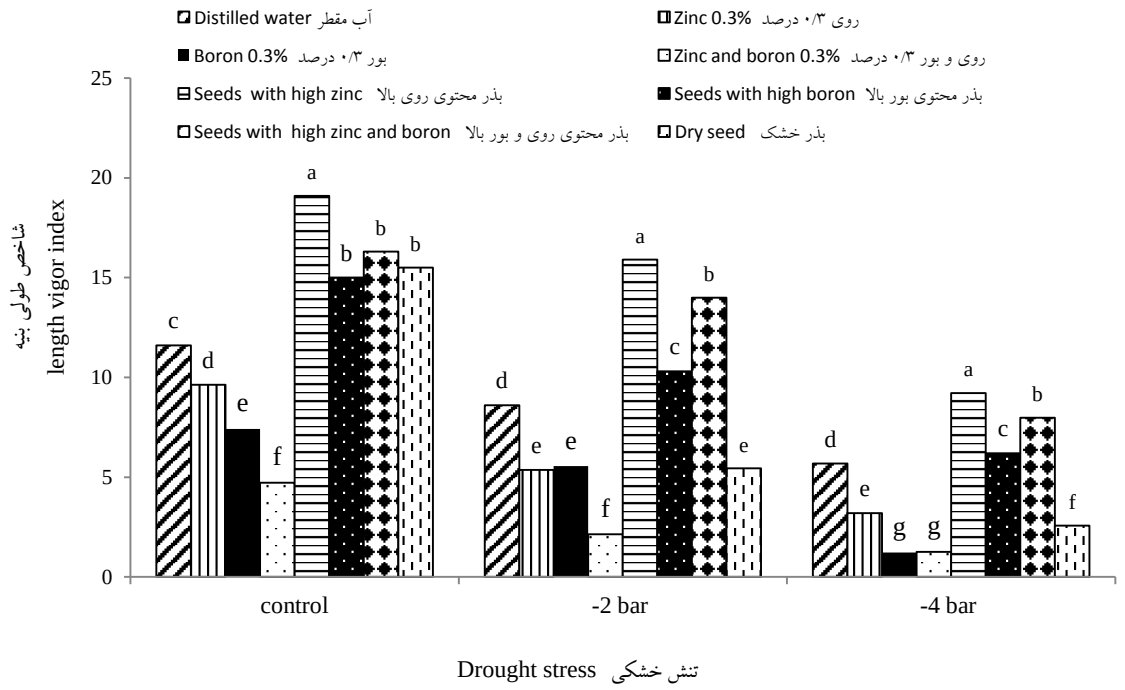
شکل ۶- مقایسه میانگین تیمارهای تنش خشکی برای سرعت جوانه‌زنی بذر کنجد

Fig 6- Mean comparison of drought stress levels for sesame seeds germination rate

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف تنش خشکی و تغذیه نشان داد که در سطوح تنش خشکی صفر، ۰/۲- و ۰/۴- مگاپاسکال ، تیمار بذر محتوی روی بالا نسبت به سایر تیمارها سبب افزایش شاخص بنیه‌ی طولی گردید. در سطوح تنش خشکی صفر و ۲- بار، تیمار خیساندن بذر در روی و بور ۰/۳ درصد، و در سطح تنش خشکی ۴- بار نیز، علاوه بر تیمار خیساندن بذر در روی و بور ۰/۳ درصد، تیمار خیساندن بذر در بور ۰/۳ درصد نیز نسبت به سایر تیمارها کم ترین مقدار را برای این صفت نشان داد (شکل ۷).

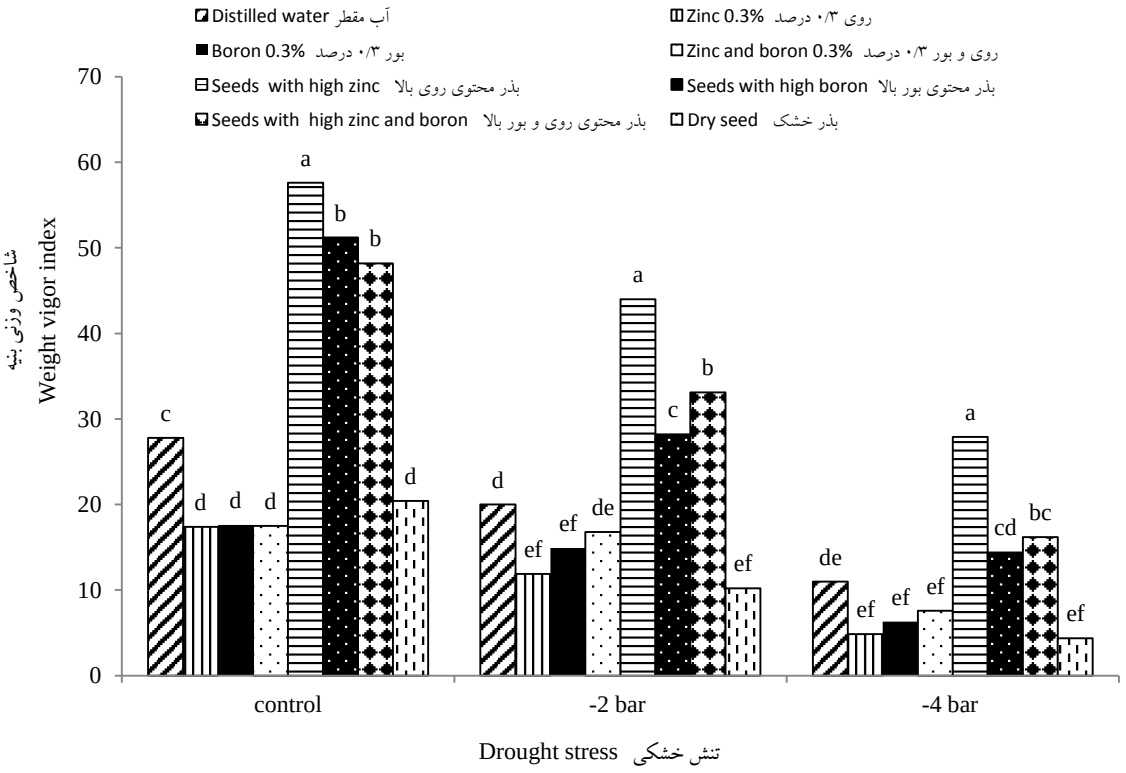
با افزایش در سطوح تنش خشکی، طول گیاهچه و شاخص طولی بنیه در بذر خشک (شاهد) کاهش یافت. در مقابل تیمارهای بذر حاوی روی و بور بالا منجر به افزایش صفات جوانه‌زنی شدند. دلیل کاهش طول گیاهچه تحت تنش خشکی احتمالا می تواند کاهش در تقسیمات سلولی و کاهش جذب آب و کاهش در رشد طولی سلول باشد که با توجه به نقش مثبت عناصر روی و بور اثرات منفی تنش کاهش خواهد یافت. با افزایش در سطوح تنش خشکی پتانسیل آب منفی تر شده و جذب آب توسط بذر مشکل می‌شود و کاهش در جذب آب سبب کاهش در جوانه زنی می شود. محققان اثر کاهش پتانسیل آب بر جوانه‌زنی گلرنگ مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که کاهش جذب آب باعث کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و بنیه‌ی بذر می گردد (Maleki Narg Mousa *et al.*, 2015). انصاری (Ansari *et al.*, 2012) بیان داشتند که تنش خشکی سبب کاهش در بنیه طولی شد و استفاده از پرایمینگ با اثرگذاری بر اجزای محاسبه بنیه از قبیل درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه سبب افزایش در بنیه طولی خواهد شد. به‌طور کلی بنیه طولی حاصلضرب درصد جوانه‌زنی در طول گیاهچه می‌باشد که با افزایش در هر کدام از این اجزا بنیه طولی نیز افزایش می‌یابد و استفاده از تیمارهای تغذیه‌ای با اثر گذاری بر روی این اجزا سبب بهبود در بنیه بذر خواهد شد.

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح مختلف تنش خشکی و تغذیه نشان داد که در همه‌ی سطوح تنش خشکی، تیمار بذر محتوی روی بالا، نسبت به سایر تیمارها بیشترین مقدار را برای شاخص وزنی بنیه نشان داد. اما در سطوح تنش خشکی صفر، و ۰/۴- مگاپاسکال ، تیمارهای خیساندن بذر در روی ۰/۳ درصد، بور ۰/۳ درصد، ترکیب هر دو و بذر خشک و در سطح تنش خشکی ۰/۲- مگاپاسکال ، تیمارهای خیساندن بذر در روی ۰/۳ درصد، بور ۰/۳ درصد و بذر خشک نسبت به سایر تیمارها کم‌ترین مقدار شاخص وزنی بنیه نشان دادند (شکل ۸).



شکل ۷– مقایسه میانگین برهم‌کنش تغذیه وتنش خشکی برای شاخص طولی بنیه‌ی بذر کنجد.

Fig 7- Mean comparison of the interaction of nutrition and drought stress for length vigor index of sesame seeds.



شکل ۸- مقایسه میانگین برهم‌کنش تغذیه و تنش خشکی برای شاخص وزنی بنیه‌ی بذر کنجد.

Fig 8- Mean comparison of the interaction of nutrition and drought stress for weight vigor index of sesame seeds.

همچنین نتایج نشان داد که با افزایش در سطوح تنش خشکی، وزن خشک گیاهچه و شاخص وزنی بنیه در بذر خشک (شاهد) کاهش یافت. نتایج بسیاری از محققین نشان داد که با افزایش در سطح تنش خشکی وزن خشک گیاهچه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Ansari *et al.*, 2012؛ Yazdani Biuki *et al.*, 2008). کاهش در وزن خشک گیاهچه در اثر تنش مربوط به کاهش در رشد و کاهش در تقسیم سلولی می باشد. ولی با استفاده از تیمارهای تغذیه‌ای رشد گیاهچه بیشتر شده و تقسیم سلولی به دلیل افزایش انرژی بیشتر شده در نتیجه وزن خشک گیاهچه هم افزایش می‌یابد. در نتیجه در این پژوهش تیمارهای تغذیه ای با افزایش وزن خشک تحت تنش خشکی، سبب افزایش شاخص وزنی بنیه شد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تیمارهای خیساندن بذر با محلول‌های حاوی عناصر روی و بور در غلظت‌های مورد استفاده در این آزمایش، به جای تاثیرات مثبت، موجب کاهش صفات جوانه‌زنی بذر کنجد می‌گردد. علت این کاهش را احتمالا می توان به حساسیت بذر کنجد نسبت به این غلظت‌های بکار رفته نسبت داد. اما، تیمارهای بذر محتوی روی بالا، بور بالا و ترکیب هر دو، نسبت به تیمارهای خیساندن بذر، تاثیر بسزایی بر افزایش بنیه ی بذر دارد، به‌طوری که منجر به افزایش صفات جوانه زنی و فعالیت آنزیم‌های پاداکساینده در برابر تنش خشکی می‌گردد. بنابراین پیشنهاد می گردد در مزارع تولید بذر، بخصوص اگر بیم بروز تنش خشکی می‌رود، از محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی بخصوص روی و بور استفاده گردد.

منابع

Reference

Abdulbaki, A. A., and J. D. Anderson. 1975. Vigour determination in soybean seed by multiple criteria. Crop Sci. 13: 630-633.

Aboutalebian, M. A., G. Zare Ekbatani, and A. Sepehri. 2012. Effects of on farm seed priming with zinc sulfate and urea solutions on emergence properties, yield and yield components of three rain fed wheat cultivars. Ann. Biol. Res. 3 (10): 4790- 4796.

Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. Methods in Enzymology. 105: 121- 126.

Ansari, O., H.R. Chogazardi, F. Sharifzadeh, and H. Nazarli. 2012. Seed reserve utilization and seedling growth of treated seeds of mountain rye (*Seecale montanum*) as affected by drought stress. Cresetari Agron. Moldova. 2 (150): 43-48.

Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc. Agronomic or genetic bio fortification. Plant and Soil. 302 (1-2): 1- 17.

Dodd, G.L., and L.A. Donovan. 1999. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. Am. J. Bot. 86: 1146-1153.

Duan, D., X. Liu, N. Ajmal khan, and B. Gul. 2004. Effect of salt and water stress on the germination of *Chenopodium glaucum* seeds. Pak. J. Bot. 36: 793- 800.

Farrokhi A., S. Galeshi, E. Zeinali, and A. Abdoul zade. 2004. Evaluation of drought tolerance genotypes of soybean (*Glycine max*. L. Merr) in germination stage. J. Agric. Sci. Nat. Res. 11(2): 137-148.

Gholami, M., M. Rahemi, and B. Kholdebarin. 2010. Effect of drought stress induced by polyethylene glycol on seed germination of four wild Almond species. Aust. J. Basic Appl. Sci. 4 (5): 785- 791.

Grewal, H. S., and R. Williams. 2000. Zinc nutrition affects alfalfa response to water stress and excessive moisture. J. Plant Nutr. 23: 942- 962.

Harris, D., A. Rashid, and G. Miraj. 2008. On farm seed priming with zinc in chickpea and wheat in Pakistan. Plant Soil. 306: 3- 10.

Harris, D., A. Rashid, G. Miraj, M. Arif, and H. Shah. 2007. Priming seeds with zinc sulfate solution increases yields of maize (*Zea mais* L.) on zinc deficient soils. Field. Crop. Res. 102: 119- 127.

Iqbal, S., M. Farooq, A. Nawaz, and A. Rehman. 2012. Optimizing boron seed priming treatments for improving the germination and early seedling growth of wheat. J. Agric. and Soc. Sci. 8: 57- 61.

Jalil Shesh Bahre, M., and M. Movahhedi Dehnavi. 2008. Effect of zinc and iron foliar application on soybean seed vigor grown under drought stress. Elec. J. Crop Prod. 5(1): 19-35. (In Persian)

Johnson, S. E., J. G. Lauren, R. M. Welch, and J. M. Duxbury. 2005. A comparison of the effects of micronutrient seed priming and soil fertilization on the mineral nutrition of chickpea (*Cicer arietinum*), lentil (*Lens culinaris*), rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) in Nepal. Exp. Agric. 41 (4): 427- 448.

Kafi, M., and A. Mahdavi-Damghani. 2000. Mechanism of Tolerance to Environmental Stress in Sowings Plant. Ferdowsi University of Mashhad. P. 467. (In Persian)

Kalita, U., J. Suhrawardy, and J. R. Das. 2002. Effect of seed priming with potassium salt and potassium levels on growth and yield of direct seeded summer rice (*Oryza sativa* L.) under rain fed upland condition. Indian. J. Hill Farm. 15: 50- 53.

Kar, M. E., and D. Mishra. 1976. Catalase, peroxidase and polyphenol oxidase activities during rice leaf senescence. Plant Physiol. 57: 9-315.

Lopez Castaneda, C., R. A. Richards, D. G. Farquhar, and R. E. Williamson. 1995. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperate cereals. Crop Sci. 36 (5): 1257- 1266.

Maguire, J. D. 1962. Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Sci. 2: 176-177.

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

Michel, B. E., and M. R. Kaufmann. 1973. The osmotic potential of Polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 51: 914- 916.

Mirshekari, B. 2012. Seed priming with iron and boron enhances germination and yield of dill (*Anethum graveolens*). Turk. J. Agric. For. 36: 27-33.

Mirshekari, B. 2015. Effects of seed priming with microelements of Fe and B on some germination parameters and yield of marigold (*Calendula officinalis* L.). Iran. J. Med. Arom. Plant. 30(6): 879-888. (In Persian)

Misagh, M., M. Movahhedi Dehnavi, A.Yadavi, and H. Khademhamzeh. 2016. Improvement of yield, oil and protein percentage of sesame (*Sesamum indicum* L.) under drought stress by foliar application of zinc and boron. J. Crop Prod. 9(1): 163-180. (In Persian)

Movahhedi Dehnavi M., M. Misagh, A. Yadavi, and M. Merajipoor. 2017. Physiological responses of sesame (*Sesamum indicum* L.) to foliar boron and zinc application under drought stress. J. Plant Process and Function. 6(20): 27-35.

Movahhedi Dehnavi, M., S. A. M. Modarres Sanavy, and A. Mokhtassi Bidgoli. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Ind. Crops Prod. 30 (1): 82- 92.

Ozturk, L., M. A. Yazici, C. Yucel, A. Torun, C. Cekic, A. Bagci, H. Ozkan, H. J. Braun, Z. Sayers, and I. Cakmak. 2006. Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat. Physiol. Plant. 128 (1): 144-152.

Rehman, A., M. Farooq, and Z. A. Cheema. 2012. Seed priming with boron improves growth and yield of fine grain aromatic rice. J. Plant Growth Regul. 68: 189- 201.

Verma, S.K., G.C. Bjpai. S.K. Tewari, and J. Singh. 2005. Seedling index and yield as influenced by seed size in pigeon pea. Legume Res. 28(2): 143-145.

Welch, R. M., and R. D. Graham. 1999. A new paradigm for world agriculture meeting human needs: productive, sustainable, nutritious. Field. Crop. Res. 60: 1- 10.

Yazdani Biuki, R. R., P. Rezvani Moghaddam, H. R. Khazaie, R. Ghorbani, and A. R. Astaraei. 2008. Effects of Salinity and Drought Stresses on Germination Characteristics of Milk Thistle (*Silybum marianum*). Iranian J. Field. Crop. Res. 8(1): 12-19. (In Persian)

Zand, B., A. Soroosh zadeh, F. Ghanati, and F. Moradi. 2008. Effect of zinc and auxin foliar application on some anti-oxidant enzymes activity in corn leaf. Iranian J. Plant Biol. 1(3): 35-48. (In Persian)