اثر پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و فیزیولوژیکی بذر لاین مادری کلزا رقم نپتون (*Brassica napus* L.) تحت تنش خشکی

سید اسماعیل موسوی[۱]، حشمت امیدی[۲]*، شاپور شکاری[۳]، فائزه بازوند [۴]

[۱]کارشناسی‌ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
[۲]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
[۳] کارشناسی‌ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
[۴]کارشناسی‌ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

تاریخ دریافت: ۹۸/۷/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۹

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و فیزیولوژیکی بذر لاین مادری کلزا رقم نپتون (*Brassicanapus* L.) تحت تنش خشکی، آزمایشی در سال ۹۶ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار روی بذرهای لاین مادری بذر کلزا رقم نپتون در دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل پنج سطح خشکی (شاهد،۰/۳-، ۰/۶-،۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال) و چهار سطح تیمار پیش تیمار (شاهد، هیدروپرایم، جیبرلیک اسید (غلظت ٤۰۰ پی پی‌ام) وپتاسیم نیترات (غلظت ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر)) بودند. در این آزمایش شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و رنگیزه‌های گیاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد اثر متقابل پرایمینگ و خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی معنی‌دار بود. بیشترین میانگین‌های سرعت جوانه‌زنی در تیمار پتاسیم‌نیترات حاصل گردید. به‌طوریکه در این تیمار در خشکی سطح ۰/٦- مگاپاسگال، سرعت جوانه نسبت به تیمار شاهد در همین سطح خشکی ۲٤ درصد افزایش یافت. در بین همه تیمارها، میانگین‌های مربوط به متوسط زمان جوانه‌زنی تا خشکی ۰/۹- مگاپاسکال در تیمار پتاسیم‌نیترات نسبت به تیمارهای دیگر کمتر بودند که نشان می‌دهد بذرها در مدت زمان کمتری جوانه زدند. اثر خشکی بر رنگیزه‌های گیاهی معنی‌دار بود. رنگیزه‌ها تا خشکی ۰/۹- مگاپاسکال تغییری نشان نداده و با افزایش بیشتر سطح خشکی، کاهش یافتند. به‌طورکلی استفاده از پرایمینگ تحت تنش خشکی تأثیر مثبتی بر جوانه‌زنی داشت. در بین همه تیمارها، تیمار پتاسیم‌نیترات موثرترین تیمار بر جوانه‌زنی بود. همچنین نتایج این آزمایش نشان داد رنگیزه‌ها در این گیاه می‌توانند تا خشکی ۰/۹- مگاپاسکال بدون تغییر مانده و تحت تأثیر قرار نگیرند.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم‌نیترات، جیبرلیک‌اسید، ریشه‌چه، کاروتنوئید، کلروفیل

مقدمه

خشکی از جمله تنش های غیرزنده که به عنوان مهم ترین عامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان زراعی در اکثر نقاط جهان و ایران شناخته شده است. کشور ایران با متوسط بارندگی ۲٤۰ میلی‌متر جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد (Omidi *et al*., 2010). تنش خشکی از طریق کاهش پتانسیل آب در منطقه ریشه و اختلال در میزان انتقال عناصر غذایی در اندام‌های مختلف گیاه چه، سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و کاهش رشد و نمو گیاه چه

*نویسنده مسئول: omidi@shahed.ac.ir

می شود. در شرایط آزمایشگاهی برای اعمال تنش خشکی از پلی‌اتیلن‌گلایکول استفاده می شود، زیرا این ماده قابلیت ایجاد شرایطی مشابه شرایط طبیعی تنش خشکی است (Rade and Kar, 1995).استفاده از روش‌هایی که بتواند تأثیر تنش‌ها را بر روی گیاه کم کند برای کشاورزان اهمیت اساسی دارد. گیاهان در مقابل تنش خشکی واکنش‌های مختلفی از جمله تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی از خود نشـــان می‌دهند. این تنش با ایجاد اختلال در فرآیندهای تقسـیم و رشـد سـلولی، موجب بسـته شـدن روزنه‌ها و درنتیجه کاهش جریان دی‌اکسـیدکربن به درون سلول‌های مزوفیل برگ می شود (Arve *et al*., 2011).تنشکمبود آب زمانی در گیاه به‌وجود می‌آید که رطوبت موجود در اطراف ریشـه کمتر از نیاز آبی گیاه باشـد (Johenson and Bassett, 2009).تنش خشـکی عموما باعث تخریب و شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل شده و مقدار فعالیت آنزیم‌ها را در چرخه کالوین در طی فرآیند فتوسنتز کاهش می‌دهد و درنهایت رشد سبزینه‌ای و عملکرد محصول کاهش می‌یابد (Monakova and Chemyadev, 2002).کلزا با نام علمی *Brassicanapus* L.یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی محسـوب شـده و پس از سـویا و نخل روغنی، سومین گیاه روغنی یکساله جهان است که به‌خاطر روغن خوراکی آن کشت می شود (FAO, 2013). دانه آن حاوی ۴۸-۴۰ درصـد روغن و کنجاله آن حاوی ۴۰-۳۵ درصـد پروتئین هسـت. روغن کلزا به دلیل ترکیب مناسـب اسیدهای چرب غیراشباع مانند اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید آلفالینولئیک و داشتن پایین‌ترین اسیدهای چرب اشـباع از باکیفیت‌ترین روغن خوراکی اسـت.یکی از مراحل حسـاس رشـدی گیاه، مرحله جوانه‌زنی می باشـد (Windauer *et al*., 2007). این مرحله در تعیین تراکم نهایی در واحد سـطح مزرعه ای نقش اصـلی را ایفا می‌کند. در این مرحله به‌کارگیری روش‌های مختلف برای افزایش سرعت و قدرت جوانه‌زنی بسیار ضروری به نظر می‌رسد. یکی از تکنیک‌های ساده‌ای که قدرت و استقرار گیاهچه‌ها و درنتیجه کارایی گیاه را بهبود می‌بخشد، پرایمینگ بذر هست که عبارت است از جذب آب به مقدار لازم به‌منظور آغاز وقایع جوانه‌زنی که با خشک کردن بعدی همراه است.هدف از اجرای پرایمینگ افزایش درصـد جوانه‌زنی، کوتاه کردن متوسـط زمان جوانه‌زنی، بهبود رشـد و قدرت گیاه چه در طیف وسیعی از شرایط محیطی مناسب و نامناسب است. این روش در گیاهان بذر ریز مانند کلزا، یونجه و محصولات باارزش اقتصـادی بالا و نیازمند خروج سـریع و یکنواخت موفقیت آمیز اسـت (Omidi *et al*., 2014). پرایمینگ آغاز کننده مراحل اولیه جوانه‌زنی است، اما با رشد ریشه همراه نیست. نظر کلی درباره این فرآیند، تأثیر مثبت آن در کاهش زمان لازم به‌منظور جوانه‌زنی و ظهور گیاه چه و نیز افزایش درصـد جوانه‌زنی تحت شـرایط نامسـاعد برای بذرهای با قدرت رشد پایین و جلوگیری از فساد بذر است (امیدی و همکاران، ۲۰۱٤).گزارش‌های متعددی مبنی بر تأثیر مثبت پرایمینگ بر جوانه‌زنی و سبز شدن در گیاهان مختلف وجود دارد. در مطالعه‌ای که روی پنبه انجام شده بود گزارش گردید که پرایمینگ باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی تحت تنش‌های شوری و دمایی گردید (Toselli and Casenave, 2003). همچنین پرایمینگ باعث بهبود مقاومت به خشکی در مرحله جوانه‌زنی در گیاهان می‌گردد. تکنیک‌های معمول پرایمینگ شامل اسموپرایمینگ (خیساندن بذرها در محلول‌های اسمزی)، هیدروپرایمینگ (خیساندن بذرها در آب) و هالوپرایمینگ (خیساندن بذرها در مجلول‌های نمکی) هست (Ashraf and Foolad, 2005).Demir و همکاران (2006) گزارش کردند پرایمینگ وزن خشک گیاه چه، سرعت و درصد جوانه‌زنی را افزایش داده و موجب کاهش گیاهچه‌های غیرنرمال آفتابگردان در شرایط تنش خشکی گردید. شرایط محیطی تنش‌زا از گیاهی به گیاه دیگر متفاوت است. در گیاهان در اثر تنش های محیطی مانند خشـکی کاهش رشـد اتفاق می‌افتد.وقتی آب کافی در اختیار گیاه نباشـد، مقدار مواد بازدارنده رشد از جمله آبسیزیک‌اسید در گیاهان افزایش و از طرفی دیگر کاهش مقدار هورمون‌های رشد مانند

اکسین‌ها، جیبرلین و سیتوکینین‌ها در گیاه بر اثر کمبود آب گزارش شده است (Emmerich and Hardgree,2007). پرایمینگ بذر از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌هایآنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز، گلوتاتیون‌ریداکتاز و دیگر آنزیم‌ها باعث حذف و غیرفعال شدن انواع اکسیژن فعال می‌شود (Bayly, 2004). این آزمایش با هدف بررسی اثر هیدروپرایمینگ، تیمار با جیبرلیک‌اسید و پتاسیم‌نیترات بر ویژگی‌های جوانه‌زنی، رشدی و فیزیولوژیک گیاه لاین مادری کلزا رقم مودنا تحت تنش خشکی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر پیش تیمار بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و فیزیولوژیکبذر لاین مادری گیاه روغنی کلزا تحت تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار روی بذرهای لاین مادری بذر کلزا رقم نپتون در دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل پنج سطح خشکی حاصل از پلی‌اتیلن‌گلایکول (شاهد،۰/۳-، ۰/٦-،۰/۹-و ۱/۲- مگاپاسکال) و چهار سطح تیمار پیش تیمار (شاهد، هیدروپرایم، جیبرلیک‌اسید (غلظت ٤۰۰ پی پی‌ام) وپتاسیم نیترات (غلظت ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر)) بودند. بذرها قبل از تیمار با هیپوکلریت‌سدیم ۰/۵ درصد به‌مدت چهار دقیقه ضدعفونی شدند. پس از انجام این فرآیند، بذرها برای اعمال تیمار پیش تیمار به مدت ۱۵ ساعت و در دمای ۱۰ درجه سلسیوس در محلول تیمارهای موردنظر قرار گرفتند. بذور پس از تیمار به تعداد ۵۰ عدد در پتری‌دیش روی کاغذ صافی قرار داده شدند. تنش خشکیبا چهار غلظت خشکی حاصل از پلی‌اتیلن‌گلایکول به میزان ۵ سی‌سی در هر پتری دیش اعمال شد. پتری‌دیش‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گرادقرارگرفته و در پایان هر ٢٤ ساعت بذرهای جوانه‌زده شمارش شدند. با ثابت شدن جوانه‌زنی به مدت ۳ روز صفات موردمطالعه اندازه‌گیری شدند. بذوری جوانه‌زده تلقی می‌شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها از ۲ میلی‌متر بیشتر بود. پس از اتمام شمارش تعداد بذرهای جوانه‌زده، از هر پتری‌دیش تعدادیگیاهچه به‌صورت تصادفی انتخاب و طول گیاه چه، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه با استفاده از خط‌کش مدرج اندازه‌گیری وپس از اتمام شمارش‌ها برای محاسبه شاخص‌های جوانه‌زنی، بلافاصله گیاهچه‌های ایجاد شده برای محاسبه شاخص‌های فیزیولوژیک انتخاب و صفات به‌صورت زیر اندازه‌گیری شد.

شاخص‌های جوانه‌زنی بر اساس فرمول‌های موجود به شرح زیر محاسبه گردید.

محاسبه میانگین مدت زمان جوانه‌زنی از رابطه ۱ محاسبه گردید (Ellis and Robert, 1981).

$$MGT=\frac{\sum_{i=n}^{n} NiDi}{\sum Ni}$$ [رابطه ۱]

در این رابطه MGT میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، Ni تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش، Di تعداد روز تا شمارش، n دفعات شمارشهست.

واریانس جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی به‌ترتیب از طریق رابطه‌های ۲ و ۳ به‌دست آمد (Omidi *et al*., 2004).

$$V=\frac{\sum(Di-X)^2 ni}{\sum N}$$ [رابطه ۲]

در این رابطهVواریانس جوانه‌زنی، Diتعداد روز پس از کاشت، N تعداد بذر جوانه‌زده، Xمیانگین روزهای جوانه‌زنی، ni تعداد بذر جوانه‌زده

$$UG=\frac{1}{V}*100$$ [رابطه ۳]

سرعت جوانه‌زنی با استفاده از رابطه٤ محاسبه گردید (Pagter *et al*., 2005).

[رابطه ٤ $GR=\sum_{i=1}^{n}\frac{ni}{di}$

ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر شمارش، di تعداد روز تا شمارش

ضریب جوانه‌زنی طبق رابطه ۵محاسبه گردید (Scott *et al*., 1984).

[رابطه۵ $GC=\frac{1}{MGT}\times 100$

ویگور طولی وزنی جوانه‌زنی طبق روابط زیر محاسبه گردیدند (ISTA, 2010).

درصد جوانه‌زنی × طول گیاه چه = ویگور طولی بذر

درصد جوانه‌زنی × وزن خشک گیاه چه = ویگور وزنی بذر

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک: اندازه‌گیری مقدار کلروفیلa، b، کل و کاروتنوئیدگیاهچه‌های ایجادشده پس از تکمیل مرحله جوانه‌زنی به روش آرنون (Arnon, 1967) با استفاده از استون ۸۰ درصد و قرائت میزان جذب نمونه‌ها در سه طول موج ٦٦٣، ٦٤٥ و ٤٧٠ صورت گرفت ودرنهایت با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها برحسبمیلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه به دستآمد.

Chlorophyll a = (19.3 *A663 - 0.86 * A645) V/100W
Chlorophyll b = (19.3 * A645 - 3.6 * A663) V/100W
Chlorophyll Total = Chlorophyll a + Chlorophyllb
Carotenoides = 100(A470) - 3.27(mg chl.a) - 104(mg chl.b)/227

V=حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ) جذب نور در طول موج‌های ٦٦٣، ٦٤٥ و ٤٧٠ نانومتر، Wوزن‌تر نمونه برحسب گرم. درنهایت تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارSAS 9.1 و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمونLSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

یکنواختی جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر پرایمینگ، خشکی و اثر متقابل این دو فاکتور بر یکنواختی جوانه‌زنی معنی‌دار شد (جدول ۱). طبق نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)با افزایش سطح خشکی، در همه تیمارها جوانه‌زنی بذرها در محدوده یکنواختی بود و میانگین‌های به‌دست‌آمده در همه تیمارها تفاوتی را نشان ندادند. دلیل این پدیده را می‌توان این‌طور بیان نمود که در سطوح بالاتر تنش خشکی جوانه‌زنی متوقف شده و تفاوت جوانه‌زنی دیده نمی شود. پس برای مقایسه اثر تیمارهای پرایمینگ، باید سطوح پایین خشکی را در نظر گرفت. با این توصیف، تأثیرگذارترین تیمار بر روی یکنواختی جوانه‌زنی، تیمار جیبرلیک‌اسید بود، به‌طوری‌که بالاترین میانگین مربوط به یکنواختی جوانه‌زنی در این تیمار و خشکی سطح شاهد به‌دست آمد (۰/٦۳). محققان در بررسی‌های انجام شده بر روی بذرهای پرایم شده هویج، افزایش یکنواختی و سرعت خروج گیاه چه را گزارش کردند (Tylkowska andVan den Bulk, 2001). کانگ و همکاران (Kang *et al*. 1996) افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی بذر گوجه‌فرنگی پرایم شده را در شرایط تنش گزارش کردند.

واریانس جوانه‌زنی: اثرات پرایمینگ، خشکی و اثر متقابل این دو فاکتور بر واریانس جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج جدول مقایسات میانگین (جدول۳) نشان داد با افزایش سطح خشکی، ابتدا واریانس جوانه‌زنی افزایش یافت که این تفاوت نشان از وجود جوانه‌زنی در سطوح پایین خشکی و تأثیر منفی خشکی بر آن بوده و بعدازآن با افزایش سطح خشکی به علت توقف جوانه‌زنی، واریانس یکسان بود.

میانگین مدت زمان جوانه‌زنی: طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر پرایمینگ، خشکی و اثر متقابل این دو فاکتور بر میانگینمدتزمانجوانه‌زنی معنی‌دار شد (جدول۱). نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول۳) نیز نشان داد با افزایش سطح خشکی، بر میانگینمدتزمانجوانه‌زنی افزوده شد که نشان می‌داد رشد جوانه‌زنی کاهش و بذرها در مدت زمان طولانی‌تری جوانه زده‌اند. کمترین میانگین به‌دست‌آمده (۱/٤۱ روز) مربوط به تیمار پتا سیم‌نیترات بود که نشان‌دهنده مؤثر بودن این تیمار نسبت به تیمارهای دیگر بوده و نسبت به شاهد در همین سطح خشکی، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی را هفت روز کاهش را نشان داد. بالاترین میانگین مربوط به این پارامتر (۱/۸۹ روز) نیز در تیمارهای شاهد، هیدروپرایمینگ و پتا سیم‌نیترات با بالاترین سطح خشکی حاصل گردید که با میانگین به‌دست‌آمده در همان سطح خشکی مربوط به تیمار جیبرلیک‌اسید تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. بذرها برای آغاز فعالیت‌هایخود و شروع جوانه‌زنی نیاز به آب دارند. اگر بذر نتواند به‌اندازه‌ی کافی آب جذب کند یا جذب آب به‌کندی صورت پذیرد، مدت زمان لازم برای خروج ریشه نیز افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد در جوانه‌زنی تحت تنش خشکی و شوری به دلیل افت پتانسیل اسمزی، جذب آب مختل شده و در ادامه نیز از فعالیت آلفا-آمیلاز جلوگیری می‌شود (Afzal, 2005).

سرعت جوانه‌زنی: اثر پرایمینگ، خشکی و اثر متقابل این دو فاکتور بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول۱). جدول مقایسه میانگین (جدول۳) نشان داد خشکی تأثیر منفی بر سرعت جوانه‌زنی داشت و با افزایش سطح آن، سرعت جوانه‌زنی شیب کاهشی را نشان داد. بیشترین میانگین (۰/۸٤) سرعت جوانه‌زنی مربوط به سطح شاهد خشکی در تیمار پتا سیم‌نیترات به‌دست آمد و با سطوح خشکی ۰/۳- و ۰/٦- مگاپاسکال تفاوت معنی‌داری را نشان نداد که نشان از این است که با افزایش سطح خشکی تا حدودی، پتاسیم‌نیترات روی سرعت جوانه‌زنی تأثیر مثبتی داشته است. میانگین به‌دست‌آمده در خشکی ۰/٦- مگاپاسکال تیمار پتا سیم‌نیترات سرعت جوانه‌زنی را نسبت به تیمار شاهد در همین سطح خشکی ۲٤ درصد افزایش داد. کمترین سرعت جوانه‌زنی (۰/۵۲) در تیمار هیدروپرایم با بالاترین سطح خشکی حاصل گردید که با تیمارهای دیگر در همین سطح خشکی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. درصد بالای بذر، یکنواختی در رویش و سرعت استقرار گیاه در بستر خاک نقش مهمی در موفقیت تولید محصول باکیفیت دارد که استقرار سریع ارتباط نزدیکی با سرعت جوانه‌زنی دارد (Ezadi Darband *et al*., 2012). ازآنجایی‌که در پرایمینگ دو فاز از سه فاز جذب آب اتفاق می‌افتد، از طریق کوتاه شدن مدت زمان سوخت و ساز، جوانه‌زنی تسریع می‌گردد (Bradford, 1986). همچنین در طول پرایمینگ، جنین نمو پیدا کرده و آندوسپرم را فشرده می سازد که نیروی فشار جنین و فعالیت‌های هیدرولیتیکی دیواره‌های سلولی آندوسپرم و فضای ایجاد شده داخل بذر پرایم شده ممکن است بیرون آمدن ریشه‌چه و میزان جوانه‌زنی را با تسهیل جذب آب تسریع کند (Bradford *et al*., 1998).گزارش شده است که با استفاده از پرایمینگ، در تنش‌های مختلف محیطی از قبیل شوری و خشکی، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن افزایش می‌یابد (Soltani and Soltani, 2015).

ضریب جوانه‌زنی: طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر پرایمینگ، خشکی و اثر متقابل پرایمینگ در خشکی بر ضریب جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱).ازآنجایی‌که ضریب جوانه‌زنی عکس میانگین مدت زمان جوانه‌زنی است، طبق جدول مقایسه میانگین (جدول۳) با افزایش سطح خشکی، برخلاف تغییرات میانگین مدت زمان جوانه‌زنی از میانگین ضریب جوانه‌زنی کاسته شد.بیشترین (۸٤/۸۲) و کمترین (۵۲/۹۸) میزان مربوط به این شاخص به‌ترتیب در تیمارهای پتاسیم‌نیترات با خشکی سطح شاهد و تیمارهای شاهد و هیدروپرایم با بالاترین سطح خشکی به‌دست آمد.

ویگور طولی ووزنی: نتایج تجزیه واریانس نشـان داد که اثر پرایمینگ، خشـکی و اثر متقابل این دو فاکتور بر ویگور طولی وزنی در سطح احتمال یک در صد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش سطح خ شکی، ویگور طولی وزنی ابتدا افزایش و سـپس کاهش یافتند. بیشـترین میانگین مربوط به ویگور طولی (۲۸/۸۰) در تیمار پتاسـیم‌نیترات با خشـکی ۰/۹- مگاپا سکال حا صل گردید که ن سبت به شاهد در همین سطح خ شکی، ۸۷ در صد افزایش ن شان داد. کمترین میانگین آن (۰/۰٤) نیز در تیمار هیدروپرایم با بالاترین سطح خشکی حا صل گردید.بالاترین مقدار مربوط به شاخص ویگور وزنی (۳/۰۸) در تیمار جیبرلیک‌ا سید و خشکی سطح شاهد به‌د ست آمد که با میانگین‌های حا صل در سطوح خشکی ۰/۳- ، ۰/٦- و ۰/۹- مگاپاسکال در یک سطح قرار داشته و نسبت به شاهد در همین سطح خشکی ۸۲ درصد افزایش نشـان داد (جدول ۳). ویگور طولی وزنی بذر با درصـد جوانه‌زنی، طول وزن گیاه چه ارتباط مسـتقیم دارد. قا سمی گلعذانی و همکاران (Ghasemi-Golozani *et al*. 2008) روی عدس گزارش نمودند پرایم بذور باعث افزایش شاخص بنیه بذر می‌گردد.

طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و طول گیاه‌چه: طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر خشکی بر طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و طول گیاه چه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲).بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول٤)، با افزایش سطح خشکی تا ۰/۹- مگاپاسکال رشد ریشه شیب افزایشی را نشان داده و بعدازآن رشد ریشه به‌شدت کاهش یافت. رشـد ریشـه در شـرایط تنش خشـکی می‌تواند یک عامل مؤثری باشـد تا گیاه رطوبت موجود را به‌راحتی جذب کند.بیشترین طول ریشه‌چه (۹/۲۷ سانتی‌متر) در تیمار پتاسیم‌نیترات و خشکی سطح ۰/۹- مگاپاسکال حاصل گردیدکه با میانگین به‌دسـت‌آمدهدر تیمارهای هیدروپرایم و شـاهد در همان سـطح خشـکی در یک سـطح قرار داشـتند.رشـد ساقه‌چه با افزایش سطح خ شکی، شیب کاه شی را ن شان داد. در خ شکی ۰/۹- مگاپا سکال، میانگین مربوط به طول ساقه‌چه در تیمار پتا سیم‌نیترات ن سبت به تیمارهای دیگر بالاترین مقدار را دا شت (۱/٦۷ سانتی‌متر).طول گیاه چه نیز ازآنجایی‌که رشـد ریشـه تا خشـکی سـطح ۰/۹- مگاپاسـکال شـیب افزایشـی داشـت، افزایش‌یافته و بعدازآن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بی شترین طول گیاه چه (۱۱/۳ سانتی‌متر) در خ شکی ۰/۹- مگاپا سکال تیمار پتا سیم‌نیترات حا صل گردید و با میانگین‌های به‌د ست‌آمده در همان سطح خ شکی تیمارهای شاهد و هیدروپرایمینگ در یک سطح قرار دا شتند.در مراحل اولیه تنش، سرعت ر شد ری شه‌چه به دلیل ح سا سیت کمتر به تنش خ شکی و به‌منظور جذب بیشـتر آب بالاتر بود اما با افزایش سـطح خشـکی و منفی‌تر شـدن پتانسـیل و درنتیجه کاهش جذب آب توسـط بذر، کاهش ترشـح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها اختلال در رشـد ریشـه‌چه و سـاقه‌چه به وجود آمد.ازآنجایی‌که تقسـیم و بزرگ شدن سلول‌ها نیاز به آب دارد، در اثر تنش و کمبود آب تقسیم و ر شد سلول‌ها کاهش یافته و منجر به کاهش رشد گیاه می‌گردد (Gholizadeh *et al*., 2012).پرایمینگ به دلیل اینکه یک سری تغییراتی را در بذور پرایم شده نسبت به پرایم نشده ایجاد می‌کند, ر شد ریشه‌چه و ساقه‌چه را تغییر می‌دهد. میزان این تغییرات بسته به گونه‌های مختلف و شرایط پرایمینگ می‌تواند متفاوت با شد (Souhani, 2007).محققان اثر تنش خ شکی بر جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های گلرنگ را موردبررسـی قرار داده و گزارش کردند که کاهش جذب در اثر تنش، موجب کاهش سـرعت جوانه‌زنی و طول سـاقه‌چه می‌گردد (Maleki *et al*., 2015). از دلایل افزایش طول گیاه چه در تیمارهای پرایمینگ، می‌توان به افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی و درنتیجه افزایش مصـرف مواد ذخیره‌ای بذر و طویل شـدن گیاه چه در اثر افزایش انرژی در بذور پرایم شده اشاره کرد.

رنگیزه‌های گیاهی

کلروفیل‌های a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر خشکی بر رنگیزه‌های گیاهی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). طبق جدول ۵، با افزایش سطح خشکی تا ۰/۹- مگاپاسکال، رنگیزه‌های گیاهی با شیب خیلی آرام کاهش یافتند اما با همدیگر در یک سطح بوده و تفاوتی را نشان ندادند و با افزایش بیشترسطح خشکی، رنگیزه‌های گیاهی به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. به‌طورکلی بیشترین میانگین مربوط به شاخص‌های ذکر شده در شاهد و کمترین میزان آن‌ها در بالاترین سطح خشکی بود.

کاروتنوئیدها در سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی برای محافظت از رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل) نقش مهمی ایفا می‌کنند ودر شرایط تنش افزایش آن‌ها قابل انتظار است. هرچند که میزان تحمل به تنش در گیاهان متفاوت هست اما درنهایت تنش‌های محیطی باعث کاهش رشد گیاه می‌گردند. این کاهش به علت اختلال در فعالیت فتوسنتزی بوده که دلیل آن نیز می‌تواند کاهش در محتوای کلروفیل باشد.مهم‌ترین دلیل این موضوع به‌ویژه در شرایط تنش شدید، کاهش فعالیت آنزیم‌های مؤثر در سنتز کلروفیل و تولید آن هست (Vieria Santos, 2004).

جدول ۱: خلاصه تجزیه واریانس اثر پرایمینگ و خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر کلزا

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	یکنواختیجوانه‌زنی	واریانسجوانه‌زنی	میانگینمدت‌زمانجوانه‌زنی	سرعتجوانه‌زنی	ضریب جوانه‌زنی	ویگورطولی	ویگوروزنی
پرایمینگ	٤	۰/۰۱۸*	۱/۵۲**	۰/۱۳**	۰/۰٤**	۳۹۹/۹۰**	۱۷۵/٤۱**	۲/٤۲**
خشکی	۵	۰/۱۸**	۷/۸۷**	۰/۸۵**	۰/۱٤**	۱٤٤۰/۹۹**	۱۲۵۲/٦۲**	۱۵/۲۱**
پرایمینگ×خشکی	۲۰	۰/۰۱*	۰/۳۷*	۰/۰۳*	۰/۰۰۸*	۸٤/٤۷*	۵۸/٦۳**	۰/۵۳**
خطا	٦۰	۰/۰۰٤	۰/۱٦	۰/۰۱۷	۰/۰۰٤	٤۰/۳٦	۱٦/٦۳	۰/۱۲
ضریب‌تغییرات (درصد)	–	۱۱/۰۷	۱۸/۲٦	۸/۷۹	۹/٤۱	۹/۳٦	۲٦/۸٦	۲۰/٦۸

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

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس اثر پرایمینگ و خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر کلزا.

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ریشه‌چه	طولساقه‌چه	طول گیاه‌چه	کلروفیلa	کلروفیلb	کلروفیلکل	کارتنوئید
پرایمینگ	٤	۰/٤٦ ns	۰/۰٦ ns	۰/۳۱ ns	۲/۹۰ ns	۵/۵۸ ns	۱٤/۹ ns	۱۳۷۸۱/٦۵ ns
خشکی	۵	۱۸۸/۸۰**	۹/۸٤**	۲٦٦/۹۵**	۵۲/۲۱**	۱٤۱/۸۹**	۳۹۷/۷٤**	۷۸۹۸۱٤/٦۷**
پرایمینگ× خشکی	۲۰	۲/۹۲**	۰/۱۲**	۳/۷۰**	۲/۰٤ ns	۹/۱۸ ns	۱۹/۸٤ ns	۳۰۸۹۱/٤٤ ns
خطا	٦۰	۰/۵۲	۰/۰۲	۰/٦٤	۲/۱٦	۵/٦۳	۱٤/٤۸	٤۰۲۷٦/۷۳
ضریب‌تغییرات (درصد)	–	۱۲/۷٤	۱۲/۳٤	۱۱/۳۷	۸/٦۸	۱۱/۲۸	۲۳/۱٤	۱۷/۲۲

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

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد با روش LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۳: مقایسهمیانگین‌هایاثرمتقابلپرایمینگوخشکیبرشاخص‌های جوانه‌زنی بذر کلزا.

میانگین مربعات

پرایمینگ	سطوح خشکی(مگاپاسکال)	یکنواختی جوانه‌زنی	واریانس جوانه‌زنی	میانگین مدت‌زمان جوانه‌زنی (روز)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در هر روز)	ضریب جوانه‌زنی (درصد)	ویگورطولی	ویگور وزنی
شاهد (عدم پرایمینگ)	شاهد	۰/۵٤ Fgh	۲/۹۲ abc	۱/۲۸ fg	۰/۷۸ abc	۷۸/٦۲ abc	۱۱/۵۲ gh	۱/٦۹ fg
	-۰/۳	۰/۵۹ e..h	۲/٤۲ cde	۱/٤٤ def	۰/٦۹ c..f	٦۹/۸٦ cde	۱۷/۷۱d..g	۲/۰٤c..f
	-۰/٦	۰/٦۱ e..h	۲/۱۳ def	۱/۵۲ cde	۰/٦۵ def	٦۵/٤۹ de	۲۱/۱٤b..e	۲/۳۵b..e
	-۰/۹	۰/٦٦de	۱/۸۲ efg	۱/٦۵ cd	۰/٦۰e..h	٦۰/۸٤ efg	۱۵/٤۰e..h	۱/٤۳ g
	-۱/۲	۰/۷۷ bc	۱/۱۹ gh	۱/۸۹ a	۰//۵۳ gh	۵۲/۹۸ g	۰/۰۵ l	۰/۰۲h
هیدروپرایم	شاهد	۰/۵٤ Fgh	۲/۸٦ abc	۱/۳۱ fg	۰/۷٦abc	۷٦/۵۲ abc	۱۰/٤۱ h	۱/۵۲ fg
	-۰/۳	۰/۵٤ Fgh	۲/۹٤ abc	۱/۲۸ fg	۰/۷۸abc	۷۸/٤۱ abc	۱۵/٦۷e..h	۱/۷۹efg
	-۰/٦	۰/۵۹ e..h	۲/٤۱ cde	۱/٤۵ def	۰/٦۹ c..f	٦۹/۵۹ cde	۱۷/٦۳d..g	۱/۹۳d..g
	-۰/۹	۰/٦۷ Cde	۱/۷٤ fg	۱/٦۷ bc	۰/۵۹ fgh	۵۹/۷٤ efg	۱٦/۹٦d..g	۱/۵۸ fg
	-۱/۲	۰/۹۵ a	۰/۷۲ h	۱/۸۹ a	۰/۵۲ h	۵۲/۹۸ g	۰/۰٤ l	۰/۰۲ h
جیبرلیک-اسید(٤۰۰ (ppm	شاهد	۰/٦۳ efg	۲/۰۱ def	۱/۵۸ cde	۰/٦۳d..g	٦۳/٤۲ def	۲۳/۰۹a..d	۳/۰۸ a
	-۰/۳	۰/۵٦ e..h	۲/۵۹ bcd	۱/۳۸ efg	۰/۷۲bcd	۷۲/۲۲ bcd	۲۵/٦۰abc	۲/٤۱bcd
	-۰/٦	۰/۵۸ e..h	۲/٤۳ cde	۱/٤٤ def	۰/۷۰ cde	۷۰/۰٦ cde	۱۹/۸۷c..f	۲/۳٤b..e
	-۰/۹	۰/٦۵ def	۱/۸۳ efg	۱/٦٤ cd	۰/٦۱e..h	٦۱/۰۳ efg	۱۹/۱۸c..f	۲/٤۹bcd
	-۱/۲	۰/۷۲ cd	۱/۲۸ gh	۱/۸٦ ab	۰/۵۳ gh	۵۳/۷٦ fg	۰/۰٦ l	۰/۰۲۵ h
پتاسیم-نیترات(۰/۳ میلی‌گرم در لیتر)	شاهد	۰/۵۱h	۳/۲۸ a	۱/۱۹ g	۰/۸٤ a	۸٤/۸۲ a	۱٤/۲۰fgh	۱/۹۵d..g
	-۰/۳	۰/۵۳ fgh	۲/۹۹ abc	۱/۲۷ fg	۰/۷۹ abc	۷۹/۰۷ abc	۲٦/۸۲ ab	۲/۸۲ ab
	-۰/٦	۰/۵۲ gh	۳/۱۱ ab	۱/۲٤ fg	۰/۸۱ ab	۸۱/۲۱ ab	۱۹/۵۸c..f	۲/۵۵abc
	-۰/۹	۰/۵۸ e..h	۲/۵٦ bcd	۱/٤۱ ef	۰/۷۲bcd	۷۲/٤۲ bcd	۲۸/۸۰ a	۲/٦۱abc
	-۱/۲	۰/۷۸ b	۱/۲۱ gh	۱/۸۹ a	۰/۵۳ gh	۵۳/۲۰ g	۰/۰۷ l	۰/۰۳۵ h

جدول ٤: مقایسه‌میانگین‌هایاثرمتقابلپرایمینگوخشکیبرشاخص‌های رشدی گیاه چهکلزا.

		میانگین مربعات		
پرایمینگ	سطوح خشکی(مگاپاسکال)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول گیاه چه (سانتی‌متر)
شاهد (عدم پرایمینگ)	شاهد	٤/۸٤e	۲/۱۰a	٦/۹۵e
	-۰/۳	۷/۳۲bc	۱/٤۲fg	۸/۷٤bc
	-۰/٦	۷/٦۸b	۱/٤۰fg	۹/۰۹b
	-۰/۹	۹/۲۲a	۱/۵٦def	۱۰/۷۹a
	-۱/۲	۰/۲f	۰/۲h	۰/٤ f

	شاهد	٤/٨٦e	٢/٠٦a	٦/٩٣e
	−٠/٣	٧/٣٢bc	١/٤٣fg	٨/٧٥bc
هیدروپرایم	−٠/٦	٧/٦٨b	١/٤٢fg	٩/١١b
	−٠/٩	٩/٢٥a	١/٥٤d..g	١٠/٧٩a
	−١/٢	٠/٢f	٠/١٨h	٠/٣٨ f
	شاهد	٥/٢٢de	٢/١٢a	٧/٣٤de
	−٠/٣	٨/٨٤ab	١/٧٩bcd	١٠/٦٣a
جیبرلیک‌اسید(٤٠٠ ppm)	−٠/٦	٧/٠١bc	١/٥٢efg	٨/٥٣bcd
	−٠/٩	٦/٤٧c	١/٢٨g	٧/٧٥cde
	−١/٢	٠/٢f	٠/٢h	٠/٤f
	شاهد	٥/٢٩de	١/٩١abc	٧/٢١e
	−٠/٣	٧/٣٦bc	٢/٠٢ab	٩/٣٨b
پتاسیم‌نیترات(٠/٣ میلی-گرم در لیتر)	−٠/٦	٦/٢١cd	١/٣٨fg	٧/٥٩cde
	−٠/٩	٩/٢٧a	١/٦٧cde	١١/٠٣a
	−١/٢	٠/٢٣f	٠/٢f	٠/٤٣f

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ٥ درصد با روش LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ٥:تأثیرسطوح مختلف خشکی بر رنگیزه‌های گیاهی کلزا.

سطوح مختلف خشکی	کلروفیلa (میکرومول بر میلی‌لیتر)	کلروفیلb (میکرومول بر میلی‌لیتر)	کلروفیل کل (میکرومول بر میلی‌لیتر)	کاروتنوئید (میکرومول بر میلی‌لیتر)
شاهد	٤/٦٧a	٧/٦٦a	١٢/٣٤a	٥٤١/٠٧a
−٠/٣	٣/٧١a	٥/٧٩b	٩/٥٠a	٤٣٠/٧١a
−٠/٦	٤/٢٤a	٧/٠٣ab	١١/٢٦a	٥٠٤/٠٣a
−٠/٩	٤/٠٢a	٦/٤٨ab	١٠/٥٠a	٤٧٨/٧٤a
−١/٢	٠/٢٠b	٠/٢٦c	٠/٤٦b	٠/٨٥b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ٥ درصد با روش LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

نتیجه‌گیری

در گیاهان، استقرار سریع و ایجاد پوشش گیاهی برای مواجهه با شرایط نامساعد محیطی از مهمترین اهداف بوده و مرحله جوانه‌زنی یکی از مهمترین مراحل حساس گیاهان به تنش و به‌ویژه خشکی می‌باشد. استفاده از پرایمینگیکی از تکنیک‌هایی است که می‌تواند در کاهش اثر تنش بر رشد گیاه تاثیر مثبتی داشته باشد. در این آزمایش اثر متقابل پرایمینگ و خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد و همچنین اثر خشکی بر رنگیزه‌های گیاهی معنی‌دار بود. نتایج حاصل نشان داد که استفاده از تیمار پتاسیم‌نیترات باعث شد بیشترین میانگین‌های مربوط به سرعت جوانه‌زنی در این تیمار حاصل گردد و همچنین در این تیمار میانگین‌های مربوط به شاخص متوسط زمان جوانه‌زنی کمترین مقدار را دارا بودند. پس می‌توان نتیجه گرفت استفاده از تیمار پتاسیم‌نیترات باعث می شود کلزا با سرعت بالا و در مدت زمان کمتری جوانه بزند.

Reference

Afzal, I. 2005. Seed enhancement to induced salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Ph.D Thesis. Agriculture University of Faisalabad, Pakistan.

Arve, L.E., Torre, J.E. and Olsen, K. 2011. Stomatal responses to drought stress and air humidity in abiotic stress in plants mechanisms and adaptations. Journal of Plant Research, 119: 267-280.

Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment: A shotgun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy, 88: 223-271.

Baily, C. 2004. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. Seed Science Research, 14: 93-107.

Bradford, K. J, May, D.M., Hoyle, B.J., Skibinski, Z.S., Scott, S.J.and Taylor, K. B. 1998. Seedand soil treatment to improve emergence of muskmelon from cold crusted soils. Crop Science, 28(6): 1001-1005.

Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relation via osmotic priming to improve germination under stress condition. Horticultural Science, 21: 1105-1112.

Demir Kaya, M., Gamze Okc, U., Atak, M. and Yakup, C. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annus* L.). Europian Journal Agronomy, 24: 291-295.

Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology,9: 377-409.

Ezadi-Darband, A., Mohammadian, M., Yangh, A.and Zarghani, H. 2012. The effect of temperature and salinity on germination and growth characteristics of sesame varieties (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 10(2): 335-345. (In Persian)

Emmerich, W.E. and Hardgree, S.P. 2007. Seed germination in polyethylene glycol solution. Effect of filter paper exclusion and water vapor loss. Crop Science, 31: 454-458.

FAO. 2013. Food outlook Global Market Analysis.

Ghasemi-Golozani, K., Chadordooz-Jeddi, S.and Moghaddam, M.2010. Effect of hydro-priming duration on seedling vigour and grain yield of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Notulae Botanicae Horti. Agrobotanici, 38: 109-113.

Gholizadeh, E., Aynaband, A., Hassanzadeh, A., Noormohammadi, G. and Bernousi, I. 2012. Effect of drought stress, nitrogen amount and plant densities of grain yield, rapidity and period of grain filling in sunflower. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 22(1): 129-143. (In Persian)

ISTA, 2010. International rules for seed testing. International Seed Testing Association (ISTS).

Johenson, R.C. and Bassett, L. M. 2009. Carbon isotope discrimination and water use efficiency in four cool-season grasses. Crop Science, 31: 157-162.

Kang, J.S., Cho, J.L. and Jeong, Y.O. 1996. Effect of seed priming on the germination of tomato seeds under saline stress. Journal of the Korean Society for horticultural Science, 37(4): 516-521.

Mahajan, G., Sarlach, R.S., Japinder, S.and Gill, M.S. 2011. Seed priming effects on germination, growth and yield of dry direct-seeded rice.Journal of Crop Improvement, 25(4): 409-417.

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

Omidi, H., Jafarzadeh, L. and Naghdibadi, H. 2014. Seeds of medicinal plants and crops, Shahed University Press, 300 pages. (In Persian)

Omidi, H., Soroushzadeh, A., Salehi, A.and Ghezeli, F.A.D. 2005. Rapeseed germination as affected by osmopriming pretreatment. Agricultural science and technology, 19(2): 125-136.

Pagter, M., Bragato, C. and Brix, H. 2005. Tolerance and physiological responses of Phragmites australis to water deficit. Aquatic Botany, 81(4): 285-299.

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

Scotl, S.J., Jones, R.A.and Williams, W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, 24(6):1192-1199.

Souhani, M.M. 2007. Seed control and certification. Guilan University Press. 287 p. (In Persian)

Soltani, E.and Soltani, A. 2015. Meta-analysis of seed priming effects on seed germination, seedling emergence and crop yield: Iranian studies. International Journal of plant Production, 9(3): 413-432.

Toselli, M.E.and Casenave, E.C. 2003. Water content and the effectiveness of hydro and osmotic priming of cotton seeds. Seed Science and Technology, 31: 727-735.

Tylkowska, K. and Van den Bulk, R.W. 2001. Effects of osmo and hydropriming on fungal infestation levels and germination of carrot seeds contaminated with Alternaria Spp. Seed Science and Technology, 29: 365-375.

Viera Santos, C. 2004. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. Scientia Horticulture, 103(1): 93-99.

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