

نقش اکوفیزیولوژیکی موسیلاژ سطح بذر در جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بالنگو شیرازی (*Lallemantia royleana* (Benth.) Benth.in Wall) در شرایط تنش خشکی و شوری

محمود رضا بهرامی^۱، محمد خواجه حسینی^{۲*}، کامران داوری^۳

۱. دانشجو دکترا، دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت

۲. عضو هیئت علمی، دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت

۳. عضو هیئت علمی، دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی، گروه آبیاری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۴)

چکیده

به نظر می‌رسد تولید موسیلاژ در سطح پوسته بذر یکی از جنبه‌های تطابق پذیری گیاهان به شرایط محیطی بیابانی باشد. دانه بالنگو شیرازی (*Lallemantia royleana*) به دلیل وجود موسیلاژ در پوسته بذر قدرت فوق‌العاده‌ای در جذب آب تا چندین برابر حجم اولیه خود را دارد. به منظور تعیین نقش موسیلاژ در جوانه‌زنی، دو نوع بذر موسیلاژدار و بدون موسیلاژ در آزمایش‌های جداگانه تنش خشکی (صفر، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و -۰/۵ مگا پاسکال) و تنش شوری (صفر، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار بررسی شد. در آزمایش تنش خشکی درصد جوانه‌زنی بذر موسیلاژدار با اختلاف معنی‌داری کمتر از بذر بدون موسیلاژ بود اما در آزمایش شوری اختلاف درصد جوانه‌زنی آنها معنی‌داری نبود. متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT) بذر موسیلاژدار در هر دو آزمایش پائین‌تر از بذر بدون موسیلاژ بود. در آزمایش شوری طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، و وزن خشک گیاهچه بذر موسیلاژدار بطور معنی‌داری بالاتر از بذر بدون موسیلاژ بود اما در آزمایش خشکی اختلافی بین آنها وجود نداشت. بود. اثر متقابل خشکی و نوع بذر معنی‌دار نبود اما تنش شوری و نوع بذر اثر متقابل معنی‌داری داشتند.

کلمات کلیدی: تنش، پتانسیل اسمزی، جذب آب، MGT

Ecophysiological role of mucilaginous seed coat on germination and early seedling growth of Balangu Shirazi (*Lallemantia royleana* (Benth.) Benth.in Wall) imposed to drought and salinity stresses

M. R. Bahrami¹, M. Khajeh-Hoseini^{2*}, K. Davari³

1. PhD Student, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2. PhD., Department of Crop Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3. Associate Professor, Department of Irrigation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(Received: Oct. 16, 2016 – Accepted: Feb. 22, 2017)

Abstract

It seems mucilaginous seed coat is an aspect of plants evolutionary adaptation to desert environments. Because of mucilage production, seed coat of Balangu Shirazi (*Lallemantia royleana*) absorbs water multiple times more than of its initial weight. To determine the possible role of mucilaginous seed coat, two mucilaginous (M) and demucilaged (DM) seeds were examined in two separate experiments of drought with six levels (0 as control, -0.1, -0.2, -0.3, -0.4, and -0.5 MPa) and salinity with six levels (0 as control, 2, 4, 6, 8, and 10 ds.m⁻¹) through factorial experiment as completely randomized design with three replications of 25 seeds. Germination of demucilaged seeds significantly was higher than mucilaginous seed in drought trial; though in salinity stress, there was no significant difference between germination of mucilaginous and demucilaged seeds. Mean germination time (MGT) in mucilaginous seeds was higher than the demucilaged seeds in both salinity and drought stresses. In salinity experiment, length of root, stem and stem/root length ratio in mucilaginous seed was higher than the demucilaged seed significantly; while there was no any differences in drought stress. Interaction of seed with drought was not significant but there was significant interaction between seed and salinity.

Key words: stress, MGT, osmotic potential, water absorption

* Email: Agr844@gmail.com

(Kreitschitz and Valles, 2007; Western, 2012).

موسیلاژ را می‌توان به عنوان پلیمر زیستی با وزن مولکولی بالا معرفی کرد که دامنه گسترده‌ای از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی با کاربرد وسیع در زمینه‌های دارویی، صنعتی، بهداشتی و پزشکی دارند (Niknam, 1999). فرضیات زیادی در ارتباط با نقش آن، عمدتاً مرتبط با جوانه‌زنی بذر، ارائه شده است، از جمله: کمک به آبیگری بذر، بویژه در شرایط تنش خشکی و شوری؛ ذخیره آب برای جوانه‌زنی و نمو اولیه گیاهچه (Garwood, 1985)؛ کمک به بازسازی DNA جنین و حفظ حیات بذر تحت شرایط سخت بیابانی (پرایمینگ طبیعی بذر) (Huang et al., 2008; Western, 2012)؛ افزایش فراهمی آب برای بذر با افزایش سطح تماس بذر با خاک (Harper and Benton, 1966; Witztum et al., 1969)؛ و آغاز یا تسریع جوانه‌زنی بذر (Khajeh-Hosseini and Mostashar-Shahidi, 2016). ممانعت از جوانه‌زنی بدلیل کاهش انتشار اکسیژن نیز توسط موسیلاژ سطح بذر گزارش شده است (Heydecker and Orphanos, 1968; Witztum et al., 1969).

مطالعه و بررسی گونه‌های گیاهی یکساله نه تنها برای حفاظت، اصلاح، و مدیریت پوشش گیاهی منطقه‌ای بلکه برای توسعه پایدار و ثبات بوم نظام‌ها مفید است (Li et al., 2008). بالنگو شیرازی (*Lallemantia royleana*) از گیاهان گلدار متعلق به تیره نعنائیان (Lamiaceae.) گیاهی علفی، یکساله سرد زیست، با عادت رشد ایستاده است. این گیاه در مناطق مختلفی از ایران (شرق، شمال شرق، جنوب شرق و کوه‌های البرز) بصورت وحشی می‌روید (Mozaffarian, 1996). دانه این گیاه کشیده به رنگ سیاه می‌باشد که به محض جذب آب یک لایه موسیلاژ تمام سطح آنرا می‌پوشاند. دانه‌های این گیاه بصورت مستقیم و یا موسیلاژ استحصال شده از آن مصارف گوناگونی از جمله در صنایع دارویی و غذایی دارد. هدف از انجام این آزمایش‌ها بررسی برخی از خصوصیات اکوفیزیولوژیکی جوانه‌زنی بذر بالنگو در شرایط تنش‌های عمده محیطی

مقدمه

جوانه‌زنی بعنوان آغاز چرخه زندگی گیاهان یکساله نقش تعیین کننده‌ای در ماندگاری و پویایی این گونه‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک دارد (Mott, 1974; Li et al., 2008). در بسیاری از نقاط محلی سازوکارهای تطابق‌پذیری یک گونه به محیط اطرافش عمدتاً بر روی بازسازی پوشش گیاهی متمرکز است، به همین دلیل برنامه‌ریزی مطالعات محلی بر روی تأثیر عوامل محیطی روی جوانه‌زنی بذر در مناطق خشک و نیمه خشک همچنان موضوع جدی تحقیقات می‌باشد (Li et al., 2008).

جوانه‌زنی و استقرار مناسب گیاهچه شدیداً به شرایط محیطی وابسته است. پیش شرط اولیه برای جوانه‌زنی و استقرار مناسب گیاهچه جذب آب بوسیله بذر می‌باشد. مقدار آبی که بذر برای جوانه‌زنی نیاز دارد خیلی ناچیز است، اما سرعت و مقدار کل آب جذبی بوسیله بذر عمدتاً به ویژگی‌های بذر و خاک در ارتباط با آب، اختلاف پتانسیل آب بین بذر و خاک، بستگی دارد. برای گیاهان یکساله که در مناطق خشک و نیمه خشک می‌رویند رطوبت خاک بعنوان مهمترین عامل محدود کننده در جوانه‌زنی بذر معرفی می‌شود که این خود متکی به میزان بارندگی سالیانه است چرا که گونه‌های یکساله از ریشه عمیقی برخوردار نیستند (Gutterman, 1993; Li et al., 2008).

یکی از مشخصه‌های مناطق خشک و نیمه خشک فراوانی گونه‌های گیاهی یکساله است. این گونه‌ها از انطباق‌پذیری بالایی در مواجهه با عوامل محیطی زیستی و غیر زیستی برخوردار هستند (Li et al., 2008). سطح خارجی پوسته بذر در نهادانگان بسیار متنوع است و این امر حاکی از سازگاری گیاهان جهت پراکنش و جوانه‌زنی بذر آن با محیط‌های مختلف می‌باشد (Fahn, 1990; Yang et al., 2010).

یکی از ویژگی‌های بذر در بعضی از تیره‌های گیاهی تولید موسیلاژ در سطح پوسته بذر می‌باشد

(خشکی و شوری) و نقش احتمالی موسیلاژ روی سطح بذر در این امر بود.

یکنواختی از نظر میزان حذف موسیلاژ و اندازه و میزان رسیدگی بذر (بر اساس رنگ ظاهری) انتخاب شوند.

مواد و روش‌ها

تهیه بذر

بذر مورد استفاده در این آزمایش از نوع توده کلات در تابستان سال ۱۳۹۱ (مربوط به محصول همان سال) از شهرستان کلات نادری واقع در شمال شرق ایران تهیه شد. این شهرستان در ۵۹ تا ۶۰ درجه طول شرقی و ۳۶ تا ۳۷ درجه عرض شمالی قرار دارد. این شهرستان با ۲۱۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا در منطقه نیمه معتدل کوهستانی قرار دارد. این گیاه بصورت دیم در این شهرستان بیش از سایر نقاط ایران کاشته می‌شود. توده بذر از زمان تهیه در داخل یخچال در دمای ۶-۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری و در مواقع لزوم از آن استفاده شد.

آماده سازی بذر

یکی از مراحل حساس این آزمایش حذف موسیلاژ سطح بذر بود. این عمل به روش مکانیکی (Thapliyal et al., 2008; Zhou et al., 2016) طی دو مرحله انجام گرفت: (۱) ابتدا مقداری بذر بمدت پنج دقیقه داخل آب خیسانده شد؛ سپس این بذر خیس خورده بر روی یک سطح صیقلی و صاف (مثل شیشه) پخش و در معرض هوای آزاد و آفتابی قرار گرفت تا به سرعت خشک شود (سرعت خشک شدن از این نظر مهم است که جوانه زنی در بذر قبل از موسیلاژزدایی انجام نشود). به این ترتیب مقدار زیادی از موسیلاژ بعد از خشک شدن به سطح شیشه چسبیده و حذف می‌شود؛ (۲) بذر خشک شده بر روی کاغذ سمباده خیلی نرم (شماره P400) به کمک انگشتان دست به نرمی و بمدت طولانی سائیده شد. بعد از حذف موسیلاژ بذر بدون موسیلاژ (Demucilaged) با بذر موسیلاژدار (Mucilaginous) مورد مقایسه قرار گرفت. هر دو نوع بذر قبل از تیمارشان زیر دستگاه میکروسکوپ بازبینی شدند تا بذرهای

تعیین قدرت جذب آب بذر بالنگو

برای این منظور مقدار ۰/۵ گرم بذر موسیلاژدار و ۰/۵ گرم بذر بدون موسیلاژ به صورت جداگانه داخل آب غوطه‌ور شد. سپس هر دو دقیقه یک مرتبه بذرهای داخل صافی ریخته شدند تا آب آزاد اضافی بذرهای خارج گردد. به منظور تسریع در خروج آب آزاد، توده بذر بر هم زده شد تا دیگر هیچ آبی از صافی خارج نشود و در همین لحظه بذور آبرگیری شده با ترازوی دقیق ۰/۰۰۰۱ توزین شدند. این عمل تا زمانی که وزن توده بذر تقریباً ثابت شود ادامه پیدا کرد. از تفاضل وزن اولیه و ثانویه بذور مقدار آب جذب شده محاسبه گردید.

آزمایش خشکی

این آزمایش به منظور مطالعه نقش موسیلاژ سطح بذر بالنگو در شاخص‌های جوانه زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه آن انجام شد. آزمایش شامل دو فاکتور یعنی خشکی با شش سطح صفر یا شاهد، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، و ۰/۵- مگا پاسکال (MPa) و دو نوع بذر موسیلاژدار (Mucilaginous) و بدون موسیلاژ (Demucilaged) بصورت فاکتوریل بر مبنای طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. برای اعمال تیمار خشکی از محلول اسمزی تهیه شده با PEG 6000 در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد براساس فرمول میشل و کافمن (Michel and Kaufmann, 1973) استفاده شد.

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

C: غلظت PEG 6000 (گرم در کیلوگرم آب)،

T: درجه حرارت محلول (سانتی‌گراد)

آزمایش شوری

در این آزمایش نقش موسیلاژ سطح بذر در جوانه زنی بذر بالنگو تحت تیمارهای مختلفی از شوری مورد

همکاران (Khajeh-Hosseini et al., 2009) محاسبه شد:

$$MGT = \sum (nt) / \sum n$$

n = تعداد بذرهایی که جدیداً در روز t ام جوانه

زده‌اند؛ t = روز شمارش بعد از آغاز خیساندن بذر.

در پایان شمارش جوانه زنی تعداد ۵ عدد گیاهچه در

هر پتری بصورت تصادفی انتخاب و میانگین طول

ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن خشک آنها تعیین شد. آنالیز

آماري با استفاده از نرم افزار Minitab 16 و MSTAT-C

انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون حداقل

اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ظرفیت و روند جذب آب

نتایج نشان داد بذر موسیلاژدار بالنگو توانایی جذب

آب تا حدود ۳۰ برابر وزن خودش را دارد. این میزان جذب

آب با سرعت بالا و در مدت ۲۰ دقیقه اتفاق افتاد (شکل ۱).

چنین توانایی در جذب آب توسط بذره‌های موسیلاژی در

گونه‌های سیب فیلی (*Dillenia indica* Linn.)، و ریحان

(*Ocimum basilicum* L) (Thapliyal et al, 2008;)

(Zhou, 2012) نیز گزارش شده است.

جوانه‌زنی

در آزمایش خشکی بر خلاف انتظار بذر بدون

موسیلاژ با اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.05$) جوانه‌زنی

بالاتری نسبت به بذر موسیلاژ دار داشت (جدول ۱). در

آزمایش خشکی اختلاف درصد جوانه‌زنی دو نوع بذر در

تیمار شاهد (آب مقطر) معنی‌دار ($P \leq 0.05$) و در بذر

بدون موسیلاژ به طور قابل ملاحظه‌ای بیش از بذر

موسیلاژدار بود (جدول ۲). درصد جوانه‌زنی در بذر بدون

موسیلاژ در تمام سطوح خشکی همواره بیش از بذر

موسیلاژدار بود. با کاهش پتانسیل اسمزی آب در هر دو

نوع بذر درصد جوانه‌زنی افزایش یافت و این افزایش در

بذر موسیلاژدار نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار ($P \leq 0.05$)

بود. در حالی که در بذر بدون موسیلاژ اختلاف

بررسی قرار گرفت. آزمایش بصورت فاکتوریل بر مبنای

طرح پایه کاملاً تصادفی شامل دو فاکتور شوری در شش

سطح (صفر یا شاهد، ۲، ۴، ۶، ۸، و ۱۰ $ds.m^{-1}$) و دو نوع

بذر (موسیلاژدار و بدون موسیلاژ) در ۳ تکرار انجام شد.

برای تیمار شوری از کلرورسدیم خالص شرکت مرک

استفاده شد.

آزمون جوانه‌زنی بذر

برای انجام هر دو آزمایش از ظروف پتری دیش

شیشه‌ای به قطر ۸ سانتی‌متر با یک لایه کاغذ صافی در

کف آن استفاده شد. داخل هر پتری دیش ۵ میلی‌لیتر

از آب مقطر (در تیمار شاهد) و یا از هرکدام از محلول‌های

اسمزی (PEG 6000 یا NaCl) افزوده شد و تعداد ۲۵

عدد بذر بالنگو بر روی کاغذ چیده شد و در هر پتری با

نوار پارا فیلم بسته شد تا از تبخیر آب جلوگیری شود.

پتری‌ها داخل دستگاه ژرمیناتور در دمای ۱۵ درجه سانتی

گراد چیده شدند. ساعات روشنایی دستگاه بصورت

۱۶/۸ (شب/روز) تنظیم شد. خروج ریشه‌چه به طول ۲

میلی‌متر بعنوان شاخص بذر جوانه زده

(Khajeh-Hosseini et al., 2009) در نظر گرفته شد.

شمارش جوانه‌زنی در فواصل زمانی ۲۴ ساعته تا ثابت

شدن جوانه‌زنی بذرها در روز دهم ادامه یافت.

شاخص‌های جوانه‌زنی

از مهمترین خصوصیات جوانه‌زنی در هر نوع بذر

درصد جوانه‌زنی آن می‌باشد؛ بر همین اساس درصد

جوانه‌زنی از رابطه زیر محاسبه شد:

$$GP = (\sum g / \sum n) \times 100$$

GP: درصد جوانه‌زنی نهایی؛ g: بذره‌های جوانه‌زده؛ و

n: تعداد کل بذره‌های هر تیمار.

شاخص مهم دیگر در ارزیابی صفات جوانه‌زنی متوسط

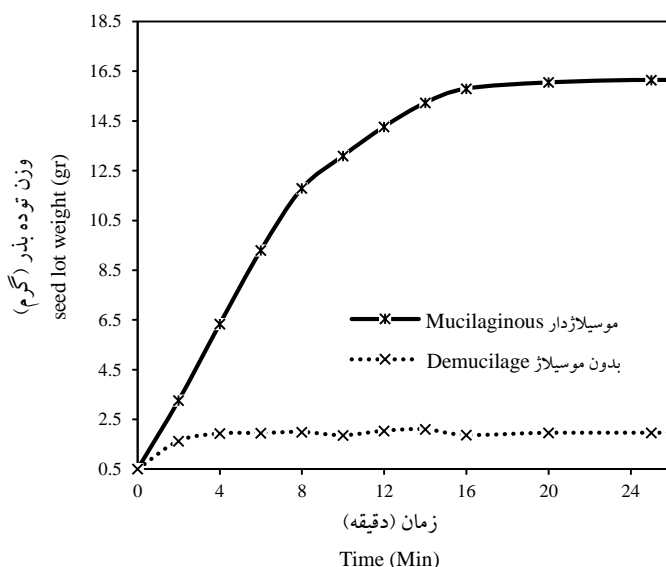
زمان جوانه‌زنی (MGT)^۱ بذر بر حسب روز می‌باشد. MGT

بر اساس فرمول زیر ارائه شده توسط خواجه حسینی و

1. Mean Germination Time (MGT)

علت کاهش جوانه‌زنی بذر موسیلاژ دار در تیمار شاهد باشد اما با افزایش تنش اسمزی و احتمالاً کاهش توانایی موسیلاژ در جذب آب اثر منفی زیادی آب در اطراف بذر کاهش یابد، در حالی که در بذر بدون موسیلاژ اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف پتانسیل آب مشاهده نشد.

معنی‌داری بین تیمار شاهد و پتانسیل اسمزی ۰/۵- مگا پاسکال وجود نداشت. در مقابل، یانگ و همکاران (Yang et al. , 2010) گزارش دادند که با افزایش پتانسیل اسمزی جوانه‌زنی بذر موسیلاژدار و بدون موسیلاژ در گونه‌ای از درمنه (*Artemisia sphaerocephala*) کاهش یافت. ممکن است تجمع آب زیاد در سطح بذر



شکل ۱- روند آبنوشی بذر موسیلاژدار و بدون موسیلاژ بالنگو شیرازی (*Lallemantia royleana*)

Fig. 1- The trend of water imbibition of mucilaginous and demucilage seeds of Balangu Shirazi (*Lallemantia royleana*)

جدول ۱- مقایسه اثر ساده خشکی و شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذر موسیلاژدار (M) و بدون موسیلاژ (DM) بالنگو

Table 1- Comparison of seed germination and seedling growth parameters of mucilaginous (M) and demucilage (DM) seeds of *Lallemantia royleana* imposed to drought and salinity stresses

آزمایش	بذر	درصد جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	نسبت طول ریشه به ساقه	وزن خشک گیاهچه
experiment	seed	GP.* (%)	MGT(day)	RL*(mm)	SL* (mm)	R/S	DW(mg/seedling)*
تنش خشکی	M.	80.8 a	3.2 a	25.5 a	5.5 a	4.8 a	0.61 a
	Drought	DM.	87.8 b	2.8 b	25.6 a	5.3 a	4.9 a
<i>LSD(0.05)*</i>		4.8	0.1	3.3	0.6	0.6	0.05
تنش شوری	M.	78.2 a	3.1 a	46.9 a	7.3 a	7.2 a	0.99 a
	Salinity	DM.	76.0 a	3.1 a	37.8 b	6.2 b	6.6 a
<i>LSD(0.05)*</i>		3.7	0.1	3.1	0.6	0.6	0.08

*DW (Dry Weight); SL (Shoot Length); RL (Root Length); WP (Water potential); GP. (Germination percentage)

*مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح آماری $\alpha = 0.05$ انجام شد

*Means of data are compared with Least Significant Differences method at $\alpha = 0.05$

Orphanos, 1968) و یا عدم اختلاف در جوانه‌زنی بذر موسیلاژدار و بدون موسیلاژ ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Zhou *et al.*, 2012) نیز گزارش شده است. ممکن است بسته به نوع گونه گیاهی و شرایط اقلیمی و نوع زیستگاه موسیلاژ سطح بذر واکنش‌های مختلفی را از خود نشان دهد. تعیین نقش واقعی موسیلاژ بسته به گونه و نوع محیط رشد گیاه فرق می‌کند (Yang *et al.*, 2012; Western, 2012). در آزمایش تنش شوری جوانه‌زنی بذر موسیلاژ دار با ۷۸/۲ درصد و بذر بدون موسیلاژ با ۷۷/۶ درصد اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.05$) با هم نداشتند (جدول ۱). هر چند اثرات متقابل شوری و بذر روی درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۳). در تیمار شاهد (آب مقطر) درصد جوانه‌زنی بذر موسیلاژدار با اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.05$) کمتر از بذر بدون موسیلاژ بود اما در سطوح بالای تنش شوری جوانه‌زنی بذر بدون موسیلاژ کاهش یافت در حالی که جوانه‌زنی بذر موسیلاژدار خیلی تحت تأثیر افزایش شوری قرار نگرفت.

سهرابی‌زاده و همکاران (Sohrabizadeh *et al.*, 2015) گزارش کردند که در شرایط شوری درصد جوانه‌زنی هر دو نوع بذر موسیلاژدار و بدون موسیلاژ بالنگو سیاه (*Lallemantia iberica*) کاهش یافت، همچنین درصد جوانه‌زنی بذر موسیلاژدار برتر از بذر بدون موسیلاژ بود. یانگ و همکاران (Yang *et al.*, 2010) نشان دادند که بذر موسیلاژدار گونه‌ای از درمنه (*Artemisia sphaerocephala*) در شرایط شوری جوانه‌زنی بهتری از نوع مشابه بدون موسیلاژ خود داشتند که دلیل احتمالی آن را نقش موسیلاژ در ممانعت از جذب نمک زیاد می‌دانند. همانطور که اشاره شد کاهش درصد جوانه‌زنی بذر موسیلاژدار در آب مقطر احتمالاً ناشی از کاهش جذب اکسیژن توسط بذر باشد، حال آنکه در شرایط تنش شوری احتمالاً موسیلاژ بخشی از اثر سمیت Na^+ را خنثی و بنابر این جوانه‌زنی بذر موسیلاژدار نسبت به بدون موسیلاژ بالاتر بود.

ویزتام و همکاران (Witztum *et al.*, 1969) بر این باورند که افزایش جوانه‌زنی بذر موسیلاژدار خار سنبل (*Blepharis persica*) در حضور محلول نمک $CaCl_2$ به جای آب مقطر ناشی از کاهش قدرت موسیلاژ در جذب آب در حضور یون Ca^{++} و احتمالاً نفوذ راحت‌تر اکسیژن به درون بذر بود. علت کاهش درصد جوانه‌زنی در بذرهای موسیلاژدار بیش از آنکه ناشی از ترکیبات شیمیایی باشد احتمالاً ناشی از کاهش نفوذ اکسیژن است (Heydecker and Orphanos, 1968; Witztum *et al.*, 1969). گزارش خواجه‌حسینی و مستشار شهیدی (Khajeh-Hosseini and Mostashar-Shahidi, 2016) نشان داد که حذف موسیلاژ باعث افزایش درصد جوانه‌زنی در بالنگو شد. هر چند به اعتقاد ایشان علت این امر وجود مواد بازدارنده جوانه‌زنی در موسیلاژ می‌باشد و نقش موسیلاژ در جذب و نگهداری رطوبت بررسی نشد. جذب و نگهداری آب توسط بذر و قابلیت استفاده از آن برای تکمیل فرآیند جوانه‌زنی یکی از مهمترین پیش‌شرط‌های لازم برای جوانه‌زنی هر بذری می‌باشد. با وجود اینکه نتایج برخی محققین (Mott, 1974; Arsovski *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2010) حاکی از برتری جوانه‌زنی در بذرهای موسیلاژدار نسبت به نوع بدون موسیلاژ در شرایط تنش خشکی بوده است اما در این آزمایش درصد جوانه‌زنی بذر بدون موسیلاژ با اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بالاتر از بذر موسیلاژدار بود (جدول ۱). بر خلاف نتایج حاضر، نتایج بررسی حاج‌رضایی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که درصد جوانه‌زنی بذرهای موسیلاژدار هر دو گونه اسفرزه (*Plantago ovata*) و بارهنگ (*Plantago major* L.) در شرایط تنش خشکی بالاتر از بذر بدون موسیلاژ آنها بود. کاهش جوانه‌زنی در بذر موسیلاژدار گونه‌های سیب‌فیلی (*Dillenia indica* Linn.)، اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)، خار سنبل (*Blepharis persica* burm.) (Thapliyal *et al.*, 2008; Witztum *et al.*, 1969)؛ Heydecker and

جدول ۲- اثرات متقابل خشکی و پوشش بذر روی جوانه‌زنی بذر موسیلاژدار (M) و بدون موسیلاژ (DM) و شاخص‌های رشد گیاهچه بالنگو
Table 2- Interaction between drought and seed mucilaginous (M) and demucilaged (DM) seed germination and seedling growth of *Lallemantia royleana*

پتانسیل آب	بذر	جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	وزن خشک گیاهچه
WP* (-MPa)	Seed	GP.* (%)	MGT(day)	RL*(mm)	SL*(mm)	R/S	DW*(mg/seedling)
0	M	76.0 c	2.5 d	37.0 a	8.5 a	4.4 b	0.75 a
	DM	90.7 ab	2.5 d	37.4 a	7.7 a	4.9 b	0.72 ab
0.1	M	80.0 abc	2.7 d	28.7 ab	6.1 bc	4.7 b	0.68 ab
	DM	82.7 abc	2.7 d	28.3 ab	5.8 bcd	4.9 b	0.69 ab
0.2	M	83.3 abc	2.7 d	23.4 b	5.8 bcd	4.0 b	0.66 ab
	DM	82.7 abc	2.5 d	22.6 b	5.4 cde	4.2 b	0.66 ab
0.3	M	78.7 bc	3.2 b	22.1 b	5.1 cde	4.4 b	0.60 bc
	DM	85.3 abc	2.8 cd	23.0 b	5.0 cde	4.6 b	0.61abc
0.4	M	80.0 abc	4.3 a	19.3 b	4.2 cde	4.7 b	0.51 cd
	DM	93.3 a	3.3 b	20.9 b	3.9 cde	5.4 ab	0.50 cd
0.5	M	86.7abc	4.1 a	22.4 b	3.4 e	6.6 b	0.48 cd
	DM	92.0 ab	3.0 bc	21.7 b	3.9 de	5.6 ab	0.43 d
LSD(0.05)*		11.8	0.3	8.0	1.4	1.4	0.12

*DW (Dry Weight); SL (Shoot Length); RL (Root Length); WP (Water potential); GP. (Germination percentage)

*مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح آماری $\alpha = 0.05$ انجام شد

*Means of data are compared with Least Significant Differences method at $\alpha = 0.05$

جدول ۳- اثرات متقابل شوری و پوشش بذر روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذر موسیلاژدار (M) و بدون موسیلاژ (DM) بالنگو
Table 3- Interaction between salinity and seed mucilaginous (M) and demucilaged (DM) seed germination and seedling growth of *Lallemantia royleana*

EC (ds/m)	بذر	جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	وزن خشک گیاهچه
seed	GP.* (%)	MGT(day)	RL*(mm)	SL*(mm)	R/S	DW*(mg/seedling)	
0	M	76.0 bcd	2.5 e	37.0 de	8.5 b	4.3 f	0.75 c
	DM	90.7 a	2.5 e	37.4 cd	7.7 bc	4.8 def	0.72 c
2	M	83.3 ab	2.7 de	45.7 abc	9.7 a	4.7 ef	1.06 a
	DM	83.3 ab	2.9 cde	37.4 cd	8.4 b	4.4 f	0.90 abc
4	M	73.3 cd	2.7 de	46.0 ab	9.4 a	4.9 def	0.95 ab
	DM	80.0 bc	3.0 cd	47.3 ab	7.7 bc	6.1 cde	1.05 a
6	M	80.0 bc	3.0 cd	52.0 a	6.7 c	7.7 c	0.91 abc
	DM	80.0 bc	3.4 b	41.8 bcd	5.6 d	7.4 c	1.02 ab
8	M	75.0 bcd	3.3 bc	52.2 a	5.2 de	9.9 ab	0.89 abc
	DM	71.7 cde	3.2 bc	42.8 bcd	4.3 ef	9.9 ab	0.73 c
10	M	68.3 de	4.2 a	48.7 ab	4.2 f	11.6 a	0.84 bc
	DM	63.3 e	3.6 b	24.0 e	3.6 f	6.6 cd	0.83 bc
LSD(0.05)*		9.2	0.3	7.6	0.9	1.6	0.19

*DW (Dry Weight); SL (Shoot Length); RL (Root Length); GP. (Germination Percentage)

*مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح آماری $\alpha = 0.05$ انجام شد

*Means of data are compared with Least Significant Differences method at $\alpha = 0.05$

در مقابل، حاج‌رضایی و همکاران (۱۳۹۰) کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی بذرهای موسیلاژدار اسفرزه (*Plantago ovata*) و بارهنگ (*Plantago major L.*) را در مقابل بذر بدون موسیلاژ آنها در شرایط تنش خشکی گزارش کردند. هر چند در همین گزارش اختلاف زیادی در عکس‌العمل دو گونه اسفرزه و بارهنگ مشاهده شد.

با وجود اینکه در آزمایش شوری MGT در بین دو نوع بذر اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.05$) نداشت (جدول ۳) اما افزایش غلظت نمک در هر دو نوع بذر اولاً باعث افزایش معنی‌دار MGT شد ثانیاً MGT بذر موسیلاژ دار هم در تیمار شاهد و هم در EC سطح شش بطور معنی‌داری ($P \leq 0.05$) نسبت به بذر بدون موسیلاژ بالاتر بود. احتمالاً غلظت نمک زیاد باعث کاهش سرعت جذب آب توسط بذر می‌شود (Uhvits, 1946; Werner and Finkelstein, 1995).

رشد گیاهچه

درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر هر چند از جمله عوامل بسیار مهم در استقرار گیاهچه محسوب می‌شوند اما تولید یک گیاه سالم و قوی به عوامل دیگری از جمله رشد ریشه و ساقه نیز بستگی دارد. در آزمایش خشکی اختلاف رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در بین دو نوع بذر معنی‌دار نبود (جدول ۱). عکس‌العمل رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در هر دو نوع بذر به سطوح مختلف تیمار خشکی مشابه بود بطوریکه هم رشد ریشه‌چه و هم ساقه‌چه با افزایش شدت خشکی در هر دو نوع بذر نسبت به تیمار شاهد بطور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲) اما اختلاف رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه بین دو نوع بذر در تیمار شاهد معنی‌دار نبود. البته کاهش رشد ساقه بیش از کاهش رشد ریشه در مقایسه با تیمار شاهد بود و همین امر باعث افزایش نسبت رشد ریشه به ساقه (بویژه در سطوح خشکی بالا) شد (جدول ۲). طول ساقه‌چه اسفرزه (*Plantago ovata*) نیز در مقایسه با ریشه‌چه آن در شرایط تنش خشکی کاهش بیشتری یافت

در حالی که هر دو تنش خشکی و شوری باعث کاهش پتانسیل اسمزی آب می‌شوند اما عکس‌العمل جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی و شوری بالاتر یکسان نبود. درصد جوانه‌زنی در سطوح بالای شوری بر عکس خشکی کاهش یافت، یعنی اینکه شاید علت این امر اثر یونی نمک NaCl باشد. البته در آزمایش شوری تمامی شاخص‌های رشد گیاهچه برتر از مشابه آن در آزمایش خشکی بود. احتمالاً حساسیت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه به شوری و همچنین به خشکی یکسان نیست. گزارش ورنر و فینکلستین (Werner and Finkelstein, 1995) نشان داد که عکس‌العمل جوانه‌زنی و رشد گیاهچه موتانت‌های مختلف آراییدوپسیس به هر کدام از تنش‌های خشکی و شوری یکسان نبود.

متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT)

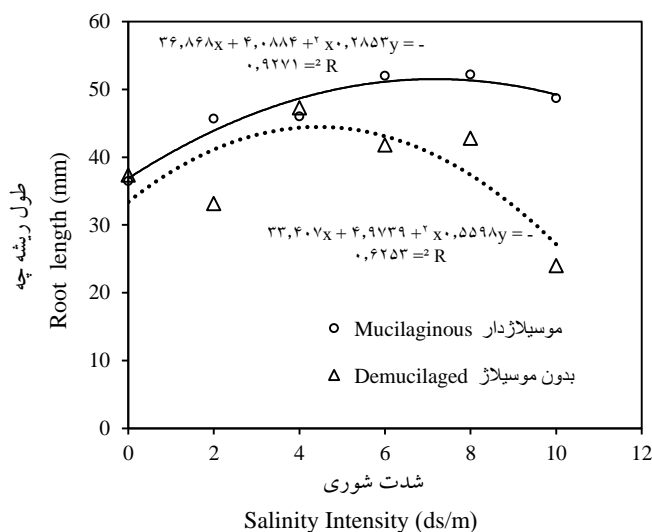
در آزمایش خشکی MGT بذر موسیلاژدار بطور معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بالاتر از بذر بدون موسیلاژ بود (یعنی بذر موسیلاژدار سرعت جوانه‌زنی پایین‌تری داشت) (جدول ۱). عکس‌العمل MGT دو نوع بذر موسیلاژ دار و بدون موسیلاژ در سطوح مختلف شدت خشکی اختلاف معنی‌داری را داشت ($P \leq 0.05$) (جدول ۲). از آنجایی که موسیلاژ سطح بذر همانند یک اسفنج عمل کرده و مقدار آب قابل دسترس را برای بذر افزایش می‌دهد اما ممکن است سرعت انتقال آب را به بذر کاهش دهد؛ به ویژه آنکه در پتانسیل اسمزی بالا (ناشی از نمک یا PEG) با کاهش پتانسیل آب محیط سرعت جذب آب کاهش می‌یابد. گزارش هوانگ و گاترمن (Huang and Gutterman, 1998) نشان داد که با کاهش مقدار آب مصرفی طول مدت زمان لازم برای حداکثر جوانه‌زنی بذر موسیلاژ دار در گونه *Artemisia monosperma* افزایش یافت. چنین سازوکاری احتمالاً باعث تضمین جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط رطوبتی مناسب برای گونه‌هایی می‌شود که در زیستگاه‌هایی با شرایط محیطی متغیر رشد می‌کنند.

ساقه‌چه در بذر موسیلاژ دار همواره و در تمام سطوح EC بالاتر از بذر بدون موسیلاژ بود (جدول ۳). در گزارش یانگ و همکاران (Yang *et al.*, 2010) رشد گیاهچه درمنه (*Artemisia sphaerocephala*) در غلظت‌های نمک کمتر از ۵۰ میلی‌مولار در هر دو نوع بذر موسیلاژدار و بدون موسیلاژ متغیر بود اما در غلظت بالاتر رشد گیاهچه بشدت کاهش یافت. رشد گیاهچه در بذر بدون موسیلاژ تا غلظت ۱۰ میلی‌مولار افزایش یافت اما در غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار بشدت کاهش یافت. تأثیر منفی یونی نمک بر روی گیاه عمدتاً ناشی از Na^+ و Cl^- در داخل محلول خاک می‌باشد اما تأثیر اسمزی آن موجب کاهش اولیه رشد گیاه می‌شود (Hasegawa *et al.*, 2000). یکی از سازوکارهای تطابقی برای افزایش توانایی گیاهچه در مقابل خشکی در ابتدای تحمیل تنش، افزایش نسبت رشد ریشه به ساقه می‌باشد (Osunkoya *et al.*, 1994).

(Hosseini and Rezvani Moghadam, 2006).

در آزمایش شوری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بر خلاف درصد جوانه‌زنی و MGT در مقایسه بین دو نوع بذر موسیلاژدار و بدون موسیلاژ اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.05$) را داشت (جدول ۱). هم طول ریشه‌چه و هم ساقه‌چه در بذر موسیلاژ دار بطور معنی‌داری از بذر بدون موسیلاژ بیشتر بود.

بررسی اثرات متقابل شوری و بذر روی رشد ریشه نشان داد که در هر دو نوع بذر با افزایش EC تا ۴ دسی‌زیمنس بر متر رشد ریشه افزایش یافت. در بذر بدون موسیلاژ با ادامه افزایش EC رشد طولی آن کاهش یافت تا حدی که رشد ریشه‌چه آن در $EC = 10$ به کمتر از تیمار شاهد (۲۴ در مقابل $37/4$ میلی‌متر) رسید (شکل ۲). عکس‌العمل رشد ساقه‌چه بر خلاف ریشه‌چه در تمام سطوح شوری در هر دو نوع بذر روند کاهشی مشابهی را داشت هر چند رشد



شکل ۲- مقایسه رشد ریشه‌چه بالنگو با دو نوع بذر موسیلاژدار و بدون موسیلاژ در شرایط تنش شوری

Fig. 2- Comparison of root growth of *Lallelantia royleana* with mucilaginous and demucilaged seeds under salinity stress

میلی‌گرم در هر گیاهچه) بود (جدول ۱). عکس‌العمل دو نوع بذر به سطوح مختلف خشکی یکسان بود و در هر دو نوع بذر بیشترین مقدار رشد گیاهچه در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۲). تشابه رشد

وزن خشک گیاهچه در آزمایش خشکی اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بین دو نوع بذر نداشت اما در آزمایش شوری مقدار آن در بذر موسیلاژدار ($0/99$ میلی‌گرم در هر گیاهچه) بیش از بذر بدون موسیلاژ ($0/80$

تنش شوری حاصل از نمک کلرید سدیم (NaCl) بود.

نتیجه گیری

نتایج نشان دادند بذر موسیلاژدار در تنش شوری از نظر درصد جوانه زنی و سایر شاخص های رشد گیاهچه با اختلاف معنی داری برتر از بذر بدون موسیلاژ بود. اما در تنش خشکی، بذر بدون موسیلاژ از نظر درصد جوانه زنی برتری معنی داری داشت و در سایر شاخص ها اختلاف معنی داری بین آنها مشاهده نشد. احتمالاً یکی از دلایل برتری بذر بدون موسیلاژ در شرایط تنش خشکی کاهش ورود اکسیژن به درون بذر موسیلاژدار، به ویژه در حضور پلیمر PEG بوده باشد. با توجه به ظرفیت بالای موسیلاژ سطح بذر در جذب آب، با بررسی جامع تر و همه جانبه شاید بتوان از این جنبه از خواص موسیلاژ در بذر گیاهان زراعی و جوانه زنی آنها بهره برد.

گیاهچه در هر دو نوع بذر احتمالاً بیانگر این مطلب باشد که موسیلاژ اگر نقش مثبتی در جذب آب داشته باشد قبل از خروج ریشه چه است؛ حتی با توجه به کاهش سرعت جوانه زنی در بذر موسیلاژدار ممکن است رشد گیاهچه در بذر بدون موسیلاژ بیشتر باشد. بنابراین برای موسیلاژ سطح بذور نقش های دیگری را نیز باید مورد بررسی و تحقیق قرار داد.

بر خلاف تنش خشکی، در تنش شوری رشد و وزن خشک گیاهچه در هر دو نوع بذر نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (جدول ۳)؛ طوری که در هر دو نوع بذر در غلظت متوسط شوری وزن خشک گیاهچه بهبود یافت. شاید غلظت متوسط نمک و جذب یون سدیم به کاهش پتانسیل اسمزی بذر و جنین و بدنبال آن تقویت جذب آب کمک کند. هر چند مقایسه تأثیر شوری و خشکی بر روی جوانه زنی و رشد گیاهچه باید در شرایط هم‌اسمز از هر دو عامل انجام شود. در مجموع تأثیر منفی تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول (PEG 6000) بیش از

Reference

منابع

- Arsovski, A.A., M.M.Villota, O. Rowland, R. Subramaniam, and T.L.Western. 2009. Mum enhancers are important for seed coat mucilage production and mucilage secretory cell differentiation in *Arabidopsis thaliana*. J. Exp. Bot. 60: 2601–2612.
- Fahn, A.1990. Plant Anatomy, fourth ed. Pergamon Press, Oxford.
- Garwood N.C. 1985. The Role of mucilage in the germination of Cuipo, *Cavanillesia platanifolia* (H. & B.) HBK (Bombacaceae), A tropical tree. Am. J. Bot. 72: 1095-1105.
- Gutterman, Y. 1993. Seed Germination in Desert Plants. Berlin: Heidelberg: Springer-Verlag.
- Harper, J.L., and R.A. Benton. 1966. The behaviour of seeds in soil II. The germination of seeds on the surface of a water supplying substrate. J. Ecol. 54: 151–166.
- Hajrezaie, M., H. Sodaeizade, A.M. Mirmohammadi Meibodi, and A. Mosleh Arani. 2012. The role of mucilage in improving germination and early growth of plants under drought stress (Case study: *Plantago ovata* and *Plantago major*). Arid Biomed. Sci. Res. J. 2: 12-24. (In Persian, with English Abstract.).
- Hasegawa, P.M., R.A. Bressan, J.K. Zhu, and H.J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51:463–99.
- Heydecker, W., and P. Orphanos. 1968. The effect of excess moisture on the germination of *Spinacia oleracea* L. Planta. 83: 237–247.

- Hosseini, H., and P. Rezvani Moghadam. 2006.** Effect of water and salinity stress in seed germination on Isabgol (*Plantago ovata*). Iranian J. Field Crops Res. 4: 15-22. (In Persian, with English Abstract.)
- Huang, Z., I. Boubriak, D.J. Osborne, M. Dong, and Y. Gutterman. 2008.** Possible role of pectin-containing mucilage and dew in repairing embryo DNA of seeds adapted to desert conditions. Ann. Bot. 101: 277–283.
- Huang, Z., and Y. Gutterman. 1998.** *Artemisia monosperma* achene germination in sand: effects of sand depth, sand/water content, cyanobacterial sand crust and temperature. J. Arid Environ. 38: 27–43.
- Khajeh-Hosseini, M., A. Lomholt, and S. Matthews. 2009.** Mean germination time in the laboratory estimates the relative vigour and field performance of commercial lots of maize. Seed Sci. Technol. 37: 446-461.
- Khajeh-Hosseini, M., and T. Mostashar-Shahidi. 2016.** Role of mucilage in germination of fourteen species of medicinal plants. Seed Sci. Technol. 44: 435-440.
- Kreitschitz, A., and J. Va`lles . 2007.** Achene morphology and slime structure in some taxa of *Artemisia* L. and *Neopallasia* L. (Asteraceae). Flora. 202: 570–580.
- Li X., D. Jiang, Z. Liu, and Q. Yu. 2008.** Annual plants in arid and semi-arid desert regions. Front. Biol. China. 3: 259–264.
- Michel, B.E., and Kaufmann, M. R. 1973.** The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 51: 914-917.
- Mott, J. 1974.** Factors affecting seed germination in three annual species from an arid region of Western Australia. J. Ecol. 62: 699–709.
- Mozaffarian, V. 1996.** A Dictionary of Iranian Plant Names: Latin, English, Persian. Farhang-e Moaser, Tehran.
- Niknam, V. 1999.** Identification of secondary metabolites (N-aliphatic composition, mucilage polyssacharides, saponines, sterols, phenolic compositions). Ph.D. Thesis, Faculty of Science, Tehran University. (In Persian, with English Abstract).
- Osunkoya, O.O., J.E. Ash, M.S. Hopkins, and A.W. Graham. 1994.** Influence of seed size and seedling ecological attributes on shade-tolerance of rain-forest tree species in northern Queensland. J. Ecol. 82: 149–163.
- Sohrabzadeh, Z., H. Sodaeizadeh, and A. Mosleh Arani. 2015.** Effect of mucilage on salinity tolerance of *Lallemantia ibrica* at seed germination stage. Iranian J. Filed Crops Sci. 46: 463-472. (In Persian, with English Abstract).
- Thapliyal, R.C., S.S. Phartyal, J.M. Baskin, and C.C. Baskin. 2008.** Role of mucilage in germination of *Dillenia indica* (Dilleniaceae) seeds. Aust. J. Bot. 56: 583-589.
- Uhvits, R. 1946.** Effect of osmotic pressure on water absorption and germination of alfalfa seeds. Am. J. Bot. 33: 278–285.
- Werner J.E., and R.R. Finkelstein. 1995.** Arabidopsis mutants with reduced response to NaCl and osmotic stress. Physiol. Plant. 93: 659-666.
- Western, T.L. 2012.** The sticky tale of seed coat mucilages: production, genetics, and role in seed germination and dispersal. Seed Sci. Res. 22: 1–25.
- Witzum, A.,Y. Gutterman, and M. Evenari. 1969.** Integumentary mucilage as an oxygen barrier during germination of *Blepharis persica* (Burm.) Kuntze. Bot. Gaz. 130: 238-241.
- Yang, X., J.M. Baskin, C.C. Baskin, and Z. Huang. 2012.** More than just a coating: ecological importance, taxonomic occurrence and phylogenetic relationships of seed coat mucilage. Perspect. Plant Ecol. 14: 434–442.
- Yang, X., M. Dong, and Z. Huang, 2010.** Role of mucilage in the germination of *Artemisia sphaerocephala* (Asteraceae) achenes exposed to osmotic stress and salinity. Plant Physiol. Biochem. 48: 131–135.
- Zhou, D. 2012.** Seed germination performance and mucilage production of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Master of Science Thesis In Horticulture. Blacksburg, Virginia
- Zhou, D., M. Ponder, J. Barney, and G. Wlbaeum. 2016.** Germination response of six sweet basil (*Ocimum bacilicum*) cultivars to temperature. Seed Tech. 37(1): 43-51.

