"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد ششم، شماره ۱، بهار و تابستان ۹۶
(ص ۱۷۶-۱۶۵)

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 6, No.: 1, Spring and Summer 2017
(pp: 165-176)
DOI: 10.22034/ijsst.2017.113252

تاثیر مگنتوپرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر کنجد (*Sesamum indicum*) تحت شرایط تنش خشکی

مریم جانعلی زاده قزوینی[۱]، احمد نظامی[۲*]، حمیدرضا خزاعی[۲]، مرتضی گلدانی[۲] و حسن فیضی[۳]

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه فردوسی مشهد
۲. اعضای هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نبات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۳. عضو هیئت علمی دانشگاه تربت حیدریه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۲- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۱۰)

چکیده

به منظور بررسی اثر مگنتوپرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر کنجد تحت شرایط تنش خشکی، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. بذور خشک کنجد به صورت توده‌ای در معرض میدان‌های مغناطیسی (شاهد (عدم قرار گیری)، ۲۵ میلی‌تسلا به مدت ۱۰ دقیقه و ۷۵ میلی‌تسلا به مدت ۶۰ دقیقه) قرار گرفته و سپس با پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ با پتانسیل‌های مختلف (شاهد (آب مقطر)، ۲-، ۴-، ۶- و ۸- بار) تیمار شدند. در نهایت صفاتی نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه و نیز شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه ثبت شد. نتایج نشان داد که پرایمینگ با میدان‌های مغناطیسی منجر به افزایش سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه مخصوصاً در شدت‌های بالای تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد (عدم پرایمینگ) شد. طول ریشه‌چه برای بذور پرایم شده با میدان مغناطیسی ۷۵ میلی‌تسلا به مدت یک ساعت در تنش ۸- بار، ۱۶/۶ درصد و وزن خشک ریشه‌چه در همین سطح از تنش و در بذور تیمار شده با میدان ۲۵ میلی‌تسلا به مدت ۱۰ دقیقه حدود ۶۴/۴ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم قرارگیری) بیشتر بود. همچنین در اثر پرایمینگ با میدان‌های مغناطیسی ۷۵ و ۲۵ میلی‌تسلا در پتانسیل ۸- بار، شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه به ترتیب ۳۸ و ۲۲/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافتند.

کلمات کلیدی: پلی اتیلن گلیکول، ریشه‌چه، ساقه‌چه، شاخص بنیه گیاهچه، میدان مغناطیسی.

Effect of Magneto Priming on Seed Germination of Sesame (*Sesamun indicum*) Seed under Water Stress Conditions

Maryam Janalizadeh Ghazvini[1], Ahmad Nezami[*2], Hamid Reza Khazaie[2], Morteza Goldani[2] Hassan Feizi[3]

1, 2, 3. Ph.D. Student in Crop Physiology, Professors in Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Assistant Professor in Torbat-e-Heydarieh University Respectively.

Abstract

In order to investigate the effect of magneto priming on seed germination of sesame seed under water stress conditions, a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications was carried out in 2014 in Ferdowsi University of Mashhad. Dry seeds of sesame exposed to magnetic fields (control (no priming), 25 mT[1] for 10 minutes and 75 mT for 60 minutes) bulky, then they treated by Polyethylene glycol 6000 (PEG6000) with different potentials (control (distilled water), -2, -4, -6 and -8 bar). Finally, germination traits such as germination percentage, germination rate, plumule and radicle length, dry weight of plumule and radicle and seedling length and seedling weight vigour indices were measured. The results showed that magneto priming led to increment of germination rate, radicle and plumule length, radicle dry weight and seedling length and seedling weight vigour indices, especially in high levels of water stress compared with control treatment. Radicle length of magneto primed sesame seeds with 75 mT (for 60 minutes) in -8 bar was 16.6% and radicle dry weight of magneto primed seeds with 25 mT (for 10 minutes) at the same level of water stress, was 64.4% more than control (no priming). In addition in -8 bar potential, due to priming with 75 and 25 mT intensities of magnetic fields, seedling length and weight vigour indices enhanced 38% and 22.6%, respectively, in comparison to control treatment.

Key words: Magnetic fields, Plumule, Poly ethylene glycol, Radicle, Seedling vigour index.

* Email: nezami@um.ac.ir
[1] mili Tesla

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تنش‌های محیطی یک مانع بزرگ برای تأمین غذای جهانی هستند. زمین‌های زراعی فاقد تنش نسبتاً کمی موجودند که در آن گیاهان زراعی به عملکردهای پتانسیل خود می‌رسند. برای مثال حدود ۴۵ درصد از اراضی کشاورزی جهان که ۳۸ درصد از جمعیت جهان در آن جای گرفته اند، با خشکی موقت یا دائم مواجه هستند (Bot *et al*., 2000). هم اکنون تنش آب بعنوان مهم ترین و متداول ترین عامل کاهنده عملکرد در مناطق خشک و نیمه خشک مطرح است. اما این تنش ممکن است حتی در مناطقی با بارندگی بالا نیز اتفاق بیافتد (Vamerali *et al*., 2003). از این رو بایستی تحمل به خشکی گیاهان زراعی با استفاده از عملیات به زراعی و به نژادی، افزایش یابد. تحمل به تنش خشکی در همه گونه‌های گیاهی مشاهده شده است، اما میزان آن از گونه‌ای به گونه دیگر و در مراحل مختلف رشدی آنها متفاوت است. در بسیاری از گیاهان زراعی جوانه‌زنی و رشد اولیه‌ی گیاهچه از حساس‌ترین مراحل به تنش‌های محیطی محسوب می‌شود (Yavari *et al*., 2001). قابلیت دسترسی بذر به آب با کاهش پتانسیل اسمزی و ماتریک کاهش یافته و باعث اختلال در جوانه‌زنی بذر می‌شود (Gill *et al*., 2002). همچنین تنش خشکی موجب کاهش، تأخیر و حتی توقف جوانه‌زنی شده و سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را پایین می‌آورد (Turk *et al*., 2004). دی و کار (De and Kar, 1994) با بررسی اثرات تنش خشکی بر روی جوانه‌زنی گیاه ماش (*Vigna radiata*) اعلام کردند در سطوح مختلف خشکی که با پلی اتیلن گلیکول ایجاد شده بود طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با زیاد شدن میزان تنش خشکی کاهش یافت و کاهش در وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز مشاهده گردید. گرچه کنجد از جمله گیاهان نسبتاً متحمل به تنش خشکی محسوب می‌شود، اما گیاهی است که در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای به دلیل محدودیت گسترش ریشه به کم آبی حساس می‌باشد (Orruno and Morgan, 2007). این عامل باعث می‌شود تا عملکرد مطلوبی در مناطق خشک و یا در شرایط دیم تولید نکند. چرا که استقرار مناسب گیاهچه‌ها و اطمینان از عملکرد مناسب گیاه زراعی به میزان زیادی بستگی به جوانه‌زنی یکنواخت، به هنگام و سریع دارد.

در سال‌های اخیر، پرایمینگ بذر به عنوان یک استراتژی امیدوارکننده در مدیریت تنش مطرح شده است. پرایمینگ گیاهان را در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی حفاظت کرده بدون اینکه بر عملکرد گیاه اثر منفی بگذارد (Uchida *et al*., 2002, Kaya *et al*., 2006). همچنین بذور پرایم شده افزایش در سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی بیشتر در جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی بالاتری نشان داده‌اند (Basra *et al*., 2005). روش‌های مختلفی از جمله هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ،کمیکال پرایمینگ، هورمونال پرایمینگ، بیولوژیکال پرایمینگ، ردوکس پرایمینگ، پرایمینگ ماتریکس جامد (Igbal and Ashraf, 2005)، نوترینت پرایمینگ (Arif *et al*., 2005) و فیزیکال پرایمینگ (Dorna *et al*., 2010) به منظور پرایم بذرها پیش از جوانه‌زنی استفاده می‌شوند. در این بین پرایمینگ با میدان‌های مغناطیسی (مگنتوپرایمینگ) بعنوان یکی از انواع پرایمینگ فیزیکی بذر به دلیل ایمنی بیشتر و قیمت ارزان تر به اعتقاد بعضی از محققان، می‌تواند حتی بعنوان جایگزینی برای روش‌های شیمیایی و زیستی برای تیمارهای قبل از کشت بذر در نظر گرفته شود (Vakharia *et al*., 1991).

قرارگیری بذور زیره سبز (*Cuminum cyminum*) در معرض شدت‌های مختلف از میدان‌های مغناطیسی قبل از جوانه‌زنی بطور معنی‌داری صفات مرتبط با جوانه‌زنی نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه و شاخص‌های بنیه گیاهچه را افزایش داد (Asadi Samani *et al*., 2013). فیضی و همکاران (Feizi *et al*., 2012) با مطالعه بر روی گوجه فرنگی، گزارش کردند که میدان مغناطیسی دائم با

Archive of SID

www.SID.ir

شدت سه میلی‌تسلا و نیز شدت ۲۵ میلی‌تسلا به مدت پنج دقیقه به ترتیب منجر به افزایش ۲۹ و ۲۵ درصدی طول ریشه‌چه نسبت به شاهد شدند. بررسی اثر میدان مغناطیسی بر فعالیت آنزیم‌های جوانه‌زنی (آلفاآمیلاز، دهیدروزناز و پروتئاز) در گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa*) نشان داد که میدان مغناطیسی در همه بازه‌های زمانی (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه) اعمال شده باعث افزایش فعالیت هر سه آنزیم یاد شده گردید (Pourakbar *et al.*, 2012). ابوالیزید و همکاران (Abou El-Yazied *et al.*, 2011)، اثر میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی بذر و رشد نشاء گوجه فرنگی را تحت تنش شوری مورد مطالعه قرا ر داده، بذرهای گوجه فرنگی را در معرض میدان‌هایی با شدت (۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲ تسلا) و زمان‌های مختلف (۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه) قرار دادند نتایج آنها نشان داد که داد که میدان مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا به مدت ۱۵ دقیقه منجر به افزایش قابل توجهی در درصد جوانه‌زنی، کاهش زمان مورد نیاز برای جوانه‌زنی و بهبود جوانه‌زنی بذر تحت شرایط تنش شوری شده است. همچنین آنانند و همکاران (Anand *et al.*, 2012) با بررسی اثر پرایم مغناطیسی بر تحمل به خشکی ذرت دریافتند که پیش تیمار مغناطیسی بذر منجر به افزایش طول کل ریشه، سطح ریشه و نسبت ریشه به شاخساره در تیمار مغناطیسی نسبت به شاهد شد که نشان می‌دهد تغییر در الگوی رشد گیاهچه‌ها ممکن است منجر به سازگاری آنها به تنش خشکی شود.

از آنجایی که تیمارهای مغناطیسی پیش از کاشت بذر توانسته اند جوانه‌زنی، تحمل به تنش و همچنین عملکرد گیاهان زراعی مختلف را افزایش دهند این تحقیق با هدف بررسی اثرات مگنتوپرایمینگ بذر بر بهبود جوانه‌زنی بذر گیاه کنجد تحت تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات میدان‌های مغناطیسی بر برخی از خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی کنجد تحت شرایط تنش خشکی آزمایشی در سال ۱۳۹۳ بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا در آمد. عوامل آزمایش شامل میدان مغناطیسی در سه سطح (شاهد (عدم قرارگیری)، ۲۵ میلی‌تسلا برای ۱۰ دقیقه و ۷۵ میلی‌تسلا به مدت ۶۰ دقیقه) و تنش خشکی در پنج سطح (شاهد (آب مقطر)، ۲-، ۴-، ۶- و ۸- بار) بود. برای این منظور ابتدا بذرهای خشک و با قوه نامیه بالای کنجد که از منطقه کلات (با عرض جغرافیایی ۳۶/۲ درجه و طول جغرافیایی ۵۹/۹ درجه و با ارتفاع ۳۰۵۹ متر از سطح دریا) و در مهر ماه سال قبل از انجام آزمایش (۱۳۹۲) جمع‌آوری شده بودند، به صورت توده‌ای در داخل یک کیسه نازک پلاستیکی ریخته شده و سپس درون دستگاه ایجاد کننده میدان مغناطیسی (دستگاه ایجاد کننده میدان مغناطیسی شامل یک جفت آهنربای قوی است که قابلیت تنظیم فاصله از هم دیگر را دارد. دو آهنربا طوری در دستگاه جاسازی شده اند که همدیگر را جذب می‌کنند یعنی قطب‌های غیر همنام (یک قطب S و یک قطب N) در مقابل همدیگر هستند.) در معرض میدان‌های مغناطیسی یاد شده قرار گرفتند. سپس به منظور دریافت تنش خشکی، در هر پتری، ۲۵ عدد بذر پرایم و غیر پرایم مغناطیسی قرار گرفته و به هر کدام مقداری محلول PEG6000 با پتانسیل مربوطه اضافه شد به طوری که بذور در تماس با محلول بودند. غلظت محلول پلی اتیلن گلیکول مورد نیاز برای ایجاد سطوح خشکی مورد نظر با استفاده از روش میشل و کافمن (Michel and Kaufman, 1973) تعیین شد. در نهایت پتری‌ها به داخل ژرمیناتور به مدت شش روز با دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی مناسب منتقل شدند. به منظور جلوگیری از تبخیر آب، پتری‌ها درون یک نایلون پلاستیکی قرار گرفتند. شمارش بذور جوانه زده بصورت روزانه انجام و در نهایت صفاتی نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، وزن خشک آنها وشاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه اندازه‌گیری شد.

Archive of SID

www.SID.ir

درصد جوانه‌زنی از طریق معادله بلچر و میلر (Belcher and Miller, 1974) و با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد. بذوری جوانه زده محسوب شدند که طول ریشه‌چه آنها حداقل دو میلی‌متر شده باشد.

رابطه (۱) $GP\% = n/N \times 100$ [1]

سرعت جوانه‌زنی از رابطه (۲) بر طبق روش ماگویر (Maguire, 1982) محاسبه شد.

رابطه (۲)

$GR = (a/1) + (b-a/2) + (c-b/3) + \ldots.. + (n-n-1/N)$ [2]

در رابطه‌های فوق، GP درصد جوانه‌زنی، n تعداد بذرهای جوانه زده در هر پتری، N تعداد کل بذرهای استفاده شده، GR سرعت جوانه‌زنی (day^{-1})، a،b،c، ...و n به ترتیب نشان دهنده‌ی تعداد بذرهای جوانه زده پس از ۱، ۲، ۳ و nروز بعد از شروع آبگیری آنها است. در رابطه ۲، N تعداد روز از شروع جوانه‌زنی است. همچنین شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه بر اساس رابطه عبدالباقی و اندرسون (Abdul-Baki and Anderson, 1973) محاسبه شد (رابطه ۳ و ۴).

رابطه (۳)

شاخص طولی بنیه گیاهچه = (طول گیاهچه (ریشه‌چه + ساقه‌چه(سانتی متر)) × درصد جوانه‌زنی

رابطه (۴)

شاخص وزنی بنیه گیاهچه = (وزن خشک گیاهچه (ساقه‌چه + ریشه‌چه(میلی گرم)) × درصد جوانه‌زنی

طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و نیز وزن خشک آنها پس از اتمام دوره جوانه‌زنی اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در آون ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفته و سپس با ترازوی دیجیتالی با دقت یک میلی‌گرم توزین شدند. تجزیه آماری داده‌ها به کمک نرم افزار MSTAT-C انجام شد. برای نرمال شدن توزیع داده‌های درصدی از تبدیل زاویه‌ای ($a\sin\sqrt{x}$)، استفاده شد. رسم شکل‌ها توسط نرم افزار MS Excel و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۱ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود میدان‌های مغناطیسی، تنش خشکی و اثر متقابل آنها اثر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر درصد جوانه‌زنی نداشته است. در این بررسی هرچند تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) سرعت جوانه‌زنی شد، اما اثر میدان مغناطیسی و اثر متقابل تنش خشکی و میدان مغناطیسی بر صفت مذکور معنی‌دار نبود (جدول ۱). بررسی اثر تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی نشان داد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد (عدم تنش) و ۲- بار وکمترین سرعت جوانه‌زنی در آخرین سطح تنش (۸- بار) اتفاق افتاد (جدول ۲). حسینی و رضوانی مقدم (Hosseini and Rezvani Moghaddam, 2006) با مطالعه بر روی اسفرزه (*Plantago psyllium*) گزارش کردند که سرعت جوانه‌زنی با افزایش میزان خشکی کاهش یافت و در پتانسیل ۱۲- بار به صفر رسید.

در این آزمایش گرچه اثر متقابل میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) نبود، اما آزمون دانکن قادر به تشخیص تفاوت بین میانگین‌ها شد و در آخرین سطح از تنش خشکی (۸-بار) کمترین سرعت جوانه‌زنی متعلق به تیمار شاهد (عدم قرار گیری در معرض میدان مغناطیسی) و بیشترین آن متعلق به تیمار ۷۵ میلی‌تسلا به مدت ۶۰ دقیقه بود (داده‌ها نشان داده نشده است). رینا و همکاران (Reina *et al.*, 2001) با آزمایش بر روی کاهو (*Lactuca sativa*) گزارش کردند که قرار گیری در معرض میدان‌های مغناطیسی جذب آب در بذر را بهبود داده و باعث تغییر در جوانه‌زنی و سرعت

[1] . Germination percentage
[2] . Germination Rate

Archive of SID

www.SID.ir

رشد شده است. نامبردگان خاطرنشان کردند که میدان‌های مغناطیسی با جریانات یونی واقع در غشای سلولی بواسطه تغییر در هدایت غشاء و بنابراین تغییر در غلظت و فشار اسمزی در دو سوی غشاء، برهم کنش دارد و این تغییرات، منجر به تغییر مکانیزم‌های آبنوشی بذر می‌شود. گارسیا و آرزا (Garcia and Arza, 2001) نیز افزایش در سرعت جذب آب را پس از قرارگیری بذور کاهو در معرض میدانی با شدت ۱-۱۰میلی‌تسلا مشاهده کرده و این عامل را مسئول افزایش در سرعت جوانه‌زنی پیشنهاد کردند.

جدول ۱- تجزیه واریانس برخی از خصوصیات جوانه‌زنی کنجد پرایم شده با میدان‌های مغناطیسی تحت تنش شرایط خشکی.

Table 1- Analysis of variance for some of germination traits of primed sesame seeds by magnetic fields under water stress conditions.

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی Df	درصد زنی‌جوانه (GP)	سرعت جوانه‌زنی (GR)	طول ریشه‌چه (RL)	طول ساقه‌چه (PL)	وزن خشک ریشه‌چه (RDW)	وزن خشک ساقه‌چه (PDW)	شاخص طولی بنیه گیاهچه (SLVI)	شاخص وزنی بنیه گیاهچه (SWVI)
میدان مغناطیسی (MF)	2	42.19 ns	0.704 ns	2.650**	0.177ns	0.355**	0.047 ns	28925**	7289.15**
تنش خشکی (WS)	4	36.55 ns	1.206**	3.538**	9.363**	0.159**	0.637**	235398**	7174.14**
میدان مغناطیسی × تنش خشکی MF × WS	8	41.68 ns	0.521 ns	1.018**	0.311**	0.077*	0.192 ns	15795**	2671.04*
خطا (Error)	30	27.417	0.253	0.224	0.083	0.032	0.103	3959.5	1097.33
کل (Total)	44								
ضریب تغییرات (CV)		5.97	4.17	15.16	19.14	21.11	16.02	13.7	11.73

Df: Degrees of Freedom MF: Magnetic field WS: Water stress GP: Germination percentage GR=Germination rate RL: Radicle length PL: Plumule length RDW: Radicle dry weight PDW: Plumule dry weight. SLVI and SWVI: Seedling length and seedling weight vigour indices and CV: Coefficient of variances.

ns، ** و *: به ترتیب نشان دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطوح احتمال ۱و ۵ درصد.

ns, ** and * indicate non significant and significant at 1 and 5% of probability levels respectively.

جدول ۲- اثر تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک ساقه‌چه کنجد.

Table 2- Effect of water stress on germination rate and plumule dry weight of sesame seed.

تنش خشکی (بار) Water stress (bar)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (seed per day)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی گرم) Plumule dry weight (mg)
Control	12.4[a]	1.73[b]
-2	12.4[a]	2.01[ab]
-4	11.9[ab]	2.06[ab]
-6	12.2[a]	1.80[b]
-8	11.5[b]	2.41[a]

*میانگین‌های با یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد ندارند.

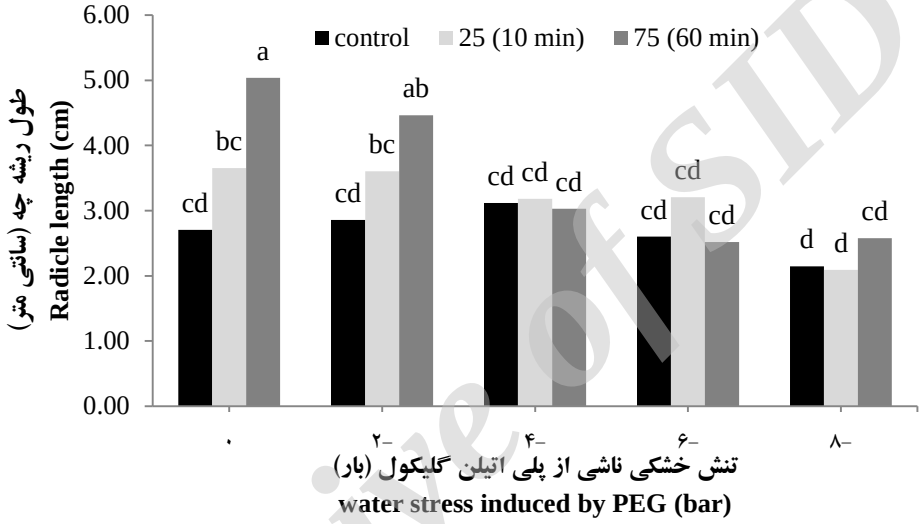
Means which have one similar letter in each column don't have any significant difference at 1% probability level based on Duncan's Multiple Range test.

اثر میدان‌های مغناطیسی، تنش خشکی و اثر متقابل آنها بر طول ریشه‌چه کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین طول ریشه‌چه مربوط به تیمار ۷۵ میلی‌تسلا و عدم تنش خشکی (۵/۰۴ سانتی متر) است و کمترین طول ریشه‌چه مربوط به تیمار ۲۵ میلی‌تسلا و شاهد در سطح ۸- بار تنش خشکی

Archive of SID

www.SID.ir

(به ترتیب ۲/۰۹ و ۲/۱۵ سانتی متر) بود (شکل ۱). طول ریشه‌چه برای بذور پرایم شده با میدان مغناطیسی ۷۵ میلی‌تسلا به مدت یک ساعت در پتانسیل ۸- بار، ۱۶/۶ درصد نسبت به بذور پرایم نشده در همان سطح از تنش بیشتر بود. بطور کلی بهبود رشد ریشه در اثر پرایمینگ مغناطیسی می‌تواند نقش مهمی را در افزایش تحمل به تنش خشکی به ویژه در شرایط دیم ایفا کند. ساخنینی (Sakhnini, 2007) نیز افزایش طول ریشه‌چه و جوانه‌زنی بذور لوبیا مگنتوپرایم شده را در غلظت‌های مختلف کلسیم کلرید گزارش کرد. قرارگیری بذور ذرت در معرض میدان‌های مغناطیسی با شدت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌تسلا به ترتیب برای دو و یک ساعت باعث افزایش معنی‌دار در رشد گیاهچه و پاسخ بیولوژیکی گیاهچه‌ها به تنش آب شد. تنش ملایم (۰/۲- مگاپاسکال) اثر تحریک کنندگی بر روی ریشه و شاخساره گیاه و وضعیت آب آن در تیمار ۲۰۰ میلی‌تسلا داشت (Anand *et al*., 2012).



شکل ۱– مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل مگنتوپرایمینگ و تنش خشکی بر طول ریشه‌چه کنجد.

Control: تیمار شاهد یا عدم قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی و min مدت زمان قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی به دقیقه است.

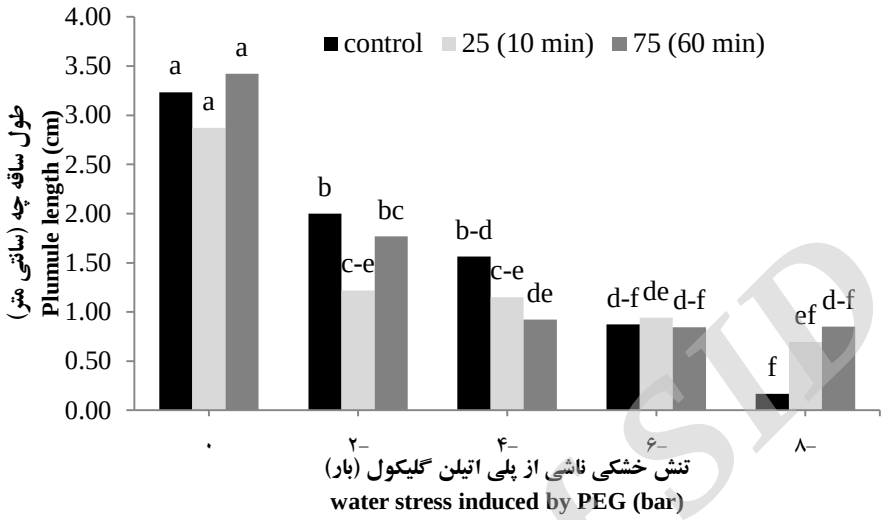
Figure 1- Mean comparisons of magneto-priming and water stress interactions on radicle length of sesame. Control: no magneto-priming and min: time of exposure under magnetic fields (minute).

میدان‌های مغناطیسی اثر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر طول ساقه‌چه نداشتند، اما اثر تنش خشکی و اثر متقابل میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر صفت مذکور معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱). در حالیکه تا پتانسیل ۴- بار، تقریباً بذور تیمار نشده با میدان مغناطیسی، ساقه‌چه‌های بلندتری تولید کردند اما با افزایش سطح تنش، سودمندی پرایم مغناطیسی نسبت به عدم پرایم به لحاظ این صفت آشکار شد و در آخرین سطح از تنش (۸- بار) گیاهچه‌های حاصل از تیمار ۷۵ میلی‌تسلا و ۲۵ میلی‌تسلا، ساقه‌چه‌های طویل‌تری نسبت به گیاهچه‌های حاصل از بذور غیر پرایم داشتند. بیشترین طول ساقه‌چه مربوط به تیمار ۷۵ میلی‌تسلا در شرایط عدم تنش (۳/۴۲ سانتی متر) و کمترین طول ساقه‌چه متعلق به تیمار عدم پرایمینگ در آخرین سطح از تنش خشکی (۰/۱۷ سانتی متر) بود (شکل ۲). آلاجاجیان (Aladjadjyian, 2002) نیز افزایش جوانه‌زنی، وزن تر و طول ساقه ذرت قرار گرفته در معرض میدانی به شدت ۱۵۰ میلی‌تسلا را گزارش کرد. واشیست و ناگاراجان (Vashisth and Nagarajan, 2008) با قرار دادن بذور نخود در معرض شدت‌های مختلف از میدان‌های مغناطیسی ثابت (از صفر تا ۲۵۰ میلی‌تسلا با

Archive of SID

www.SID.ir

فواصل ۵۰ میلی‌تسلا) و برای زمان‌های مختلف (از یک تا چهار ساعت با فواصل یک ساعت) مشاهده کردندکه ارتفاع شاخساره، وزن خشک شاخساره و ریشه و نسبت ریشه به شاخساره گیاهچه‌های یک ماهه تیمار شده افزایش بسیار معنی داری نسبت به تیمار شاهد نشان دادند.



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل مگنتوپرایمینگ و تنش خشکی بر طول ساقه‌چه کنجد.

Control: تیمار شاهد یا عدم قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی و min مدت زمان قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی به دقیقه است.

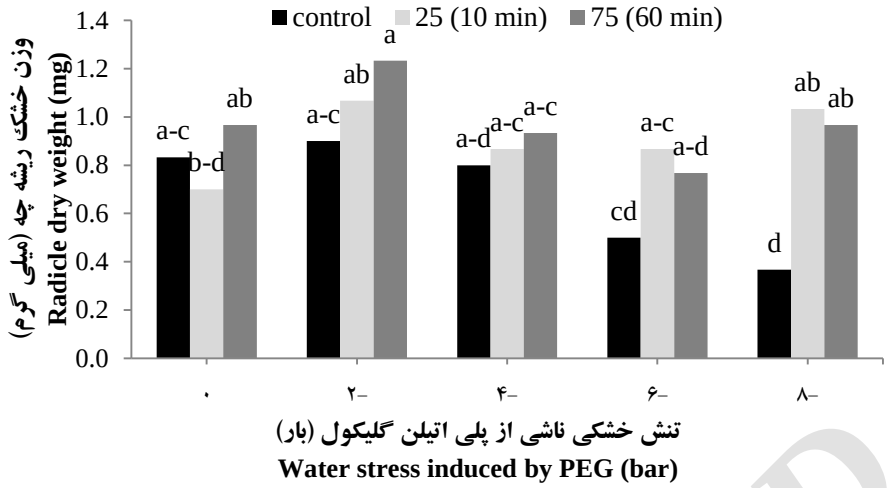
Figure 2- Mean comparisons of magneto-priming and water stress interactions on plumule length of sesame. Control: no magneto-priming and min: time of exposure under magnetic fields (minute).

اثر میدان مغناطیسی، تنش خشکی و اثر متقابل میدان مغناطیسی و تنش خشکی بر وزن خشک ریشه‌چه نیز معنی‌دار (به ترتیب در $p\leq۰/۰۱$ ، $p\leq۰/۰۱$ و $p\leq۰/۰۵$) بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین وزن خشک ریشه‌چه مربوط به عدم پرایم مغناطیسی در آخرین سطح از تنش خشکی (۰/۳۶۷ میلی گرم) و بیشترین آن متعلق به تیمار ۷۵ میلی‌تسلا در سطح ۲- بار تنش خشکی (۱/۲۳ میلی گرم) است (شکل ۳). وزن خشک ریشه‌چه در سطح ۸- بار برای بذور تیمار شده با میدان ۲۵ میلی‌تسلا به مدت ۱۰ دقیقه و ۷۵ میلی‌تسلا به مدت یک ساعت به ترتیب حدود ۶۴/۴ و ۶۲ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم قرارگیری) بیشتر بود. علاوه بر این در شرایط عدم تنش، تنش خشکی خفیف و ملایم ناشی از پلی اتیلن گلایکول، مقدار وزن خشک ریشه‌چه بذور مگنتوپرایم شده بویژه با شدت ۷۵ میلی‌تسلا نسبت به بذور غیر پرایم شده بیشتر بود. اما میدان ۲۵ میلی‌تسلا در افزایش وزن خشک ریشه‌چه در سطوح پایین تر تنش خشکی نسبت به ۷۵ میلی‌تسلا برتری نشان داد هرچند این اختلافات معنی‌دار نبود (شکل ۳).

مهدوی و همکاران (Mahdavi *et al* ., 2008) نیز نشان دادند که میدان مغناطیسی ۸۸ و ۱۲۸ میکروتسلا به مدت ۱۲ و ۲۴ ساعت سبب افزایش وزن خشک ریشه چهٔ علف هرز سوروف (*Echinochloa crusgalli*) نسبت به شاهد شد. فیشر و همکاران (Fischer *et al* ., 2004) با مطالعه بر روی گندم بیان نمودند که میدان‌های مغناطیسی با شدت بالا تاثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی نداشته اما منجر به افزایش وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه شدند. تحقیق صورت گرفته بر روی ذرت نیز حاکی از افزایش رشد دانه رُست‌ها تحت تاثیر میدان مغناطیسی زمین و یک میدان الکترومغناطیس ضعیف بود.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل مگنتوپرایمینگ و تنش خشکی بر وزن خشک ریشه‌چه کنجد.

Control: تیمار شاهد یا عدم قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی و min مدت زمان قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی به دقیقه است.

Figure 3- Mean comparisons of magneto-priming and water stress interactions on radicle dry weight of sesame. Control: no magneto-priming and min: time of exposure under magnetic fields (minute).

در بررسی مذکور علت افزایش رشد به افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی، کاهش پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء، افزایش میزان فریتین[1] دانه، کاهش جذب آهن و در نتیجه کاهش تنش اکسیداتیو در گیاه نسبت داده شد (Hajnorouzi *et al*., 2011).

در این آزمایش به استثنای تنش خشکی، هیچ یک از منابع تغییر اثر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه‌چه ($p\leq$۰/۰۱) نداشتند (جدول ۱) و صفت مذکور تغییرات و نوسانات زیادی با کاهش پتانسیل آب اطراف بذر نشان داد، بطوریکه در ابتدا روند افزایشی گرفت و سپس کاهش یافت و در سطح ۸- بار به بیشینه مقدار خود رسید (جدول ۲).

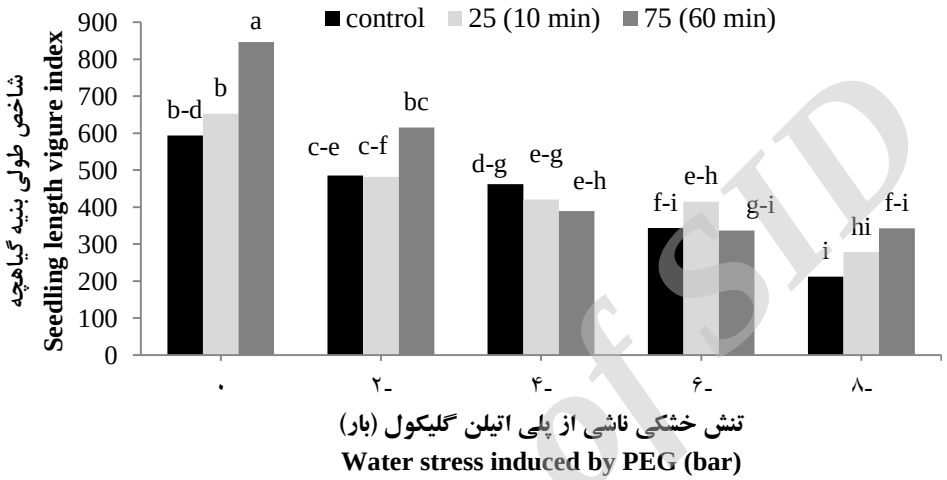
شاخص طولی بنیه گیاهچه نیز بطور معنی داری تحت تاثیر میدان مغناطیسی، تنش خشکی و اثرات متقابل این دو قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین شاخص طولی بنیه گیاهچه متعلق به تیمار ۷۵ میلی‌تسلا در شرایط عدم تنش خشکی (۸۴۶) و کمترین آن متعلق به شاهد در آخرین سطح از تنش خشکی (۲۱۲) بود (شکل ۴). پرایمینگ با میدان مغناطیسی ۷۵ میلی‌تسلا در پتانسیل ۸- بار، باعث افزایش تقریباً ۳۸ درصدی شاخص طولی بنیه گیاهچه نسبت به تیمار شاهد (عدم قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی) شد. به نظر می‌رسد افزایش فعالیت فیزیولوژیکی بدلیل افزایش جذب آب در بذور تیمار شده با میدان مغناطیسی موجب افزایش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و در نتیجه بنیه گیاهچه در این آزمایش باشد. در بررسی پوراکبر و همکاران (Pourakbar *et al*., 2012) بر روی سیاهدانه نیز میدان مغناطیسی در هر دو شدت (۲۵ و ۵۰ میلی‌تسلا) و در همه بازه‌های زمانی (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه) باعث افزایش معنی‌دار شاخص طولی بنیه گیاهچه نسبت به تیمار شاهد شد و بیشترین اثر را میدان ۲۵ میلی‌تسلا به مدت ۶۰ دقیقه داشت. در آزمایش پودلسنی و همکاران (Podlesny *et al*., 2005) افزایش معنی‌دار در محتوای رادیکال‌های آزاد در گیاهان نخود فرنگی (*Pisum sativum*) قرار گرفته در معرض میدان مغناطیسی

[1]. فریتین از جمله مولکول‌های مهم دخیل درتنظیم هموستازی آهن است که در تمام موجودات زنده یافت می‌شود. فریتین با اکسید کردن Fe^{2+} به Fe^{3+} آهن را در هسته مرکزی خود ذخیره می‌کند و همچنین بعنوان ماده ای با گشتاور مغناطیسی، نامزد مناسبی برای مطالعه بر هم کنش آهن و میدان مغناطیسی در سلول‌های زنده است.

Archive of SID

www.SID.ir

قبل از کشت دیده شد. نامبردگان اظهار کردند که احتمالاً افزایش رادیکال‌های آزاد، باعث بوجود آمدن تغییرات ابتدایی در طی نمو گیاهچه‌ها نظیر طویل شدن هیپوکوتیل و ریشه‌ها و افزایش بنیه گیاهچه‌ها شده است (Podlesny *et al*., 2005). مطالعات صورت گرفته توسط روچالسکا (Rochalska, 2002) روی جوانه‌زنی و رشد گندم، تریتیکاله، ذرت و سویا نیز نشان داد که میدان مغناطیسی می‌تواند به عنوان یک روش برای بهبود بنیه بذر استفاده شود. این مسئله بخصوص زمانی که شرایط آب و هوایی نامساعد و یا پارامترهای کیفی بذر مطلوب نباشند، بسیار حائز اهمیت است.



شکل ۴- مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل مگنتوپرایمینگ و تنش خشکی بر شاخص طولی بنیه گیاهچه کنجد.

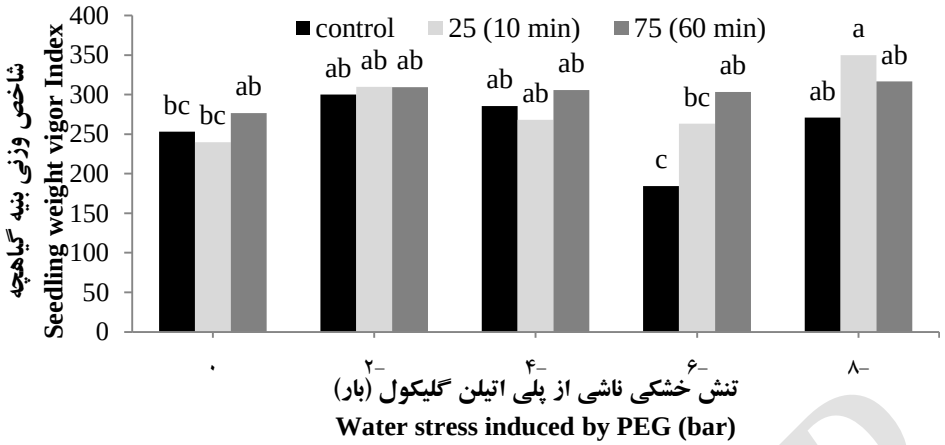
Control: تیمار شاهد یا عدم قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی و min مدت زمان قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی به دقیقه است.

Figure 4- Mean comparisons of magneto-priming and water stress interactions on seedling length vigour index of sesame. Control: no magneto-priming and min: time of exposure under magnetic fields (minute).

میدان مغناطیسی، تنش خشکی و اثرات متقابل آنها شاخص وزنی بنیه گیاهچه را نیز به طور معنی‌داری (به ترتیب در $p\leq۰/۰۱$، $p\leq۰/۰۱$ و $p\leq۰/۰۵$) تحت تاثیر قرار دادند (جدول ۱) و تیمارهای پرایمینگ به ویژه در سطوح پایین‌ترتنش خشکی مقدار بیشتری را به لحاظ این صفت در مقایسه با عدم پرایم نشان دادند. بیشترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه که افزایش ۲۲/۶ درصدی نسبت به تیمار عدم پرایم داشت مربوط به میدان ۲۵ میلی‌تسلا در پتانسیل ۸- بار (۳۵۰) و کمترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه متعلق به تیمار شاهد در سطح ۶- بار (۱۸۴) بود (شکل ۵). افزایش بنیه و جوانه‌زنی بذر در اثر پرایمینگ با میدان‌های مغناطیسی و الکترومغناطیسی توسط سایر محققان نیز اثبات شده است (Carbonell *et al*., 2008؛Mano *et al*., 2006). به نظر می‌رسد میدان‌های مغناطیسی بنیه بذر را با تحت تاثیر قرار دادن فرآیندهای بیوشیمیایی که فعالیت پروتئین‌ها و آنزیم‌ها را تحریک می‌کند، افزایش می‌دهند (Vashisth and Nagarajan, 2010).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های اثرمتقابل مگنتوپرایمینگ و تنش خشکی بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه کنجد.

Control: تیمار شاهد یا عدم قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی و min مدت زمان قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی به دقیقه است.

Figure 5- Mean comparisons of magneto-priming and water stress interactions on seedling weight vigour index of sesame. Control: no magneto-priming and min: time of exposure under magnetic fields (minute).

نتیجه‌گیری

پرایمینگ با میدان‌های مغناطیسی باعث بهبود ویژگی‌های مربوط به جوانه‌زنی کنجد تحت تنش خشکی گردید. افزایش سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و نیز افزایش شاخص‌های بنیه گیاهچه به ویژه در شرایط تنش شدید در بذور مگنتوپرایم شده نوید بخش بهبود تحمل به تنش و استقرار مطلوب گیاهچه کنجد در شرایط کمبود رطوبت است. با وجود این بررسی ویژگی‌های مرتبط با سبز شدن و رشد گیاهان حاصل از بذور پرایم شده با میدان‌های مغناطیسی در شرایط کمبود آب در مزرعه، جهت تعیین همبستگی بین نتایج در دو محیط پتری و خاک مفید خواهد بود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد برای تأمین اعتبار این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Reference

Abdul-Baki, A. A., and J.D. Anderson. 1973. Vigour determination in soyabean by multiple criteria. Crop Sci. 10: 31-34.

Abou El-Yazied, A., O.A. Shalaby, A.M. El-Gizawy, S.M. Khalf, and A. El-Satar. 2011. Effect of magnetic field on seed germination and transplant growth of tomato. J. Am. Sci. 7(12): 306-312

Aladjadjyian, A. 2002. Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mays.* J. Cent. Eur. Agric. 3(2): 89-94.

Anand, A., S. Nagarajan, A.P.S. Verma, D.K. Joshi, P.C. Pathak, and J. Bhardwaj. 2012. Pre-treatment of seeds with static magnetic field ameliorates soil water stress in seedlings of maize (*Zea mays* L.). Indian J. Biochem. Biophys. 49:63–70.

Archive of SID

www.SID.ir

Arif, M., S. Ali, A. Shah, N. Javed, and A. Rashid. 2005. Seed priming maize for improving emergence and seedling growth. Sarhad J. Agric. 21: 239–243.

Asadi Samani, M., L. Pourakbar, and N. Azimi. 2013. Magnetic field effects on seed germination and activities of some enzymes in cumin. Life Sci. J. 10 (1): 323-328.

Basra, S.M. A., M. Farooq, R. Tabassum and K. Ahmad. 2005. Physiological and biochemical aspects of seed vigor enhancement treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). Seed Sci. Technol. 33: 623-628.

Belcher, E.W., and L. Miller.1974. Influence of substrate moisture level on the germination of sweet gum and pine seed. Assoc. Off. Seed Anal. 65: 88-89.

Bot, A.J., F.O. Nachtergaele, and A.Young. 2000. Land resource potential and constraints at regional and country levels. World Soil Resources Reports 90. Land and Water Development Division, Food. Agric. Organ, Rome

Carbonell, M.V., E. Martinez, M. Florez, R. Maqueda, A. Lopez-Pintor, and J.M. Amaya, 2008. Magnetic field treatments improve germination and seedling growth in *Festuca arundinacea Schreb* and *Lolium perenne* L. Seed Sci. Technol. 36: 31-37.

De, F.R., and K. Kar. 1994. Seed germination and seeding growth of mung been under water stress induced by PEG 6000. Seed Sci. Technol. 23: 301-304.

Dorna, H., R. Gorski, D. Szopinska, K. Tylkowska, J. Jurga, S. Wosinski, and M. Tomczak. 2010. Effect of a permanent magnetic field together with the shielding of an alternating electric field on carrot seed vigour and germination. Ecol. Chem. Eng. 17: 53-61.

Feizi, H., P. Rezvani Moghaddam, H. Sahabi, and S. Amirmoradi. 2012. Stimulation of seed germination and seedling growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) by magnetic field and seed soaking. J. Hortic. Sci. 26(3): 343-349. (In Persian with English Abstract.)

Fischer, G., M. Tausz, M. Kock. and D. Grill. 2004. Effects of weak 16 Hz magnetic fields on growth parameters of young sunflower and wheat seedlings. Bioelectromagnetics. 25: 638-641.

Garcia, R.F., and P.L. Arza. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I: theoretical considerations, Bioelectromagnetics. 22:589–595.

Gill, P.K., A.D. Shama, P. Singh, and S. Singh Bhullar. 2002. Osmotic stress-induced changes in germination, growth and soluble sugar content of *Sorghum bicolor* L. seeds. Bulg. J. Plant Physiol. 28: 12-25.

Hajnorouzi, A., M. Vaezzadeh, F. Ghanati, H. Jamnezhad, and B. Nahidian. 2011. Growth promotion and a decrease of oxidative stress in maize seedlings by a combination of geomagnetic and weak electromagnetic fields. J. Plant Physiol. 168: 1123-1128.

Hosseini, H., and P. Rezvani Moghaddam. 2006. Effect of water and salinity stress on germination of blond psyllium (*Plantago ovata*). Iranian J. Field Crop Res. 4: 15-23. (In Persian with English Abstract.)

Igbal, M., and M. Ashraf. 2005. Changes in growth, photosynthetic capacity and ionic relations in spring wheat (*Triticum aestivum*) due to pre-sowing seed treatment with poly amines. Plant Growth Regul. 46: 19-30.

Kaya, M. D., G. Okcub, M. Ataka, Y. Cıkılıc, and O. Kolsarıcıa. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Eur. J. Agron. 24: 291–295.

Maguire, I.D. 1982. Speed of germination- aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 22: 176-177.

Mahdavi, B., A.M. Modarres Sanavy, and H.Bolouchi. 2008. Effect of Electromagnetic field on seed germination and seedling growth of annual medics, barley, dodder and barnyard grass. J. Iran Biol. 21: 433-443.

Mano, J., T. Nakahara, Y. Torii, H. Hirose, J. Miyakoshi, and K. Takimoto. 2006. Seed deterioration due to high humidity at high temperature is suppressed by extremely low frequency magnetic fields. Seed Sci. Technol. 34: 189-192.

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

Archive of SID

www.SID.ir

Orruno, E., and M.R.A. Morgan. 2007. Purification and characterization of the 7S globulin storage protein from sesame (*Sesamum indicun* L.). Food Chem. 100: 926-934.

Podleoeny, J., L.E. Misiak, A. Podleoena, and S. Pietruszewski. 2005. Concentration of free radicals in pea seeds after pre-sowing treatment with magnetic field. Int. Agrophysics. 19: 243-249.

Pourakbar, L., M. Asadi Samani, and R. Ashrafi. 2012. Effect of magnetic fields on germination, early growth characteristics and activities of some enzymes in *Nigella sativa* L. seeds. J. Plant Biol. 13: 29-38. (In Persian with English Abstract.)

Reina, F. G., L.A. Pascua, and I. A. Fundora. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part II: Experimental results. Bioelectromagnetics. 22: 596-602.

Rochalska, M. 2002. Magnetic field as a method of seeds vigour estimation. Acta Agrophysica. 62: 103-111.

Sakhnini, L. 2007. Influence of Ca^{2+} in biological stimulating effects of AC magnetic fields on germination of bean seeds. J. Magn. Magn. Mater. 310:1032–1034.

Turk, M.A., A. Rahmsn, M. Lee, and K.D. Tawaha. 2004. Seed germination and seedling growth of three lentil cultivars under moisture stress. As. J. Plant Sci. 3: 394-397

Uchida, A., A.T. Jagendorf, T. Hibino, and T. Takabe. 2002. Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. Plant Sci. 163:515–523.

Vakharia, D. N., R.L. Davariya, and M. Parameswaran, 1991. Influence of magnetic treatment on groundnut yield and yield attributes. Indian J. Plant Physiol. 34:131-136.

Vamerali, T., M. Saccomani, S. Bons, G. Mosca, M.Guarise and M. Ganis. 2003. A comparison of root characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids. Plant Soil. 255: 157-167.

Vashisth, A., and S. Nagarajan. 2010. Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. J. Plant Physiol. 167: 149-156.

Vashisth, A. and S. Nagarajan. 2008. Exposure of seeds to static magnetic field enhances germination and early growth characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Bioelectromagnetics. 29:571-578.

Yavari, N., Y. Sadghian, and M. Mesbah. 2001. Usage of mannitol as water stress factor at germination stage and primary growth of sugar beet seedling in vitro culture. J. Sugar beet. 17: 37-43. (In Persian with English Abstract).

Archive of SID

www.SID.ir