

اثر آماده سازی اسمزی بذر بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه (*Foeniculum vulgare* Mill.) گیاه رازیانه

مرتضی اکرمیان، سید حسین حسینی، ابراهیم کازرونی منفرد و پرویز رضوانی مقدم^۱

چکیده

آماده سازی اسمزی عبارت از آنگیری کنترل شده بذرها در یک محلول اسمزی است به گونه‌ای که فعالیت‌های متابولیکی قبل از جوانه‌زنی انجام شود اما از خروج ریشه‌چه جلوگیری به عمل آید. این تیمار می‌تواند افزایش سرعت، درصد و یکنواختی جوانه‌زدن و سبز شدن بذرها یا گیاهچه‌ها را به دنبال داشته باشد. این مطالعه به منظور بررسی اثر آماده سازی اسمزی بذر بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گیاه رازیانه و به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در ظروف پتری صورت گرفت. بذره‌های رازیانه در محلول‌های سدیم کلرید (NaCl)، پتاسیم کلرید (KCl)، پتاسیم نیترات (KNO₃) و پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (PEG 6000) با پتانسیل اسمزی ۱-، ۱/۵- و ۲- مگا پاسکال به مدت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در دمای ۲۰°C تیمار شدند. آماده سازی اسمزی با هر یک از مواد مورد آزمایش به طور معنی‌داری موجب افزایش درصد جوانه‌زنی گردید به طوری که برتری درصد جوانه‌زنی در بذره‌های تیمار شده با NaCl نسبت به بذره‌های تیمار نشده ۹۷ درصد بود. همچنین بذره‌های تیمار شده با NaCl، KCl و PEG سرعت جوانه‌زنی بالاتر و طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن تر گیاهچه بیشتری از خود نشان دادند. در این آزمایش افزایش طول مدت تیمار اثر منفی بر صفات مورد بررسی گذاشت و تیمار با نمک‌های غیر آلی به جز KNO₃ نتیجه بهتری نسبت به PEG در پی داشت. در این رابطه پیشنهاد می‌گردد اثر آماده سازی بذر بر سبز شدن و رشد گیاه رازیانه در شرایط مزرعه نیز مورد بررسی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آماده سازی بذر، جوانه‌زنی، رازیانه.

مقدمه

دارویی آن برای درمان برخی ناراحتی‌های گوارشی به کار گرفته می‌شوند (۱۷ و ۲۷). در چرخه زندگی گیاهان مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است به طوری که در استقرار مطلوب و عملکرد نهایی عامل مهم و تعیین کننده به شمار می‌رود (۱۲ و ۲۴). استقرار سریع گیاهچه موجب افزایش توان آن برای مقابله با شرایط نامساعد محیطی و مشکلات ناشی از آفات و بیماری‌ها می‌شود (۲۵). علاوه بر این، سبز شدن سریع و یکنواخت گیاهچه‌ها موجب بهینه سازی نمو گیاه و مدیریت محصول تا زمان برداشت می‌شود. جوانه‌زنی

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) گیاهی متعلق به خانواده چتریان^۱ و بومی نواحی مدیترانه‌ای است (۶). خاصیت درمانی میوه‌های این گیاه در اکثر دارونامه‌ها مورد تاکید قرار گرفته است و مدت‌های طولانی است که رازیانه به عنوان یک گیاه دارویی و ادویه‌ای مورد توجه قرار دارد (۱۷ و ۲۸). از اسانس این گیاه به فراوانی در تهیه فراورده‌های دارویی و آرایشی و بهداشتی، به عنوان مطبوع کننده در صنایع غذایی و نوشابه سازی و نیز در صنایع عطر سازی استفاده می‌شود (۶، ۲۷ و ۲۸). رازیانه و فراورده‌های

۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران و دانشجویان سابق کارشناسی ارشد و عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

با توجه به مطالب فوق، هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر آماده سازی اسمزی بذر بر جوانه زنی و رشد گیاهچه گیاه رازیانه و تعیین شرایط اسمزی بهینه مورد نیاز برای آن می باشد.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۳ در مکان آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و بر روی بذرهای توده بومی خراسان انجام گرفت. قبل از شروع آزمایش ابتدا بذرهای به مدت دو دقیقه در محلول سه درصد هیپوکلریت سدیم ضد عفونی و سپس چندین مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. سپس این بذرهای در محلولهای پلی اتیلن گلیکول (۶۰۰۰ PEG 6000)، پتاسیم نترات (KNO_3)، پتاسیم کلرید (KCl) و سدیم کلرید (NaCl) با پتانسیل های اسمزی -۱، -۱/۵ و -۲ مگا پاسکال به مدت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در تاریکی و دمای $20^{\circ}C$ تیمار شدند (۱۵ میلی لیتر محلول بر هر گرم بذر). در دمای $20^{\circ}C$ ، برای تهیه محلول های PEG 6000 از روش میچل و کافمن (۲۲) و برای تهیه محلول های نمک از فرمول زیر استفاده گردید:

$$\Phi = -m.i.R.T$$

که در آن m و i به ترتیب غلظت مولی و ضریب ثابت یونیزاسیون ماده حل شونده، R عدد ثابت گازها ($0.00831 \text{ MPa.Li/mol}^{\circ}K$)، T دمای مطلق ($^{\circ}K = ^{\circ}C + 273.15$) و Φ پتانسیل اسمزی محلول بر حسب مگاپاسکال می باشد (۳۳).

به منظور جلوگیری از تبخیر محلول ها، در طی تیمار ظروف پتری با نوارهای پلاستیکی پوشانده شدند. پس از انجام تیمار، بذرهای هر تیمار به طور جداگانه در زیر آب روان شستشو داده شدند به طوری که بقایای نمک یا PEG از سطح آنها بر طرف شد. سپس بذرهای تا قبل از آزمون

و سبز شدن را می توان از طریق تیمارهای بهبود بذر از قبیل آماده سازی اسمزی^۱ بهبود بخشید.

آماده سازی اسمزی عبارت از آنگیری کنترل شده بذرهای در یک محلول اسمزی است. این آنگیری انجام فعالیت های متابولیکی قبل از جوانه زنی را ممکن می سازد، در حالی که برای خروج ریشه چه از میان پوسته بذر ناکافی است (۲، ۱۹، ۲۵ و ۳۴). این روش یک تیمار معمول قبل از کاشت بذرهاست که به ویژه تحت شرایط نامطلوب محیطی موجب افزایش سرعت، درصد و یکنواختی جوانه زدن و سبز شدن بذرها یا گیاهچه ها می شود (۷، ۱۹، ۲۱، ۲۵ و ۳۰). ساز و کار کلی این تیمار بدین گونه شرح داده می شود که در طی آماده سازی اسمزی بذرها، انتقال مواد ذخیره ای، فعال سازی و سنتز چندین آنزیم، سنتز DNA و RNA، تولید ATP و بهبود غشای سیتوپلاسمی در آنها آغاز می شود (۳). پس از انجام تیمار، با حذف موانع جوانه زنی، رشد سریع جنین مشاهده می گردد. برخی تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی که در بذرها در طی آماده سازی اسمزی یا در پی انجام آن روی می دهد شامل سنتز ماکرو مولکول ها، فعالیت چندین آنزیم، افزایش بنیه جوانه زنی و شکستن خفتگی می باشد (۱۰، ۳۱ و ۳۲). برای آماده سازی اسمزی بذرها در میان گونه ها، ارقام و حتی توده های بذری^۲ نیازهای متفاوتی از نظر نوع ترکیب و پتانسیل اسمزی محلول، طول مدت تیمار و دما وجود دارد (۲، ۹ و ۱۶). پاسخ بذرها به آماده سازی اسمزی تا حد زیادی به پتانسیل اسمزی محلول وابسته می باشد (۲). علاوه بر این، طول مدت تیمار نیز حائز اهمیت می باشد و برای برخی گیاهان گزارش شده است (۲). به عنوان مثال مورای (۲۳) گزارش کرد که درصد نهایی سبز شدن گیاهچه های هویج با افزایش طول مدت آماده سازی اسمزی بذرها آن کاهش یافت. تیمار بذرها با فلفل با PEG به مدت ۶ روز در مقایسه با ۴ یا ۵ روز نیز ایجاد گیاهچه های غیر عادی بیشتری در پی دارد (۵).

(۸). در پایان روز پانزدهم، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن تر گیاهچه‌ها با استفاده از ۵ نمونه از هر ظرف پتری اندازه گیری شد.

در این مطالعه از آزمایش فاکتوریل با سه فاکتور به صورت $3 \times 4 \times 3$ در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار استفاده گردید. قبل از تجزیه واریانس از داده‌های درصدی، $\arcsin \sqrt{x}$ گرفته شد، اما مقادیر واقعی آنها در متن نشان داده شده است. برای تجزیه داده‌ها از نرم افزار MSTAT-C استفاده شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس واکنش اجزای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گیاه رازیانه به آماده سازی اسمزی بذرها در جدول ۱ نشان داده شده است.

درصد جوانه‌زنی

بین مواد مورد آزمایش از نظر درصد جوانه‌زنی تفاوت معنی دار مشاهده شد ($P < 0.01$) (جدول ۱). تیمار بذرها با هر یک از مواد مورد آزمایش موجب افزایش درصد جوانه‌زنی گردید به طوری که برتری درصد جوانه‌زنی در بذرها

جوانه‌زنی به مدت ۳۶ ساعت در دمای اتاق خشک گردیدند.

به منظور آزمون جوانه‌زنی بذرها تیمار شده، سه تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد و برای هر تکرار تعداد ۳۰ عدد بذر درون ظروف پتری ۹ سانتی متری ضد عفونی شده قرار گرفت. سپس به ظروف پتری که در کف آنها یک عدد کاغذ صافی واتمن قرار داده شده بود، به مقدار کافی آب مقطر اضافه شد و به دستگاه ژرمیناتور با دمای 20°C منتقل گردیدند (۱۵). علاوه بر بذرها تیمار شده، سه تکرار از بذرها تیمار نشده نیز به عنوان شاهد در ژرمیناتور قرار داده شد. شمارش بذرها جوانه زده به صورت روزانه و در ساعتی معین انجام شد به طوری که بذرهایی که ریشه‌چه آنها قابل رویت بود به عنوان بذرها جوانه زده شمارش شدند. شمارش تا روز پانزدهم، هنگامی که در تعداد بذرها جوانه زده ظروف پتری تغییری مشاهده نمی‌شد، ادامه یافت. برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی از فرمول‌های زیر استفاده گردید:

$$\text{درصد جوانه‌زنی} = T/S \times 100$$

$(\text{سرعت جوانه‌زنی}) = \Sigma(N_i \times D_i) / T$ که در آن T تعداد بذرها جوانه زده، S تعداد بذرها قرار داده شده در هر ظرف پتری، N_i تعداد بذرها جوانه زده در روز i ام و D_i تعداد روزها پس از شروع آزمایش می‌باشد

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) واکنش اجزای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گیاه رازیانه به آماده سازی اسمزی بذرها (A: طول مدت تیمار، B: نوع ماده و C: پتانسیل اسمزی محلول).

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	مدت لازم برای جوانه‌زنی	وزن تر گیاهچه	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه
A	۲	۲۹۲۰**	۲/۳۴**	۹۲/۷۰**	۰/۷۹*	۲۱/۷۰**	۰/۴۲**
B	۳	۲۱۱۸**	۴/۰۲**	۹۱۰/۲۰**	۱۲/۴۰**	۳۱/۹۰**	۰/۳۳**
C	۲	۶۴ ^{NS}	۰/۱۵ ^{NS}	۱۳/۸۰ ^{NS}	۰/۰۴ ^{NS}	۰/۲۰ ^{NS}	۰/۰۱ ^{NS}
A.B	۶	۶۴۶**	۱/۱۵**	۴۰۰/۲۰**	۶/۰۰**	۶/۹۰**	۰/۳۹**
A.C	۴	۲۷۹**	۰/۳۱ ^{NS}	۴۲/۶۰**	۰/۱۷ ^{NS}	۲/۰۰*	۰/۰۵ ^{NS}
B.C	۶	۱۲۵ ^{NS}	۰/۴۱*	۷/۹۰ ^{NS}	۰/۱۵ ^{NS}	۰/۹۰ ^{NS}	۰/۰۲ ^{NS}
A.B.C	۱۲	۷۷ ^{NS}	۰/۱۹ ^{NS}	۳۸/۰۰**	۰/۳۹*	۱/۴۰ ^{NS}	۰/۰۷ ^{NS}
خطا	۷۲	۶۱	۰/۱۴	۱۱/۳۶	۰/۲۰	۰/۸۰	۰/۰۷

* و ** و NS به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار.

جدول ۲: اثر نوع ماده مورد استفاده برای آماده سازی اسمزی بذرهای رازیانه بر صفات مورد بررسی در آزمایش.

نوع ماده	درصد جوانه زنی	مدت لازم برای جوانه زنی (روز)	وزن تر گیاهچه (میلی گرم)	طول ریشه چه (سانتی متر)	طول ساقه چه (سانتی متر)	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه
PEG	۷۲/۶۳ ^{b*}	۵/۳۶ ^b	۲۸/۶۴ ^b	۶/۲۸ ^a	۳/۳۱ ^b	۱/۹۱ ^a
KNO ₃	۵۸/۶۹ ^c	۵/۸۷ ^a	۲۳/۲۰ ^c	۴/۳۶ ^b	۲/۵۹ ^c	۱/۷۳ ^b
KCl	۷۵/۵۷ ^{ab}	۵/۱۶ ^{bc}	۳۵/۶۸ ^a	۶/۶۳ ^a	۴/۱۷ ^a	۱/۶۵ ^b
NaCl	۷۸/۸۱ ^a	۴/۹۸ ^c	۳۴/۶۸ ^a	۶/۶۴ ^a	۳/۹۵ ^a	۱/۷۲ ^b
شاهد	۴۰/۱۰ ^d	۵/۳۸ ^b	۲۹/۲۶ ^b	۵/۵۶ ^b	۳/۱۶ ^b	۱/۷۷ ^b

*در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی دار ندارند.

خبرزه تیمار شده با NaCl نسبت به بذرهای تیمار نشده ۹۷ درصد بود (جدول ۲). در این آزمایش درصد جوانه زنی بذرها به طور معنی داری تحت تاثیر طول مدت تیمار قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش طول مدت تیمار از یک روز به سه روز، درصد جوانه زنی بذرها از ۸۰/۳ درصد به ۶۲/۳ درصد کاهش یافت (جدول ۳). نتایج همچنین نشان داد که اثرات متقابل بین دو فاکتور نوع ماده و طول مدت تیمار در رابطه با درصد جوانه زنی معنی دار می باشد (جدول ۱). بیشترین و کمترین درصد جوانه زنی به ترتیب به بذرهای تیمار شده در NaCl برای مدت یک روز و بذرهای تیمار شده در KNO₃ برای مدت سه روز اختصاص داشت (جدول ۴). همچنین اثرات متقابل طول مدت تیمار و پتانسیل اسمزی محلول نیز معنی دار بود (جدول ۱). به نحوی که در هر یک از پتانسیل‌های اسمزی با کاهش طول مدت تیمار درصد جوانه زنی بذرها افزایش یافت (شکل ۱).

مدت لازم برای جوانه زنی (سرعت جوانه زنی)

اثر نوع ماده بر سرعت جوانه زنی بذرها معنی دار بود (جدول ۱). تیمار بذرها با NaCl مدت لازم برای جوانه زنی را به مدت ۰/۴ روز کاهش داد (جدول ۲). طول مدت تیمار نیز اثر معنی داری بر سرعت جوانه زنی بذرها داشت (جدول ۱). بیشترین و کمترین سرعت جوانه زنی به ترتیب در بذرهای تیمار شده برای مدت یک روز و سه روز مشاهده شد (جدول ۳). بر مبنای نتایج تجزیه واریانس بین اثرات متقابل نوع ماده و طول مدت تیمار تفاوت معنی دار وجود داشت (جدول ۱). در بهترین حالت مدت لازم برای جوانه زنی بذرهای تیمار شده در NaCl برای مدت یک روز، ۴/۸ روز و در بدترین حالت در بذرهای تیمار شده در KNO₃ برای مدت سه روز، ۶/۶ روز بود (جدول ۴). همچنین اثرات متقابل پتانسیل اسمزی محلول و نوع ماده نیز در این رابطه معنی دار بود (جدول ۱). به نحوی که بذرهای تیمار شده با محلول KCl با پتانسیل

تیمار شده با NaCl نسبت به بذرهای تیمار نشده ۹۷ درصد بود (جدول ۲). در این آزمایش درصد جوانه زنی بذرها به طور معنی داری تحت تاثیر طول مدت تیمار قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش طول مدت تیمار از یک روز به سه روز، درصد جوانه زنی بذرها از ۸۰/۳ درصد به ۶۲/۳ درصد کاهش یافت (جدول ۳). نتایج همچنین نشان داد که اثرات متقابل بین دو فاکتور نوع ماده و طول مدت تیمار در رابطه با درصد جوانه زنی معنی دار می باشد (جدول ۱). بیشترین و کمترین درصد جوانه زنی به ترتیب به بذرهای تیمار شده در NaCl برای مدت یک روز و بذرهای تیمار شده در KNO₃ برای مدت سه روز اختصاص داشت (جدول ۴). همچنین اثرات متقابل طول مدت تیمار و پتانسیل اسمزی محلول نیز معنی دار بود (جدول ۱). به نحوی که در هر یک از پتانسیل‌های اسمزی با کاهش طول مدت تیمار درصد جوانه زنی بذرها افزایش یافت (شکل ۱).

مورومیکل و کاوالارو (۲۱) با انجام آزمایش بر روی بذرهای دو رقم گوجه فرنگی گزارش کردند که آماده سازی اسمزی بذرها با PEG 6000 و KNO₃+K₃PO₄ افزایش درصد جوانه زنی را در محیط‌هایی با پتانسیل آب مختلف در پی داشت. همچنین بذرهای سرخارگل (*Echinacea purpurea*) تیمار شده با PEG نسبت به بذرهای شاهد از درصد جوانه زنی بالاتری برخوردار بوده‌اند (۳۰) و در شرایط نامطلوب دمایی درصد جوانه زنی بیشتری در بذرهای

جدول ۳: اثر طول مدت آماده سازی اسمزی بذرهای رازیانه بر صفات مورد بررسی در آزمایش.

طول مدت تیمار	درصد جوانه زنی	مدت لازم برای جوانه زنی (روز)	وزن تر گیاهچه (میلی گرم)	طول ریشه چه (سانتی متر)	طول ساقه چه (سانتی متر)	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه
۲۴ ساعت	۸۰/۳۳ ^{a*}	۵/۱۳ ^b	۳۱/۵۲ ^a	۶/۷۱ ^a	۳/۶۴ ^a	۱/۸۴ ^a
۴۸ ساعت	۷۱/۶۳ ^b	۵/۲۷ ^b	۳۱/۴۲ ^a	۶/۰۶ ^b	۳/۴۵ ^{ab}	۱/۷۸ ^a
۷۲ ساعت	۶۲/۳۲ ^c	۵/۶۳ ^a	۲۸/۷۰ ^b	۵/۱۶ ^c	۳/۳۵ ^b	۱/۶۳ ^b

*در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی دار ندارند.

فرنگی (۲۱) نیز به دست آمده است. به نظر می‌رسد چندین عامل موجب افزایش سرعت جوانه زنی بذرهای تیمار شده در این آزمایش شد که شامل افزایش سرعت فعال سازی آنزیم‌ها و انبساط سلولی می‌باشد (۴ و ۱۳). همچنین ممکن است عامل بیشتر بودن سرعت جوانه زنی بذرهای تیمار شده در محلول نمک‌های غیر آلی نسبت به PEG مربوط به پیشرفت بیشتر مراحل جوانه زنی در آنها باشد که با سرعت بیشتر جذب آب در ارتباط است (۲۱). در واقع یون‌های موجود در محلول‌های نمک می‌توانند به داخل جنین نفوذ کنند. محتوای K^+ در جنین بذرهای گوجه فرنگی تیمار شده

اسمزی ۱/۵- مگا پاسکال از بالاترین سرعت جوانه زنی برخوردار بودند (شکل ۱). پرزگاریسیا و همکاران (۲۹) با آماده سازی اسمزی بذرهای دو رقم کرفس در محلول نمک‌های غیر آلی مانند $NaCl$ و KCl ، KNO_3 و محلول PEG 8000 با پتانسیل اسمزی ۰/۸- مگا پاسکال نشان دادند که سرعت جوانه زنی بذرهای تیمار شده نسبت به بذرهای شاهد بیشتر بود. آنها همچنین مشاهده کردند که تیمار بذر با محلول نمک‌های غیر آلی نسبت به PEG 8000 در این رابطه موثرتر بود. نتایج مشابه در مورد بذرهای سرخارگل (۳۰)، خربزه (۸ و ۲۵) و گوجه

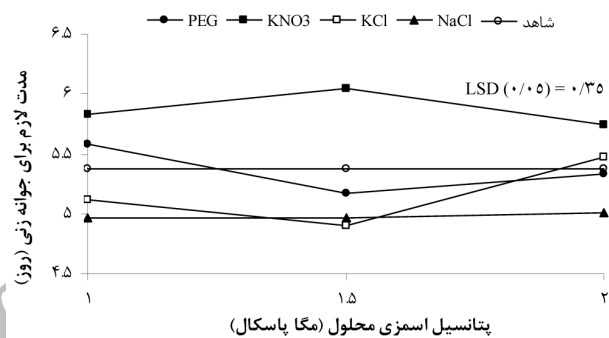
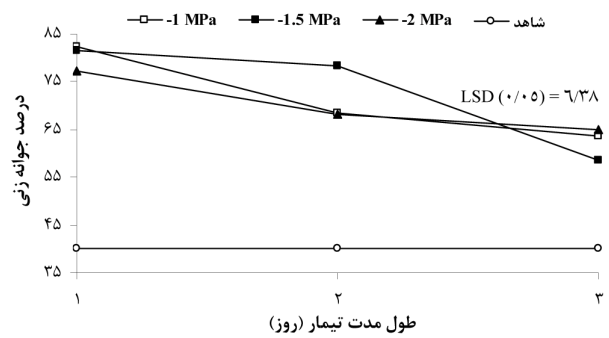
جدول ۴: اثرات متقابل نوع ماده و طول مدت آماده سازی اسمزی بذر بر صفات مورد بررسی در آزمایش.

نوع ماده	طول مدت تیمار	درصد جوانه زنی	مدت لازم برای جوانه زنی	وزن تر گیاهچه (میلی گرم)	طول ریشه چه (سانتی متر)	طول ساقه چه (سانتی متر)	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه
PEG	۲۴ ساعت	۷۴/۵۵ ^{cd*}	۵/۳۹ ^c	۳۰/۱۱ ^{cde}	۶/۵۵ ^{ab}	۳/۵۷ ^{bcd}	۱/۸۴ ^{abc}
	۴۸ ساعت	۷۰/۳۰ ^d	۵/۴۰ ^c	۲۸/۶۹ ^{de}	۶/۲۷ ^{ab}	۳/۱۴ ^{de}	۲/۰۱ ^a
	۷۲ ساعت	۷۳/۰۳ ^{cd}	۵/۲۸ ^c	۲۷/۱۱ ^c	۶/۰۶ ^b	۳/۲۳ ^{cde}	۱/۸۷ ^{ab}
KNO_3	۲۴ ساعت	۷۹/۴۴ ^{abc}	۵/۱۶ ^{cd}	۳۰/۷۶ ^{cd}	۶/۲۷ ^{ab}	۳/۶۳ ^{bc}	۱/۷۲ ^{abc}
	۴۸ ساعت	۵۷/۰۹ ^e	۵/۸۲ ^b	۲۸/۲۴ ^{de}	۴/۶۷ ^c	۲/۹۸ ^e	۱/۵۸ ^{cde}
	۷۲ ساعت	۳۹/۵۴ ^f	۶/۶۳ ^a	۱۰/۵۸ ^f	۲/۱۶ ^d	۱/۱۷ ^f	۱/۸۷ ^{ab}
KCl	۲۴ ساعت	۸۲/۹۱ ^{ab}	۵/۱۱ ^{cde}	۳۲/۱۳ ^c	۶/۸۵ ^{ab}	۳/۷۰ ^{bc}	۱/۸۶ ^{abc}
	۴۸ ساعت	۷۵/۴۶ ^{bcd}	۵/۰۹ ^{cde}	۳۵/۸۲ ^{ab}	۶/۵۹ ^{ab}	۳/۹۸ ^b	۱/۶۸ ^{bcd}
	۷۲ ساعت	۶۸/۳۵ ^d	۵/۲۸ ^c	۳۹/۰۹ ^a	۶/۴۰ ^{ab}	۴/۵۲ ^a	۱/۴۲ ^{de}
NaCl	۲۴ ساعت	۸۴/۴۱ ^a	۴/۷۶ ^c	۳۲/۶۷ ^{bc}	۷/۱۳ ^a	۳/۶۷ ^{bc}	۱/۹۵ ^{ab}
	۴۸ ساعت	۸۳/۶۶ ^a	۴/۸۶ ^{cde}	۳۳/۳۶ ^{bc}	۶/۷۱ ^{ab}	۳/۶۹ ^{bc}	۱/۸۵ ^{abc}
	۷۲ ساعت	۶۸/۳۵ ^d	۵/۳۱ ^c	۳۸/۰۰ ^a	۶/۰۶ ^b	۴/۴۸ ^a	۱/۳۶ ^e
شاهد	-	۴۰/۱۰ ^f	۵/۳۸ ^c	۲۹/۲۶ ^{cde}	۵/۵۶ ^b	۳/۱۶ ^{cde}	۱/۷۷ ^{abc}

*در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی دار ندارند.

معنی دار مشاهده شد ($P < 0.01$) (جدول ۱). در این مورد نیز افزایش طول مدت تیمار موجب کاهش وزن تر گیاهچه‌ها گردید (جدول ۳). بین اثرات متقابل نوع ماده و طول مدت تیمار نیز تفاوت معنی دار وجود داشت ($P < 0.01$) (جدول ۱). با افزایش طول مدت تیمار وزن تر گیاهچه‌های بذرهای تیمار شده در KCl و NaCl افزایش و وزن تر گیاهچه‌های بذرهای تیمار شده در KNO_3 و PEG کاهش یافت (جدول ۴). نتایج همچنین نشان داد که به طور کلی وزن تر گیاهچه‌های بذرهای تیمار شده در هر یک از پتانسیل‌های اسمزی به طور معنی داری ($P < 0.01$) با کاهش طول مدت تیمار افزایش یافته است (شکل ۲).

افزایش وزن تر گیاهچه در نتیجه آماده سازی اسمزی بذرها در مورد دو گیاه خربزه (۲۵) و هندوانه (۷) نیز نشان داده شده است که با نتایج به دست آمده در این آزمایش مطابقت دارد.

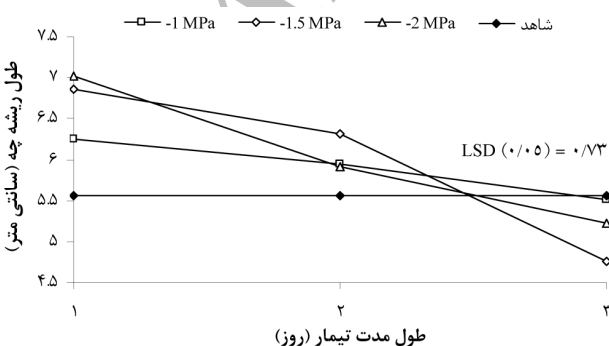
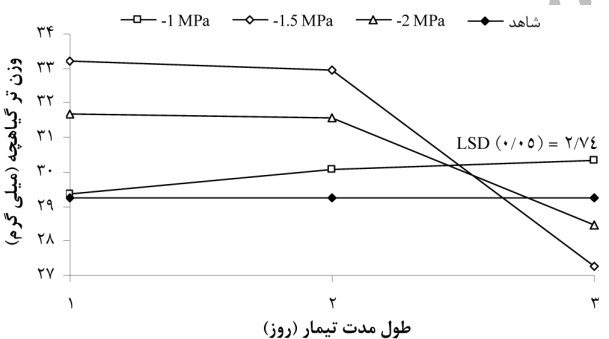


شکل ۱: اثرات متقابل طول مدت تیمار و پتانسیل اسمزی محلول در رابطه با درصد جوانه زنی بذرها (سمت راست) و نوع ماده و پتانسیل اسمزی محلول در رابطه با سرعت جوانه زنی آن‌ها (سمت چپ).

در KNO_3 نسبت به جنین بذرهای تیمار نشده بیش از ۵۰ درصد زیادتر بوده که بی تردید در جذب اسمزی آب توسط بذرها مشارکت دارد (۱). درصد بیشتر محتوای آب بذرهای خربزه پس از آماده سازی اسمزی با محلول‌های نمک نسبت به محلول‌های PEG و متعاقبا سرعت جوانه زنی بیشتر آنها توسط ناسیمنتو (۲۵) نیز گزارش شده است که تایید کننده مطالب فوق می‌باشد.

وزن تر گیاهچه‌ها

بذرهای تیمار شده با مواد مختلف از نظر وزن تر گیاهچه با یکدیگر تفاوت معنی دار داشتند ($P < 0.01$) (جدول ۱). گیاهچه‌های بذرهای تیمار شده با NaCl و KCl به طور متوسط نسبت به بذرهای شاهد از ۵/۹ میلی گرم وزن بیشتری برخوردار بودند (جدول ۲). بین وزن تر گیاهچه‌های بذرهای تیمار شده برای مدت‌های مختلف نیز تفاوت



شکل ۲: اثرات متقابل طول مدت تیمار و پتانسیل اسمزی محلول در رابطه با وزن تر گیاهچه (سمت راست) و طول ریشه چه (سمت چپ).

طول ریشه‌چه

بذرهای شاهد بود (جدول ۲). طول ساقه‌چه در بین بذرهای تیمار شده برای مدت‌های مختلف نیز به طور معنی‌داری متفاوت بود ($P < 0/05$). بلندترین و کوتاهترین طول ساقه‌چه به ترتیب در بذرهای تیمار شده برای مدت یک روز و سه روز مشاهده شد (جدول ۳). همچنین اثرات متقابل نوع ماده و طول مدت تیمار نیز در این رابطه معنی‌دار بود ($P < 0/01$) (جدول ۱). بذرهای تیمار شده در KCl برای مدت سه روز با بیش از ۱۳ میلی متر طول ساقه‌چه بلندتر نسبت به بذرهای شاهد، مناسبترین وضعیت را در میان سایر بذرها دارا بودند (جدول ۴). در آزمایشی که توسط ناسیمنتو (۲۵) بر روی بذرهای خریزه انجام گرفت، مشاهده گردید که آماده سازی اسمزی طول ساقه‌چه را در بذرهای تیمار شده این گیاه افزایش داد که با نتایج به دست آمده در این آزمایش مطابقت دارد.

نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه (R/S)

بین مواد مختلف از نظر نسبت R/S تفاوت معنی‌دار مشاهده گردید ($P < 0/01$) (جدول ۱). بیشترین و کمترین نسبت R/S به ترتیب به بذرهای تیمار شده با PEG و KCl اختصاص داشت (جدول ۲). افزایش طول مدت آماده سازی اسمزی بذرها به طور معنی‌داری ($P < 0/01$) منجر به کاهش نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه گردید (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد که اثرات متقابل نوع ماده و طول مدت تیمار نیز در این رابطه معنی‌دار بود (جدول ۴).

بیشترین اثر آماده سازی اسمزی بذرها در رابطه با افزایش طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن تر گیاهچه مربوط به افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده می‌باشد که در این صورت گیاهچه‌ها فرصت بیشتری برای رشد در اختیار دارند (۲۶). بررسی‌های انجام شده بر روی بذرهای کرفس و هویج نیز نشان داده است که اثرات مفید آماده سازی بذرها با افزایش در تعداد و اندازه سلول‌های جنین همراه می‌باشد (۱۱ و ۱۸). در این آزمایش اثرات منفی KNO_3 بر سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و

طول ریشه‌چه بین بذرهای تیمار شده با مواد مختلف به طور معنی‌داری متفاوت بود ($P < 0/01$) (جدول ۱). بذرهای تیمار شده در NaCl، KCl و PEG به طور متوسط نسبت به بذرهای شاهد از ۹/۶ میلی متر طول ریشه‌چه بلندتری برخوردار بودند (جدول ۲). در این رابطه اثر طول مدت تیمار نیز معنی‌دار بود ($P < 0/01$) (جدول ۱). بر مبنای نتایج تجزیه واریانس، بین اثرات متقابل طول مدت تیمار و نوع ماده تفاوت معنی‌دار مشاهده گردید ($P < 0/01$) (جدول ۱). در این مورد نیز افزایش طول مدت تیمار اثر منفی بر طول ریشه‌چه بذرهای تیمار شده در هر یک از مواد مورد آزمایش داشت. در بهترین حالت طول ریشه‌چه بذرهای تیمار شده در NaCl برای مدت یک روز نسبت به بذرهای شاهد ۱۵/۷ میلی متر بلندتر بود (جدول ۴). همچنین اثرات متقابل پتانسیل اسمزی محلول و طول مدت تیمار نیز معنی‌دار بود ($P < 0/05$). بین طول ریشه‌چه بذرهای تیمار شده در محلول‌های اسمزی با پتانسیل ۲- مگا پاسکال برای مدت یک روز و در محلول‌های اسمزی با پتانسیل ۱/۵- مگا پاسکال برای مدت سه روز اختلاف ۲۲/۶ میلی متر وجود داشت (شکل ۲). آماده سازی اسمزی بذرهای خریزه نیز منجر به افزایش طول ریشه‌چه بذرهای تیمار شده این گیاه در مقایسه با بذرهای شاهد گردید که نتایج به دست آمده در این آزمایش را مورد تایید قرار می‌دهد (۲۵).

طول ساقه‌چه

نوع ماده اثر معنی‌داری بر طول ساقه‌چه بذرهای تیمار شده داشت ($P < 0/01$) (جدول ۱). به جز بذرهای تیمار شده با KNO_3 که از طول ساقه‌چه کوتاهتری نسبت به بذرهای شاهد برخوردار بودند، آماده سازی اسمزی بذرها با سایر مواد موجب افزایش طول ساقه‌چه بذرهای تیمار شده در مقایسه با بذرهای شاهد گردید به طوری که طول ساقه‌چه بذرهای تیمار شده در KCl بیش از ۱۰ میلی متر بلندتر از

متابولیسم غیر هوازی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که بیانگر کاهش موجودیت اکسیژن در بذرهاست (۳۰). محدودیت اکسیژن نیز به مانند محدودیت آب منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌گردد (۳۴). تحقیقات نیز نشان داده است که آماده سازی اسمزی بذرها با محلول نمک‌های غیر آلی تاثیر بیشتری نسبت به PEG در افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرها دارد (۸، ۲۱، ۲۵ و ۲۹). با توجه به مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که به منظور آماده سازی اسمزی بذرها نمک‌های غیر آلی می‌توانند به طور موثری به جای ترکیبات گرانی چون PEG مورد استفاده قرار گیرند. در این رابطه پیشنهاد می‌گردد اثر آماده سازی بذر بر سبز شدن و رشد گیاه رازیانه در شرایط مزرعه نیز مورد بررسی قرار گیرد.

قدردانی

بدین وسیله از همکاری قطب علمی گیاهان زراعی ویژه به خاطر در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاه تحقیقات عالی فیزیولوژی گیاهان زراعی، قدردانی می‌شود.

وزن تر گیاهچه‌های بذرها تیمار شده در مقایسه با آزمایش‌های مشابه (۷، ۸ و ۲۵) را می‌توان به وجود نیازهای متفاوت بذرها گونه‌های مختلف برای آماده سازی اسمزی نسبت داد (۲).

بر اساس گزارش فرت و همکاران (۹) استفاده از نمک‌های غیر آلی به منظور آماده سازی اسمزی بذرها به دلیل آسیب‌رسانی به غشاهای سلولی و ایجاد تغییرات آنزیمی که جوانه‌زنی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، می‌تواند برای بذرها مضر باشد. به هر حال در این آزمایش و آزمایش‌های مشابه دیگر (۷، ۸، ۲۱ و ۳۴) تاثیر مثبت محلول‌های نمک در رابطه با افزایش درصد جوانه‌زنی بذرها تیمار شده مشاهده می‌شود. علاوه بر این، از آنجا که محلول‌های PEG در مقایسه با محلول‌های نمک از ویسکوزیته بالاتری برخوردار می‌باشند، لذا می‌توانند به عنوان یک مانع برای تبادل گازها عمل کنند. در طی آماده سازی با PEG، بذرها با لایه‌ای از آن پوشیده می‌شوند و لذا تبادل گازها تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در این رابطه پژوهش‌ها نشان داده است که در بذرها تیمار شده با PEG

منابع

- 1- Alvarado, A. D. and K. J. Bradford. 1988. Priming and storage of tomato (*Lycopersicon lycopersicum*) seeds. I. Effects of storage temperature on germination rate and viability. *Seed Science and Technology*. 16: 601-612.
- 2- Bradford, K. J. 1986. Manipulation of seeds water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience*. 21: 1105-1112.
- 3- Bray, C. M. 1995. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. Pp. 767-789. In: Kigel, Y. & G. Galili (Eds.). *Seed Development and Germination*. Marcel Dekker, New York.
- 4- Cantliffe, D. J., J. M. Fischer and T. A. Nell. 1984. Mechanism of seed-priming in circumventing thermodormancy in lettuce. *Plant Physiology*. 75: 290-294.
- 5- Cantliffe, D. J., M. Elbala, A. C. Guedes, G. B. Odell, P. Perkins-Veazie, J. R. Schultheis, D. N. Seale, K. D. Shuler, I. Tanne and J. T. Watkins. 1981. Improving stand establishment of direct-seeded vegetables in Florida. *Proceedings of Florida State Horticultural Society*. 100: 213-216.
- 6- Damjanovic, B., Z. Lepojevic, V. Zivkovic and A. Tolic. 2005. Extraction of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds with supercritical CO₂: Comparison with hydrodistillation. *Food Chemistry*. 92: 143-149.
- 7- Demir, I. and K. Mavi. 2004. The effect of priming on seedling emergence of differentially matured watermelon (*Citrullus lanatus* (Thumb.) Mastum and Nakai) seeds. *Scientia Horticulturae*. 102: 467-473.
- 8- Dhillon, N. P. S. 1995. Seed priming of male sterile muskmelon (*Cucumis melo* L.) for low temperature germination. *Seed Science and Technology*. 23: 881-884.
- 9- Frett, J. J., W. G. Pill and D. C. Morneau. 1991. A comparison of priming agents for tomato and asparagus seeds. *HortScience*. 26: 1158-1159.
- 10- Fu, J. R., X. H. Lu, R. Z. Chen, B. Z. Zhang, Z. S. Liu and D. Y. Cai. 1988. Osmoconditioning of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds with PEG to improve vigour and some biochemical activities. *Seed Science and Technology*. 16: 197-212.

- 11-Gray, D., J. R. A. Steckle and L. J. Hands. 1990. Responses of vegetable seeds to controlled hydration. *Annals of Botany*. 66: 227-235.
- 12-Hadas, A. 1976. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solutions. *Journal of Experimental Botany*. 27: 480-489.
- 13-Heydecker, W. 1977. Stress and seed germination: An agronomic view. Pp. 273-276. In: Khan, A. A. (Ed.). *The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination*. North Holland Publishing Co., Amsterdam.
- 14-Hurly, R. F., J. Van Staden and M. T. Smith. 1989. Guayule (*Parthenium argentatum* Gray) seed germination: The effect of water soaks, sodium hypochlorite, gibberllic acid and gibberllin 4/7 applied as seed-pretreatments. *Seed Science and Technology*. 17: 223-233.
- 15-International Seed Testing Association. 1985. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*. 13: 356-513.
- 16-Jeller, H., S. C. J. G. A. Perez and J. Raizer. 2003. Water uptake, priming, drying and storage effects in *Cassia excelsa* Schard seeds. *Brazilian Journal of Biology*. 63: 61-68.
- 17-Kapoor, R., B. Giri and K. G. Mukerji. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology*. 93: 307-311.
- 18-Karssen, C. M., A. Haigh, P. Van der Troon and R. Weges. 1989. Physiological mechanisms involved in seed priming. Pp. 269-280. In: Taylorson, R. B. (Ed.). *Recent Advances in the Development and Germination of Seeds*. Plenum Press, New York.
- 19-Khan, A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Reviews*. 14: 131-181.
- 20-Khan, A. A., K. L. Tao, J. S. Knypl, B. Brokowska and L. E. Powell. 1978. Osmotic conditioning of seeds: Physiological and biochemical changes. *Acta Horticulturae*. 83: 267-278.
- 21-Mauromicale, G. and V. Cavallaro. 1995. Effects of seed osmopriming on germination of tomato at different water potential. *Seed Science and Technology*. 23: 393-403.
- 22-Michel, B. E. and M. R. Kaufmann. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*. 51: 914-916.
- 23-Murray, G. A. 1989. Osmoconditioning carrot seed for improved emergence. *HortScience*. 24: 701.
- 24-Murungu, F. S., P. Nyamugafata, C. Chiduzza, L.J. Clark and W.R. Whalley. 2003. Effects of seed priming, aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.). *Soil and Tillage Research*. 74: 161-168.
- 25-Nascimento, W. M. 2003. Muskmelon seed germination and seedling development in response to seed priming. *Scientia Agricola*. 60: 71-75.
- 26-Nascimento, W. M. and S. H. West. 1999. Muskmelon transplant production in response to seed priming. *HortTechnology*. 9: 53-55.
- 27-Ozbek, H., S. U. Ra, H. Dulger, G. Ozturk and A. Ozturk. 2003. Hepatoprotective effect of *Foeniculum vulgare* essential oil. *Fitoterapia*. 74: 317-319.
- 28-Parejo, I., F. Viladomat, J. Bastida and C. Codina. 2004. Development and validation of a high-performance liquid chromatographic method for the analysis of antioxidative phenolic compounds in fennel using a narrow bore reversed phase C18 column. *Analytica Chimica Acta*. 512: 271-280.
- 29-Perez-Garcia, F., J. M. Pita, M. E. Gonzalez-Benito and J. M. Iriondo. 1995. Effects of light, temperature and seed priming on germination of celery seeds (*Apium graveolens* L.). *Seed Science and Technology*. 23: 377-383.
- 30-Pill, W. G., C. K. Crossan, J. J. Frett and W. G. Smith. 1994. Matric and osmotic priming of *Echinacea purpurea* L. Moench seeds. *Scientia Horticulturae*. 59: 37-44.
- 31-Smith, P. T. and B. G. Coob. 1992. Physiological and enzymatic characteristics of primed, re-dried, and germinated pepper seeds (*Capsicum annuum* L.). *Seed Science and Technology*. 20: 503-513.
- 32-Sung, F. J. M. and Y. H. Chang. 1993. Biochemical activities associated with priming of sweetcorn seeds to improve vigor. *Seed Science and Technology*. 21: 97-105.
- 33-Wills, R., B. McGlasson, D. Graham and D. Goyce. 1998. *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals*. 4th Ed. UNSW Press, Australia. 286 p.
- 34-Yoon, B. H., H. J. Lang and B.G. Cobb. 1997. Priming with salt solution improves germination of pansy seed at high temperatures. *HortScience*. 32: 248-250.

Effect of seed osmopriming on germination and seedling development of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

M. Akramian, H. Hosseini, A. Kazerooni Monfared, P. Rezvani Moghaddam¹

Abstract

Seed priming (osmopriming) consists of imbibing seeds in an osmotic solution that allows pregerminative metabolism to proceed, but prevents radicle emergence. This treatment can increase rate, percentage and uniformity of germination or seedling emergence. The aim of this study was to investigate the effect of seed priming on germination and seedling development of fennel. The experiment was conducted in Petri-dishes using a factorial arrangement based on completely randomized design with three replications. Seeds of fennel were osmotically primed in -1, -1.5 and -2 MPa NaCl, KCl, KNO₃ and polyethylene glycol 6000 for 24, 48 and 72 hours at 20°C. Priming with all of the osmoticums increased germination percentage significantly. Seeds primed with NaCl had 97% higher germination percentage than non-primed control seeds. Also, primed seeds with NaCl, KCl and PEG resulted in higher germination rate, greater seedling fresh weights and longer seedling root and shoot lengths than was the case for non-primed seeds. In this study increasing the duration of seed priming had negative effect on measured characteristics. Priming with NaCl and KCl had better results than other treatments. In this case, evaluation of the effect of seed priming on emergence and growth of fennel in farm condition is necessary.

Key word: Fennel, germination, seed priming.

1- Contribution from College of Agriculture, Tehran University, and Ferdowsi University of Mashhad, respectively.