

نقش موسیلاژ در افزایش مقاومت به خشکی گیاهان در مرحله جوانه‌زنی و دانه‌رست (مطالعه موردی: اسفرزه و بارهنگ)

۱- مرضیه حاج رضایی، دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت بیابان، دانشگاه یزد
hajrezaie.razieh@gmail.com

۲- حمید سودائی‌زاده، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۳- سید علی محمد میرمحمدی میبیدی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- اصغر مصلح آرنی، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۱۰

پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۱۸

چکیده

جوانه‌زنی بذر یکی از مهم‌ترین مراحل استقرار گیاهان بوده که اغلب تحت تأثیر تنش‌های محیطی به ویژه شوری و خشکی قرار می‌گیرد. بذر و میوه تعداد زیادی از گیاهان مناطق خشک دارای لایه‌ای از موسیلاژ است که توانایی جذب و حفظ رطوبت بذر در شرایط تنش رطوبتی را افزایش می‌دهد. به منظور بررسی نقش موسیلاژ در مقاومت به خشکی دو گونه اسفرزه (*Plantago ovata Forsk.*) و بارهنگ (*Plantago major L.*) در مرحله جوانه‌زنی و دانه‌رست، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در این آزمایش متغیر اول نوع گونه گیاهی در دو سطح (اسفرزه و بارهنگ)، متغیر دوم سطوح مختلف تنش خشکی در پنج سطح (۰، ۰/۵، ۰/۹، ۱/۴۵، ۲/۱- مگاپاسکال)، و متغیر سوم نوع بذر در دو سطح (با موسیلاژ، بدون موسیلاژ) بود. صفات مورد مطالعه شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه-چه بود. نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی جوانه‌زنی و رشد اولیه هر دو گونه مورد بررسی به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0/05$). بذور دارای موسیلاژ در مقایسه با بذورهای بدون موسیلاژ به میزان کمتری تحت تأثیر اثر تنش خشکی قرار گرفتند. واکنش اسفرزه و بارهنگ نسبت به تنش خشکی یکسان نبود. در هر دو نوع بذر (با موسیلاژ و بدون موسیلاژ)، صدمه ناشی از تنش خشکی در جوانه‌زنی و رشد اولیه اسفرزه کمتر از بارهنگ است. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان‌دهنده نقش مثبت موسیلاژ در حفظ رطوبت و بهبود جوانه‌زنی بذر در شرایط تنش رطوبتی است. با این حال میزان تأثیر این ماده بسته به نوع گیاه و حجم موسیلاژ موجود در بذر متفاوت است.

واژگان کلیدی: تنش خشکی؛ جوانه‌زنی بذر؛ موسیلاژ؛ رطوبت بذر.

مقدمه

متابولیگی گیاه به کمبود آب از اهمیت بالایی برخوردار است (Mansouri et al., 2011).

حساس‌ترین مرحله زندگی یک گیاه به تنش خشکی، مرحله جوانه‌زنی و دانه‌رست بوده و اگر گیاه بتواند این مراحل را با موفقیت سپری کند، شانس زنده ماندن و استقرار آن زیاد است. از عوامل تأثیرگذار در مقاومت گیاه به تنش خشکی، توانایی گیاه به جذب آب در حین فرآیند جوانه‌زنی است که به ساختارهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی بذر بستگی دارد. برخی از مواد موجود در

کمبود آب به‌عنوان یک عامل محدود کننده کاشت گیاهان به ویژه در مناطق خشک به شمار می‌آید. کشور ایران با میانگین بارندگی ۲۵۰ میلیمتر در سال (کمتر از ۱/۳ میانگین جهان) در زمره‌ی مناطق خشک جهان طبقه‌بندی می‌شود (Kochaki et al., 1997).

با توجه به غالب بودن مناطق خشک در ایران، به کارگیری روش‌هایی چون بهره‌برداری صحیح از آب موجود به همراه کشت گیاهان مقاوم به خشکی و همچنین بررسی واکنش‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و

جوانه‌زنی بذر در تنش‌های خشکی و شوری کمک کرده و نقش مهمی را از نظر اکولوژیکی در چرخه زندگی *Artemisia sphaerocephala* بازی می‌کند. در مطالعه دیگر (Sun, et al., 2012)، با بررسی نقش موسیلاژ در پراکنش و جوانه‌زنی بذر گیاه *Alyssum minus* (Brassicaceae) گزارش کرد که موسیلاژ موجود در بذر این گیاه نقش مهمی در پراکنندگی بذر، چسبندگی بذر به خاک (در نتیجه به حداقل رساندن خطر از بین رفتن توسط آب و شکارچیان) و همچنین از دست دادن آب دانه از طریق افزایش تماس با سطح بستر داشته و می‌تواند به عنوان مخزن آب برای جوانه‌زنی، به ویژه تحت تنش رطوبت عمل کند. (Ghanem et al. 2010) بیان نمود که میزان تولید موسیلاژ در شرایط نامساعد محیطی از جمله شوری زیاد افزایش یافته و به جوانه‌زنی بذر در شرایط مذکور کمک می‌کند.

Clifford et al. (2002) ترکیب و نقش فیزیولوژیکی موسیلاژ و پلی ساکارید در گونه‌های *Ziziphus* را در طول دوره تنش خشکی بررسی نمود. در بررسی به عمل آمده از گونه‌های مذکور که در محیط‌هایی با بارندگی نامنظم رشد می‌کنند، مشخص گردید که موسیلاژ به‌عنوان منبعی برای انتقال مجدد مواد محلول جهت تنظیم اسمزی استفاده می‌شود.

این تحقیق به بررسی نقش موسیلاژ در مقاومت به خشکی دو گونه اسفرزه (*Plantago ovata*) و بارهنگ (*Plantago major*) در مرحله جوانه‌زنی و دانه‌رست می‌پردازد. نتایج این تحقیق می‌تواند در شناخت مکانیسم‌های مختلف مقاومت به خشکی گیاهان موجود در مناطق خشک مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۰، در محل آزمایشگاه گیاه‌شناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد انجام شد. بذره‌های اسفرزه و بارهنگ از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه و قبل از انجام آزمایش با هیپوکلرید سدیم ۵۰٪ به مدت ۱ دقیقه ضدعفونی و سپس ۳ مرتبه با آب مقطر آب‌شویی شد. سپس تعدادی از بذرها به کمک شیوه‌ای مناسب موسیلاژ برداری شد.

پوشش بیرونی بذر از قبیل موسیلاژ و همچنین سلولز و پکتین موجود در دیواره‌های سلولی، میزان جذب آب را افزایش می‌دهند (Ghaderi et al., 2008). موسیلاژ از طریق حفاظت از دانه در برابر خشک شدن در زمان جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه با استفاده از حفظ رطوبت (Swarbrick, 1970; Hedge, 1970) و همچنین افزایش سطح تماس بذر با خاک، موجب افزایش رطوبت در دسترس دانه و کاهش تلفات رطوبت می‌شود (Grubert, 1974; Harper & Benton, 1966; Witzum et al., 1969).

بذر و میوه بیشتر گیاهان متعلق به خانواده‌های Asteraceae, Lamiaceae, Brassicaceae, Plantaginaceae که در شرایط بیابانی رشد می‌کنند، دارای لایه‌ای از موسیلاژ است که توانایی جذب و حفظ رطوبت بذر در شرایط تنش رطوبتی را افزایش می‌دهد (Gorai et al., 2011).

اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) و بارهنگ (*Plantago major* L.) از خانواده Plantaginaceae از جمله گیاهان تا حدودی مقاوم به خشکی بوده که دارای بذره‌های حاوی موسیلاژ هستند (Poudel et al., 2002). اسفرزه گیاه علفی و یک ساله، بدون ساقه یا دارای ساقه‌های کوتاه و برگ‌های باریک بوده و گل‌های آن کوچک و به صورت سنبله‌های استوانه‌ای است. از نظر خواص دارویی این گیاه نرم‌کننده شکم، ضد زخم روده و معده، ضد حرارت و عطش، ضد اسهال، ضد خونریزی سینه، نشاط‌آور و ضد تب و لرز است. بارهنگ گیاهی است پایا، به طور ظاهری بی‌کرک یا کمی کرک‌پوش با ساقه‌ای به طول ۷ تا ۱۰ سانتیمتر است. گل‌های این گیاه کوچک و به رنگ سبز متمایل به قهوه‌ای و در خوشه‌های دراز استوانه‌ای تجمع یافته‌اند. بارهنگ دارای خاصیت تب‌بر، نرم‌کننده، تصفیه‌کننده خون، محرک، ضد اسهال، ضد باکتری و برای ناراحتی‌های تنفسی مؤثر است.

بر اساس بررسی‌های انجام شده، تاکنون مطالعه‌ای در زمینه نقش موسیلاژ در افزایش مقاومت به خشکی گیاهان به تنش خشکی در ایران صورت نگرفته است. مطالعات انجام شده در این زمینه در سایر کشورها نیز بسیار محدود است. در این زمینه (Yang et al. 2010) با بررسی نقش موسیلاژ در جوانه‌زنی بذر *Artemisia sphaerocephala* در شرایط تنش شوری و خشکی نشان داد که موسیلاژ به

در پایان، جهت اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ابتدا گیاهچه‌ها بر روی سطح صافی قرار داده شد و سپس خمیدگی ریشه‌چه و ساقه‌چه آن باز و طول ساقه‌چه از محل اتصال به برگ‌های لپه‌ای تا محل تغییر رنگ ساقه‌چه و طول ریشه‌چه از انتهای آن تا محل تغییر رنگ ریشه‌چه اندازه‌گیری شد (Mosleh-Arany et al., 2011). پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، جهت آنالیز داده‌های حاصل از صفات مورد آزمایش، از روش تجزیه واریانس و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS صورت پذیرفت.

نتایج

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف خشکی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی و همچنین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بذور با موسیلاژ و بدون موسیلاژ دو گونه اسفرزه و بارهنگ را نشان می‌دهد. نتایج بیان‌گر آن است که اثر گونه، تنش خشکی و نوع بذور بر روی صفات مورد مطالعه در این تحقیق معنی‌دار است ($P < 0/01$).

همچنین اثرات متقابل مورد بررسی بر روی بیش‌تر صفات مورد بررسی (به‌جزء اثر متقابل گونه با بذور و همچنین گونه با تنش خشکی و نوع بذور بر روی طول ریشه‌چه) از نظر آماری معنی‌دار است. بر اساس نتایج به دست آمده (شکل ۱) به‌جزء گیاه اسفرزه در پتانسیل $-0/5$ مگاپاسکال، با اعمال کلیه سطوح تنش خشکی، جوانه‌زنی هر دو گیاه مورد بررسی نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0/01$). بین پتانسیل‌های $-0/9$ ، $-1/45$ و $-2/1$ مگاپاسکال، از این نظر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

شکل ۲ اثر تنش خشکی را بر روی درصد جوانه‌زنی بذورهای بدون موسیلاژ و با موسیلاژ نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که بغیر از بذور با موسیلاژ در پتانسیل $-0/5$ مگاپاسکال، جوانه‌زنی هر دو نوع بذور صرف نظر از نوع گونه، در تمامی سطوح مختلف تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. با این‌حال جوانه‌زنی بذور با موسیلاژ در تمامی سطوح تنش به‌طور معنی‌داری از بذور بدون موسیلاژ بیشتر است. در

به این صورت که ابتدا بذرها با استفاده از آب مرطوب و پس از ظهور موسیلاژ، با سایش ملایم بر روی کاغذ صافی موسیلاژ آن‌ها جدا شد. جهت مقایسه تیمارها از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار استفاده شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل تیمار تنش خشکی با پنج سطح (۰، $-0/5$ ، $-0/9$ ، $-1/45$ ، $-2/1$ مگاپاسکال)، گونه گیاهی در دو سطح (بارهنگ، اسفرزه) و نوع بذور در دو سطح (با موسیلاژ و بدون موسیلاژ) هستند. به منظور اجرای آزمایش ۲۰ عدد بذور با موسیلاژ یا بدون موسیلاژ دو گونه گیاهی مورد بررسی به‌طور جداگانه در داخل پتری‌دیش‌های حاوی کاغذ صافی واتمن قرار داده شد و هفت سی‌سی از محلول‌های پلی‌اتلین گلیکول (PEG) جهت اعمال تنش خشکی یا آب مقطر به‌عنوان کنترل بر اساس نقشه طرح به محیط کشت اضافه گردید. برای محاسبه میزان PEG لازم از رابطه میشل زکوفمن به شرح زیر استفاده شد (Nakamora et al., 1990).

$$\psi_s = -(1.18 \times 10^{-2})C - (1.8 \times 10^{-4})C^2 + (2.67 \times 10^{-4})CT + (8.39 \times 10^{-7})C^2T$$

که در آن:

C میزان PEG لازم بر حسب گرم در کیلوگرم آب، T دمای محیط که معمولاً 25°C فرض می‌شود و Ψ فشار اسمزی بر حسب مگا پاسکال است.

درب پتری‌دیش‌ها جهت جلوگیری از تبخیر آب با استفاده از چسب بسته گردید و در داخل ژرمناتور در دمای 25°C قرار داده شد. شمارش بذورهای جوانه‌زده به صورت روزانه به مدت نه روز و در ساعات معینی از روز انجام گرفت. هنگام شمارش، بذرهایی که جنین آن‌ها پس از رشد، پوسته خود را شکافته و ریشه‌چه‌ای به اندازه دو میلی‌متر از بذور خارج شده بود، بذور جوانه زده به شمار آمد. جهت اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی از رابطه زیر استفاده شد:

$$100 \times \frac{\text{تعداد بذور/تعداد بذور جوانه زده تا روز } n}{\text{م}} = \text{درصد جوانه زنی}$$

$$n = \text{شمار روزهای پس از شروع آزمایش}$$

به منظور تعیین سرعت جوانه‌زنی از فرمول ماگویر (Hartman et al., 1990) استفاده شد:

$$R_s = \sum S_i / D_i$$

$$R_s = \text{سرعت جوانه‌زنی}$$

$$S_i = \text{تعداد بذور جوانه‌زده در هر شمارش}$$

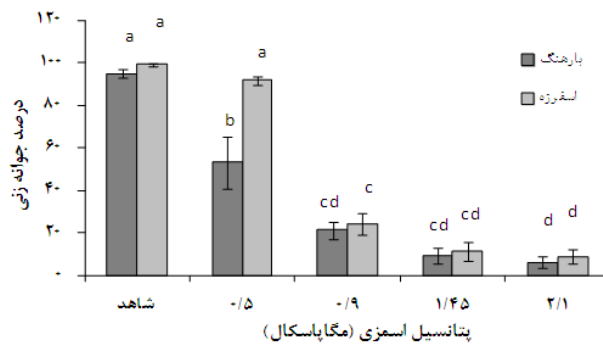
$$D_i = \text{تعداد روز تا شمارش}$$

پتانسیل‌های اسمزی ۱/۴۵- و ۲/۱- مگاپاسکال هیچ کدام از بذور بدون موسیلاژ قادر به جوانه‌زنی نبوده در حالی که بذور با موسیلاژ به ترتیب به میزان ۲۰/۶۲ و ۱۵٪ جوانه زده‌اند.

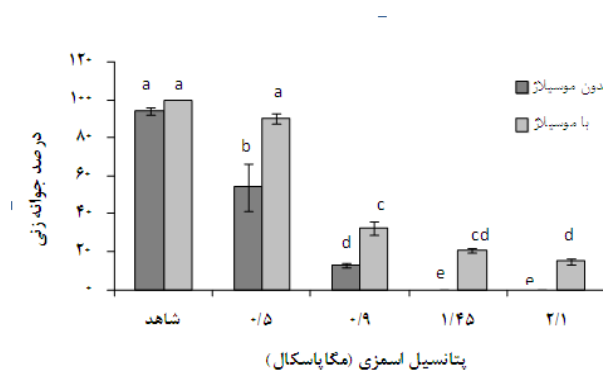
جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس صفات‌های مختلف دو گونه گیاهی و بارهنگ تحت تنش‌های مختلف خشکی (میانگین مربعات)

متغیرها	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه (cm)	طول ریشه‌چه (cm)
گونه	۱	۲۰۵۰/۳۱۲**	۳۴۹۲/۷۲۴**	۱/۵۴۰**	۱۰/۵۱۲**
تنش خشکی	۴	۲۶۱۵۳/۵۹۴**	۱۶۷۹۸/۷۴۳**	۴/۵۳۰**	۲۰/۳۵۸**
بذر	۱	۷۵۰۷/۸۱۲**	۱۵۴۲/۶۴۶**	۰/۵۲۸**	۳/۲۸۱**
گونه × تنش خشکی	۴	۱۰۲۷/۶۵۶**	۱۲۱۱/۸۹۹**	۱/۲۴۸**	۶/۴۶۷**
تنش خشکی × بذر	۴	۴۹۴/۵۳۱**	۲۴۷/۲۰۲**	۰/۰۹۰**	۰/۰۷۶ ^{NS}
گونه × بذر	۱	۴۲۷/۸۱۳**	۴۹۴/۵۱۵**	۰/۰۲۸*	۰/۱۶۴۸**
گونه × تنش خشکی × بذر	۴	۶۹۷/۳۴۴**	۲۹۰/۳۳۹**	۰/۰۵۷**	۰/۰۹۳ ^{NS}

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح معنی‌دار ۵ و ۱٪؛ NS نبود تفاوت معنی‌دار



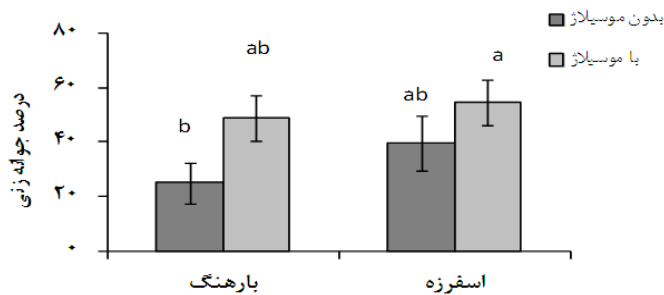
شکل ۱. تأثیر تنش‌های مختلف خشکی بر روی درصد جوانه‌زنی دو گونه بارهنگ و اسفرزه (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).



شکل ۲. تأثیر تنش‌های مختلف خشکی بر روی درصد جوانه‌زنی بذور بدون موسیلاژ و با موسیلاژ (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

خشکی، بذرهاي موسیلاژ دار نسبت به بذرهاي بدون موسیلاژ از درصد جوانه‌زنی بالاتری برخوردار هستند.

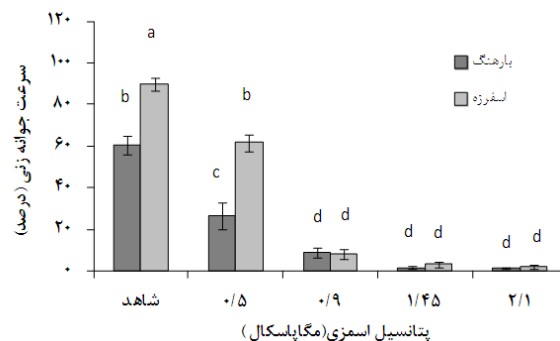
شکل ۳ اثر متقابل نوع بذر و گونه گیاهی را بر روی درصد جوانه‌زنی بذور نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که در هر دو گونه بارهنگ و اسفرزه صرف‌نظر از میزان



شکل ۳. تأثیر نوع بذر روی درصد جوانه‌زنی دو گونه بارهنگ و اسفرزه (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

۶۰/۵ و ۸۹/۷۵٪ در شاهد به ۱/۳ و ۲/۲۳ در تیمار ۲/۱- مگاپاسکال کاهش یافت. اگرچه در پتانسیل اسمزی ۰/۵- مگاپاسکال اسفرزه نسبت به بارهنگ از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار است، ولی با افزایش میزان خشکی تفاوتی بین دو گونه از نظر آماری مشاهده نگردید.

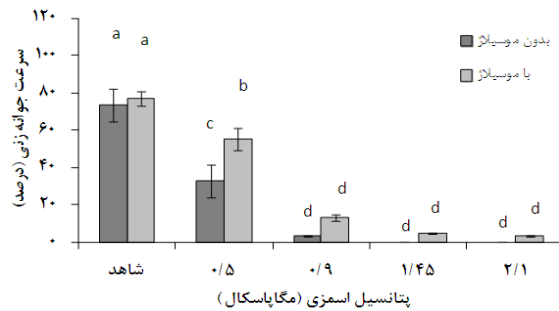
شکل ۴ اثر تنش خشکی را بر روی سرعت جوانه‌زنی دو گونه بارهنگ و اسفرزه نشان می‌دهد. تمامی سطوح تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی هر دو گونه مورد بررسی را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش داده است. به-طوری‌که سرعت جوانه‌زنی بارهنگ و اسفرزه به‌ترتیب از



شکل ۴. تأثیر تنش‌های مختلف خشکی بر روی سرعت جوانه‌زنی دو گونه بارهنگ و اسفرزه (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

موسیلاژ نسبت به شاهد به ترتیب ۲۱/۶۳، ۶۳/۵۴، ۷۱/۹۹ و ۷۳/۳۵٪ کاهش یافت، در صورتی‌که درصد کاهش سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد در بذور بدون موسیلاژ به ترتیب ۴۰/۱۴، ۷۰/۰۳، ۱۰۰ و ۱۰۰ به دست آمد.

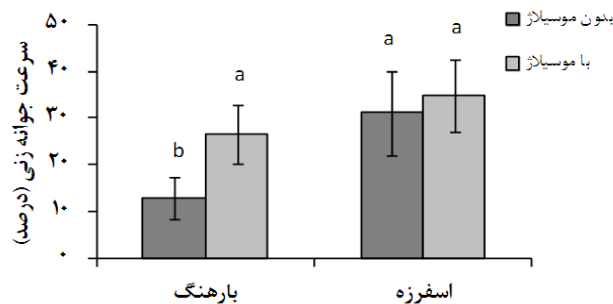
اثر تنش خشکی و نوع بذر بر سرعت جوانه‌زنی بذرها در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش میزان تنش، سرعت جوانه‌زنی در هر دو نوع بذر بدون موسیلاژ و با موسیلاژ کاهش معنی‌داری یافت. با این وجود، بذور موسیلاژ دار در مقایسه با بذور بدون موسیلاژ از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار هستند. به این ترتیب که در سطوح تنش ۰/۵-، ۰/۹-، ۱/۴۵- و ۲/۱- مگاپاسکال، سرعت جوانه‌زنی در بذور با



شکل ۵. تأثیر تنش‌های مختلف خشکی روی سرعت جوانه‌زنی بذرهای بدون موسیلاژ و با موسیلاژ (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

نداشتن موسیلاژ به میزان ۱۳/۷۵٪ (به‌طور معنی‌داری) افزایش داد. اگرچه بذرهای موسیلاژ دار اسفرزه دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتری نسبت به بذرهای بدون موسیلاژ بود. (حدود ۳/۸۱٪) اما این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نیست.

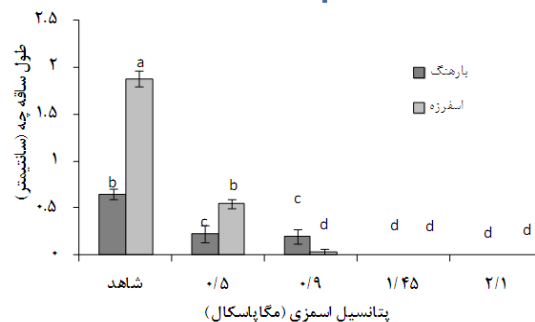
شکل ۶ اثر نوع بذر را بر روی سرعت جوانه‌زنی دو گونه بارهنگ و اسفرزه نشان می‌دهد. حداقل سرعت جوانه‌زنی برای بذر بدون موسیلاژ بارهنگ (۱۲/۸۹) و حداکثر آن برای بذر با موسیلاژ اسفرزه (۳۴/۸۹) است. وجود موسیلاژ در بذرهای بارهنگ سرعت جوانه‌زنی را نسبت به حالت



شکل ۶. تأثیر نوع بذر بر روی سرعت جوانه‌زنی دو گونه بارهنگ و اسفرزه (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

۲/۱- مگاپاسکال طول ساقه‌چه هر دو گیاه به صفر رسیده است. در دو پتانسیل اسمزی ۰/۵- و ۰/۹- روند مشخصی در دو گیاه مشاهده نشد، به‌طوری‌که در پتانسیل ۰/۵- مگاپاسکال اسفرزه و در پتانسیل ۰/۹- مگاپاسکال بارهنگ از طول ساقه‌چه بیشتری برخوردار است.

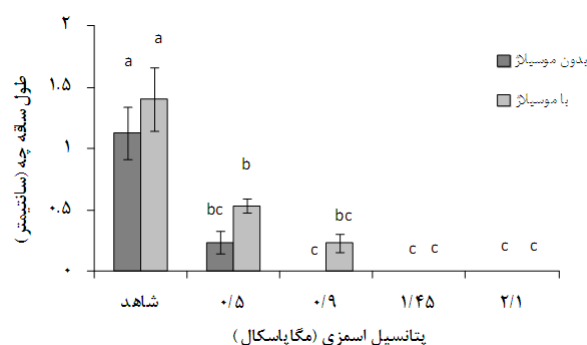
اثر متقابل تنش خشکی و گونه بر روی طول ساقه‌چه دو گیاه مورد بررسی در شکل ۷ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد اعمال تمامی سطوح تنش خشکی، طول ساقه‌چه دو گونه بارهنگ و اسفرزه را به‌طور معنی‌داری کاهش داده، به طوری‌که در پتانسیل‌های ۱/۴۵- و



شکل ۷. تأثیر تنش‌های مختلف خشکی روی طول ساقه‌چه دو گونه بارهنگ و اسفرزه (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

بذرهای دارای موسیلاژ طول ساقه‌چه تنها در تیمارهای ۱/۴۵- و ۲/۱- به صفر رسیده است. افزون بر آن، در پتانسیل اسمزی ۰/۵- مگاپاسکال طول ساقه‌چه بذور دارای موسیلاژ به طور معنی‌داری از بذرهای بدون موسیلاژ بیشتر بود.

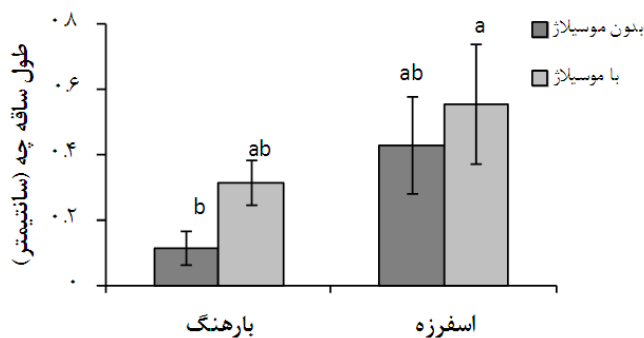
شکل ۸ نشان‌دهنده اثر متقابل تنش خشکی و نوع بذر بر طول ساقه‌چه است. نتایج بیان‌گر آن است که با اعمال تمامی سطوح تنش، طول ساقه‌چه نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری یافته است. اعمال پتانسیل‌های اسمزی ۰/۹-، ۱/۴۵- و ۲/۱- مگاپاسکال، طول ساقه‌چه بذرهای بدون موسیلاژ را به صفر کاهش داده است در حالی‌که در



شکل ۸. تأثیر تنش‌های مختلف خشکی روی طول ساقه‌چه بذور بدون موسیلاژ و با موسیلاژ (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۰/۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

اگرچه بین بذرهای موسیلاژ دار و بدون موسیلاژ اسفرزه از نظر طول ساقه‌چه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی وجود موسیلاژ در بذور بارهنگ منجر به افزایش معنی‌دار طول ساقه‌چه گردید.

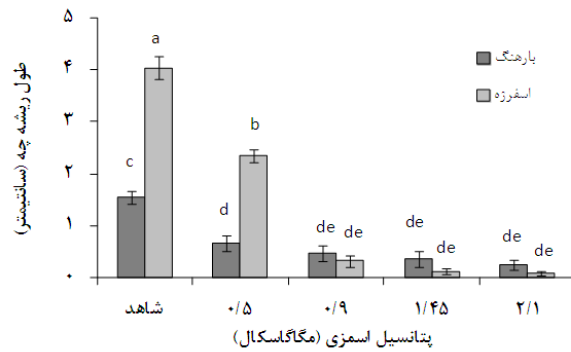
شکل ۹ اثر نوع بذر را بر روی طول ساقه‌چه دو گونه بارهنگ و اسفرزه نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، بذور با موسیلاژ و بدون موسیلاژ اسفرزه نسبت به بذور بارهنگ به طور معنی‌داری از طول ساقه‌چه بیشتری برخوردار هستند.



شکل ۹. تأثیر نوع بذر بر روی طول ساقه‌چه دو گونه بارهنگ و اسفرزه (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۰/۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

و ۲/۱- مگاپاسکال دو گیاه مورد بررسی از نظر طول ریشه‌چه با هم تفاوت معنی‌داری ندارند، در حالی‌که در پتانسیل ۰/۵- مگاپاسکال، اسفرزه از این نظر نسبت به بارهنگ برتری دارد.

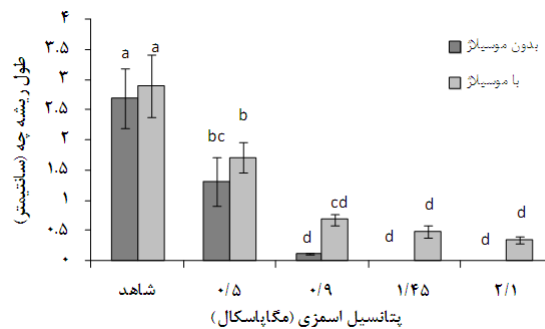
شکل ۱۰ نشان‌دهنده اثر تنش خشکی روی طول ریشه‌چه دو گونه بارهنگ و اسفرزه است. نتایج نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه، با اعمال تمامی سطوح تنش خشکی است. در پتانسیل‌های ۰/۹-، ۱/۴۵-



شکل ۱۰. تأثیر تنش‌های مختلف خشکی روی طول ریشه‌چه دو گونه بارهنگ و اسفرزه (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

برخوردار هستند. بر اساس نتایج، در تنش‌های خشکی ۰/۵، ۰/۹، ۱/۴۵، ۲/۱- مگاپاسکال طول ریشه‌چه بذرهای دارای موسیلاژ نسبت به شاهد به ترتیب ۳۴، ۸۳، ۷۶ و ۸۸ سانتیمتر کاهش یافت، در حالی‌که این کاهش در بذرهای بدون موسیلاژ به ترتیب ۵۱، ۹۵، ۱۰۰ و ۱۰۰ سانتیمتر برآورد گردید.

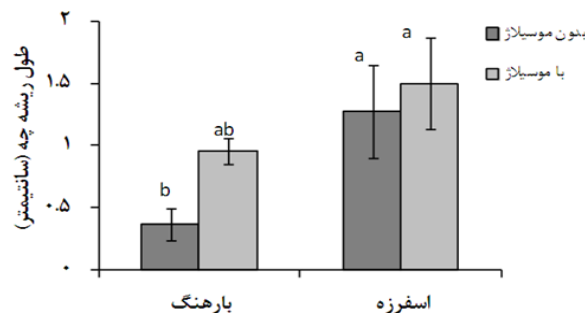
اثر تنش خشکی را بر روی طول ریشه‌چه بذرهای بدون موسیلاژ و با موسیلاژ در شکل ۱۱ نشان داده شده است. اگرچه با اعمال تنش خشکی طول ریشه‌چه هر دو نوع بذر نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است، با این حال نظر از نوع گونه، بذور با موسیلاژ از طول ریشه‌چه بیشتری نسبت به بذرهای بدون موسیلاژ



شکل ۱۱. تأثیر نوع بذر بر روی طول ریشه‌چه دو گونه بارهنگ و اسفرزه (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

اسفرزه در هر دو نوع بذر با و بدون موسیلاژ از طول ریشه‌چه بیشتری نسبت به بارهنگ برخوردار است.

شکل ۱۲ اثر نوع بذر را روی طول ریشه‌چه دو گونه بارهنگ و اسفرزه نشان می‌دهد. همانند طول ساقه‌چه،



شکل ۱۲. تأثیر نوع بذر بر روی طول ریشه‌چه دو گونه بارهنگ و اسفرزه (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند).

بحث

این تحقیق به منظور بررسی نقش موسیلاژ در افزایش مقاومت به خشکی دو گونه اسفرزه و بارهنگ در مرحله جوانه‌زنی و دانه رست به اجرا درآمد. صرف نظر از نوع بذر، نتایج آزمایش بیان‌گر کاهش درصد جوانه‌زنی هر دو گیاه مورد بررسی با افزایش میزان تنش خشکی است. دلیل کاهش درصد جوانه‌زنی بذور تحت تأثیر سطوح بالای خشکی را می‌توان ناشی از کاهش پتانسیل آب و اثر خشکی بر کاهش شدید جذب آب و اختلال در فرآیندهای متابولیکی دانست. تنش اسمزی ناشی از خشکی در جوانه‌زنی بذور مؤثر بوده و باعث کاهش حرکت آب به داخل بذر و در نتیجه کاهش تورم می‌گردد (Laleh et al., 2009). تعدادی از مطالعات به این نکته اشاره دارند که کاهش رطوبت سلول و همچنین کم شدن ترشح هورمون‌هایی مانند جیبرلیک اسید و کاهش ساخت پروتئین‌ها، در اثر تنش خشکی، دلیل کاهش تعداد بذور جوانه‌زده است (Bagheri, 2009). بر اساس نتایج به دست آمده، با افزایش تنش خشکی، درصد جوانه‌زنی هر دو نوع بذر (با و بدون موسیلاژ) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با این حال جوانه‌زنی بذور با موسیلاژ در تمامی سطوح تنش به‌طور معنی‌داری از بذور بدون موسیلاژ بیشتر بود. در این رابطه Yang et al. (2010) نیز بیان نمودند که بذور دارای موسیلاژ *Artemisia sphaerocephala* در مقایسه با بذورهای بدون موسیلاژ تنش خشکی را بهتر تحمل می‌نماید و از درصد جوانه‌زنی بیشتری برخوردار است.

موسیلاژ به‌عنوان یک ترکیب پلی‌ساکاریدی و آب‌دوست توانایی نگهداری مقادیر قابل توجه‌ای از رطوبت را داشته و در افزایش مقاومت به تنش خشکی بذورهای در حال جوانه‌زنی، کمک شایانی می‌کند. (Ghanem et al., 2010). گزارش (Werker, 1997) بیان‌گر این است که موسیلاژ، آب را از محلول پلی‌اتیلن گلیکول جذب و آن را از محیط کشت به بذر منتقل نموده و به این ترتیب به بذر در جهت جذب آب لازم جهت عمل جوانه‌زنی کمک می‌نماید.

با مقایسه دو گونه مورد بررسی، بذور موسیلاژدار و بدون موسیلاژ اسفرزه از جوانه‌زنی بالاتری نسبت به بارهنگ برخوردار هستند. بالاتر بودن جوانه‌زنی بذور اسفرزه

ممکن است به دلیل حجم بالاتر موسیلاژ موجود در بذر این گیاه باشد، هر چند که در این تحقیق حجم موسیلاژ اندازه‌گیری نشد. تمامی سطوح تنش خشکی مورد بررسی در این تحقیق، سرعت جوانه‌زنی اسفرزه و بارهنگ را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش دادند. اثر تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی در مطالعات زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. در این ارتباط (Ali et al., 2010) بیان نموده‌اند که با افزایش تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی بذور ذرت به‌طور خطی کاهش می‌یابد.

یافته‌های این محققین نشان‌دهنده این مطلب است که افزایش یک مگاپاسکال تنش خشکی، سرعت جوانه‌زنی بذور را به میزان ۲/۸۴ عدد در روز کاهش داد و با افزایش تنش خشکی زمان لازم برای رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی افزایش یافته است. (Abrod et al., 2008) نیز ثابت نمود که افزایش تنش خشکی منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی شاه‌افسر (*Melilotus officinalis*) می‌گردد. سرعت جوانه‌زنی صفت مهمی در بقایای گیاهان تحت شرایط تنش خشکی است. سرعت جوانه‌زنی بالا گیاه را قادر می‌سازد که از عوامل محیطی مانند نور، رطوبت و غیره به نحو مطلوبی در فاصله زمانی کوتاه استفاده نموده و از توانایی بالایی در رقابت با سایر گونه‌ها برخوردار باشد.

نتایج به دست آمده نشان‌دهنده آن است که بذورهای موسیلاژدار در مقایسه با بذورهای بدون موسیلاژ از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار هستند. در این رابطه Wardle et al. (1991) گزارش کرد که موسیلاژ پس از مرطوب شدن، مواد تحریک‌کننده جوانه‌زنی تولید نموده و به این ترتیب درصد و سرعت جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد. (Taylor et al., 2003) بیان نمود که در شرایط نبود تنش خشکی، موسیلاژ منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی چغندر می‌شود. بنابراین، به نظر می‌رسد نقش موسیلاژ در افزایش سرعت جوانه‌زنی در مواقعی است که بذر در شرایط تنش رطوبتی قرار داشته و موسیلاژ با فراهم نمودن و در اختیار قرار دادن آب بیشتر به بذر، باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی آن می‌گردد.

نتایج به دست آمده بیان‌گر این مطلب است که اعمال تمامی سطوح تنش خشکی طول ساقه‌چه دو گونه بارهنگ

ساقه‌چه کاهش یافته، اما تأثیر سطوح خشکی بر طول - ساقه چه نسبت به طول ریشه‌چه بیشتر است.

Hosseini & Rezvani Moghadam (2006) نیز گزارش داد که طول ساقه‌چه اسفرزه در بین سایر صفات از حساسیت بالاتری نسبت به تنش شوری و خشکی برخوردار است. با این حال تعدادی از مطالعات بیان‌گر حساسیت کمتر طول ساقه‌چه نسبت به طول ریشه‌چه در برابر تنش‌های خشکی یا شوری است (Laleh et al., 2009; Wu et al., 2011).

تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه در هر دو نوع بذر نسبت به شاهد شد. با این حال صرف نظر از نوع گونه، بذور با موسیلاژ از طول ریشه‌چه بیشتری نسبت به بذرهای بدون موسیلاژ برخوردار هستند. تحقیقات مختلف نشان داده است که موسیلاژ دارای نقش‌های فیزیولوژیکی متعددی در گیاه بوده که افزایش انتقال آب در داخل بذر در حین جوانه‌زنی که ممکن است منجر به افزایش طول ریشه‌چه گردد، یکی از آن‌ها می‌باشد (Ghanem et al., 2010).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق بیان‌گر کاهش معنی‌دار جوانه‌زنی و رشد اولیه بارهنگ و اسفرزه در اثر افزایش سطوح تنش خشکی است. صرف نظر از نوع گونه، تنش خشکی جوانه‌زنی و رشد هر دو نوع بذر موسیلاژدار و بدون موسیلاژ را کاهش داد، ولی میزان کاهش در بذرهای بدون موسیلاژ به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر بود. با مقایسه دو گونه گیاهی مورد بررسی در این تحقیق، بذرهای موسیلاژدار و بدون موسیلاژ گیاه اسفرزه نسبت به بارهنگ از واکنش مناسب‌تری برخوردار بودند. با این شرایط، نقش بارز موسیلاژ در کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی را می‌بایست مورد توجه قرار داد. بنابراین وجود موسیلاژ در بذرهای گیاهان موجود در مناطق خشک می‌تواند عامل مهمی در حفظ بقاء و پراکندگی این گونه‌های گیاهی باشد. با این حال ضروری است که نقش موسیلاژ در شرایط طبیعی و در حالتی که از خاک به‌عنوان بستر کشت استفاده می‌گردد نیز مورد بررسی قرار گیرد.

و اسفرزه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. در این رابطه Hosseini, & Rezvani و Rahimi et al. (2009) Moghadam (2006) نیز گزارش داد که با افزایش تنش خشکی، درصد طول ساقه‌چه گونه اسفرزه کاهش می‌یابد. در مطالعه دیگر Tamartash et al. (2010) بیان کرد که با افزایش تنش خشکی طول ساقه‌چه کاهش می‌یابد. رشد کم بافت‌های اولیه گیاه‌چه در تنش خشکی به دلیل کاهش پتانسیل آب سلول‌های در حال رشد است. از طرف دیگر گیاه برای حفظ شرایط رطوبتی خود مجبور به انجام تنظیم اسمزی بوده (Rad et al., 2012) و برای این امر انرژی متابولیکی خود را جهت مواد حد واسط و یا تجمع املاح صرف کرده که در آخر رشد طولی اندام‌های اولیه کاهش می‌یابد (Bagheri, 2009).

بذرهای با موسیلاژ در مقایسه با بذرهای بدون موسیلاژ از طول ساقه‌چه بلندتری برخوردار است. این امر می‌تواند به دلیل نقش تعدیل‌کنندگی موسیلاژ در انتقال آب به گیاه‌چه در حال رشد باشد (Ghanem et al., 2010). در مغایرت با این یافته‌ها، Yang et al. (2010) نشان داد که هرچند بذرهای دارای موسیلاژ در مواجهه با تنش خشکی از درصد جوانه‌زنی بالاتری نسبت به بذور بدون موسیلاژ برخوردار است، ولی طول گیاه‌چه این دو نوع بذر اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

نتایج این مطالعه نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه، با اعمال تمامی سطوح تنش خشکی است. علت کاهش طول ریشه‌چه با افزایش خشکی، ناشی از وجود مولکول‌های بزرگ پلی‌اتیلن گلیکول و همچنین پتانسیل اسمزی ایجاد شده توسط آن که باعث کاهش جذب آب توسط ریشه و همچنین کاهش طول آن می‌شود (Ali et al., 2010). بر اساس نتایج، طول ریشه‌چه در این تحقیق کمتر از طول ساقه‌چه تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته است. در پتانسیل ۱۴/۵- و ۲۱- مگاپاسکال ساقه‌چه دو گونه مورد بررسی، رشدی از خود نشان نداده است، در حالی که ریشه‌چه در پتانسیل‌های اسمزی مذکور رشد نسبی از خود نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، حساسیت ساقه‌چه به تنش خشکی بیشتر از ریشه‌چه بود.

در راستای نتایج این تحقیق، Ghaderi et al. (2009) بیان نمود که با افزایش تنش خشکی طول ریشه‌چه و

References

- Abrod, F., Eshghi, L., & Ghadei, A. (2008). Effects of drought stress on seed germination parameters of *Melilotus albus*. National Conference of Seeds Science and Technology, Iran, Gorgan, P. 115, (in Farsi).
- Ali, S., Eslami, V., Behdani, M. A., & Jami-Alahmadi, M. (2010). Mitigation effects of glycine betaine on germination and early growth of *Zea mays* L.. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8, 837-844, (in Farsi).
- Bagheri, A. (2009). The Effect of drought stress on germination, growth, absorption efficiency and water use efficiency of hull-less barley genotypes. *Journal of Crop Production Research Environmental Stresses in Plant Sciences*, 1, 39-52, (in Farsi).
- Clifford, S. C., Arndt, S. K., Popp, M., & Jones, H. G. (2002). Mucilage and polysaccharides in *Ziziphus* species: Localization, composition and physiological roles during drought stress. *Journal of Experimental Botany*, 53, 131-138.
- Ghaderi, A., Kamkar, B., & Soltani, A. (2008). Seed science and technology. Mashhad: Jahade Daneshgahi Mashhad Publication, P: 512, (in Farsi).
- Ghanem, M. E., Han, R. M., Classen, B., Quetin-Leclercq, J., Mahy, M., Ruan, C.J., Qin, P., Prez-Alfocea, F., & Lutts, S. (2010). Mucilage and polysaccharides in the halophyte plant species *Kosteletzkya virginica*: Localization and composition in relation to salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 131-135.
- Gorai, M., Gasmi, H., & Neffati, M. (2011). Factors influencing seed germination of medicinal plant *Salvia aegyptiaca* L. (Lamiaceae). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18, 255-260
- Grubert, M. (1974). Studies on the distribution of myxospermy among seeds and fruits of Angiospermae and its ecological importance. *Acta Biologica Venezuelica*, 8, 315-551.
- Harper, J. L., & Benton, R. A. (1966). The behaviour of seeds in soil II. The germination of seeds on the surface of a water supplying substrate. *Journal of Ecology*, 54, 151-166.
- Hartman, H., Kester, D., & Davis, F. (1990). Plant propagation, principle and practices.
- Hedge, I. C. (1970). Observation on the mucilage of *Salvia* fruits. *Notes Royal Botanic Gardens Edinburgh*, 30, 79-95.
- Hosseini, H., & Rezvani Moghadam, P. (2006). Effect of water and salinity stress in seed germination on *Isabgol* (*Plantago ovata*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 4, 15-22, (in Farsi).
- Kochaki, A., Soltani, A., & azizi, M. (1997). Plant ecophysiology (2nd ed). Ferdowsi University of Mashhad. 2, 271, (in Farsi).
- Laleh, S., Jami Alahmadi, M., Sharifi, Z., & Eslami, V. (2009). Effect of NaCl salinity stress on germination and seedling growth of *Carthamus tinctorius* L. using three laboratory methods. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9, 19-27, (in Farsi).
- Mansouri, M., Hakimzadeh, M A., Zare Ernani, M., & Mosleh Arany, A. (2011). Effect of drought and salinity stress on germination of *Arbusculiso salsola* and *Anabasis karea*. MSc. Thesis. Faculty of Natural Resources, Yazd University, (in Farsi).
- Mosleh-Arany, A., Bakhshi-Khaniki, G., Nemati, N., & Soltani, M. (2011). Investigation on the effect of salinity stress on seed germination of *Salsola abarghuensis*, *Salsola arbuscula* and *Salsola yazdiana*. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 18, 267-279, (in Farsi).
- Nakamura, Y., Tanaka, K., Ohta, E., & Sakata, M. (1990). Protective effect of Ca²⁺ on elongation an interacellular concentration of K⁺ in intact Mung bean root under high NaCl stress. *Plant Cell Physiology*, 31, 815-821.
- Poudel, D. D., Horwath, W. R., Lanini, W. T., Temple, S. R., & Van Bruggen, A. H. C. (2002). Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low input and conventional systems in California. *Agricultural Ecology and Environment*, 90, 125-137.

- Rad, M. H., Assareh, M. H., Soltani, M., & Shariat, A. (2012). Water relationship of eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) under soil drought stress. *Iranian Journal of Forest*, 4, 89-99, (in Farsi).
- Rahimi, A., Jahansoz, M. R., Rahimian Mashhadi, H. R., Pouryosef, M., & Roosta, R. A. (2009). Effect of drought and plant density on yield and phenological stages of Isabgol and French psyllium with using growth degree days. *Electronic Journal of Crop Production*, 2, 57-74, (in Farsi).
- Sun, Y., Tan, D., Baskin, C., & Baskin, J. (2012). Role of mucilage in seed dispersal and germination of the annual ephemeral *Alyssum minus* (Brassicaceae). *Australian journal of Botany*, 60, 439-449
- Swarbrick, J. T. (1971). External mucilage production by seeds of British plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 64, 157-162.
- Tamartash, R., Shokrian, F., & Kargar, M. (2010). Effects of salinity and drought stress on *Trifolium alexanderium* L. seed germination properties. *Rangeland*, 4, 288-297, (in Farsi).
- Taylor, A. G., Goffinet, M. C., Pikuz, S. A., Shelkovenko, T. A., Mitchell, M. D., Chandler, K. M., & Hammer, D. A. (2003). Physico-chemical factors influence beet (*Beta vulgaris* L.) seed germination. In: Nicolas, G., Bradford, K. J., Come, D. & Pritchard, H. W. *The Biology of Seeds: Recent Research Advances*. CABI. p. 433-440.
- Wardle, D. A., Ahmed, M., & Nicholson, K. S. (1991). Allelopathic influence of nodding thistle (*Carduus nutans* L.) seeds on germination and radicle growth of pasture plants. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 34, 185-191
- Werker, E. (1997). Seed anatomy. Bd. 10, Teil 3. *Encyclopedia of plant anatomy*. Gebruder Borntraeger, Berlin.
- Witztum, A., Gutterman, Y., & Evenari, M. (1969). Integumentary mucilage as an oxygen barrier during germination of *Blepharis persica* (Burm.) Kuntze. *Botanical Gazette*, 130, 238-241.
- Wu, C., Wang, Q., Xie, B., Wang, Z., Cui, J., & HU, T. (2011). Effects of drought and salt stress on seed germination of three leguminous species. *African Journal of Biotechnology*, 10, 17954-17961.
- Yang, X., dong, M., & huang, Z. (2010). Role of mucilage in the germination of *Artemisia sphaerocephala* achenes exposed to osmotic stress and salinity. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 131-135.

The role of mucilage in improving germination and early growth of plants under drought stress (Case study: *Plantago ovata* and *Plantago major*)

1-M. Hajrezaie, MSc of Arid Lands Management, Yazd University, I.R. Iran
hajrezaie.raziieh@gmail.com

2-H. Sodaeizade, Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, I.R. Iran

3- A. M. Mirmohammadi Meibodi, Professor, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, I.R. Iran

4-A. Mosleh Arani, Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, I.R. Iran

Received: 01Dec 2011

Accepted: 08 Jul 2012

Abstract

Seed germination as the most important plant development stages can be frequently affected by environmental stress including drought and salinity. The seeds and/or fruits of many species in desert habitats have an external mucilage layer that can be increased water holding capacity of seeds under water stress condition. To evaluate the role of mucilage in enhancing of drought tolerance of *Plantago ovata* Forsk. and *Plantago major* L. in seed germination and early growth stages, a completely randomized experiment was conducted in a factorial arrangement with four replications. Plant species (*P. ovata*, *P. major*), drought stress levels (0, -5, -9, -14.5, -21 MPa) and seed type (with mucilage, and without mucilage) were considered as first, second and third factors, respectively. Different variables including germination percentage, rate of germination, stem as well as root length were measured. Results indicate that with increasing drought stress, germination and seedling growth of two plant species were significantly decreased. Seeds with mucilage were less affected by drought stress compared to the seeds without mucilage. Germination and early growth of the two plant species differ in their sensitivity to drought stress and *P. major* was more affected by drought stress. Overall, results indicate that mucilage can improve seed germination of both plant species under drought stress condition. However, the ability of mucilage in improving seed germination depends on type of plant species and amount of seeds mucilage.

Keywords: Drought stress; Seed germination; Mucilage; Seed moisture.