Archive Of SID

مجله‌ی پژوهش علف‌های هرز
جلد ۸، شماره ۱، ۱۳۹۵
صفحات ۵۷-۴۱

بررسی اثر تنش خشکی، شوری و انجماد بر برخی صفات جوانه‌زنی بذور شلغم هرز (*Rapistrum rugosum* L.)

Effect of different levels of drought, salinity and freezing on the germination traits of different seeds of Turnip weed (*Rapistrum rugosum* L.)

سیامک فولادی[۱]، مرتضی گلدانی[۲*]، رضا قربانی[۲]، محمد کافی[۲]

چکیده:

تنش‌های خشکی، شوری و انجماد از جمله تنش‌های مهم غیر زنده محیطی می‌باشند که از رشد مطلوب گیاه جلوگیری می‌کنند. به منظور بررسی مطالعه تأثیر سطوح مختلف خشکی، شوری و انجماد بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر موجود در قطعه بالایی (بذر بالای خورچین) و پایینی (بذر پایین خورجین) خورجینک شلغم‌هرز سه آزمایش جداگانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط کنترل شده (ژرمیناتور) انجام شد. تیمارهای آزمایش علاوه بر نوع بذر شامل سطوح مختلف خشکی (صفر (شاهد)، ۲-، ۴-، ۶-، ۸- و ۱۰- بار) ناشی از PEG۶۰۰۰، سطوح مختلف شوری (صفر (شاهد)، ۱۰، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۲۰۰) میلی‌مولار ناشی از کلرید سدیم و سطوح مختلف انجماد (دماهای صفر (شاهد)، ۵-، ۱۰-، ۱۵- و ۲۰- درجه سانتی‌گراد) به مدت ۲۴ ساعت بودند. نتایج نشان داد که با کاهش پتانسیل آب، سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، وزن تر ساقه‌چه و ریشه-چه به صورت خطی نسبت به شاهد کاهش یافت، اما طول ریشه‌چه ابتدا در بذر قطعه بالا خورجین تا سقف ۶- بار و در بذر قطعه پایینی خورجین تا سقف ۴- بار افزایش نشان داد و سپس کاهش یافت. سرعت و درصد جوانه‌زنی در بذر بالای خورجین، با افزایش شوری تا ۱۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار شاهد، ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. در صورتی که سرعت جوانه‌زنی در بذر پایین خورجین، با اعمال شوری از همان ابتدا نسبت به تیمار شاهد به صورت خطی کاهش نشان داد. به طور کلی نتایج نشان داد که تأثیر دمای انجماد در بذر بالای خورجین تا دمای ۵- درجه سانتی‌گراد و بذر پایینی خورجین تا ۱۵- درجه سانتی‌گراد اثر معنی‌داری بر کاهش سرعت جوانه‌زنی نداشت و همچنین کاهش دما در بذر بالای خورجین تا ۰ درجه و در بذر پایین خورجین تا ۵- درجه سانتی‌گراد اثر معنی‌داری بر کاهش درصد جوانه زنی نداشت. با افزایش شوری تا ۱۰ میلی‌مولار، صفات مورد مطالعه با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نداشت. اما اختلاف سرعت جوانه‌زنی در شوری ۱۰ میلی‌مولار بین بذر بالای و پایین خورجین معنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: تنش غیر زنده، پتانسیل آب، گیاه‌چه.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۱۲

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۲ - اعضاء هیئت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
* نویسنده مسئول: E- mail: goldani@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive Of SID

مقدمه

شلغم‌هرز گیاهی یکساله و از تیره شب بو می‌باشد (Ghorbani *et al*., 2006). میوه به صورت خورجینک بنددار به قطر ۱۰-۶ میلی‌متر، بند پایینی آن به بزرگی ۱/۵×۳-۲ میلی متر، محتوی ۳-۱ دانه، بند بالایی تخم مرغی یا کروی، دارای فقط یک دانه است (Fouladi *et al*., 2015). این علف‌هرز اغلب در اطراف جاده‌ها، مسیر دام، محصولات کشاورزی زمستانه (Kramer, 1983)، شبدر و یونجه (Ghorbani *et al*., 2006)، مراتع با استفاده مفرط (Parsons and Culbertson, 2000) و مزارع بدون شخم در استرالیای جنوبی (Chauhan *et al*., 2006) مشاهده می‌شوند. جوانه‌زنی بذر این گونه در شرایط تاریکی بهتر است اما این تأثیر در مرحله پس‌رسی از بین می‌رود (Cousens *et al*., 1994).

کرامر (Kramer, 1983) خشکی را به عنوان فقدان یا کمبود نزولات و به عبارتی کمبود رطوبت در محیط ریشه تعریف نموده که موجب آسیب رسیدن به گیاه می‌شود. به نظر وی میزان خسارت وارده تابع نوع گیاه، ظرفیت گیاه، ظرفیت آب نگهداری خاک و شرایط جوی مؤثر بر میزان تبخیر و تعرق می‌باشد. گیاهان در اثر تنش خشکی به طور یکسان صدمه نمی‌بینند، بعضی خشکی‌های شدید را تحمل می‌کنند، حال آنکه برخی دیگر از بین می‌روند (Andalibi *et al*., 2005). دلایلی که باعث برتری علف‌های هرز می‌شود، قدرت زنده ماندن آن‌ها در محیط‌های با نور کم، خاک‌های فقیر یا خشکی‌های شدید است (Witkowski, 1991). تحمل به خشکی یک صفت ساده و تک ژنی نیست، بلکه صفتی کمی با جنبه‌های مختلف می‌باشد. بنابراین تحمل خشکی حاصل ترکیبی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی است (Blum, 1988). پلی اتیلن گلایکول مولکول بزرگی است که از طریق تغییر در تعادل اسمزی، جذب آب را کاهش می‌دهد (Goicochea *et al*., 1997). بررسی‌ها نشان می‌دهد که درصد جوانه‌زنی بذرها در محلول PEG 6000 با درصد جوانه‌زنی در خاک با همان پتانسیل آب حدوداً برابر است (Emmerich and Hardgree, 1990).

تنش شوری در کشاورزی عبارت است از غلظت بالای نمک محلول در خاک، که دارای ضریب هدایت الکتریکی[1] برابر و یا بیش از ۴ دسی زیمنس[2] بر متر باشند، که این مقدار در حدود ۴۰ میلی مولار کلرید سدیم است و فشار اسمزی در حدود ۰/۲ مگاپاسکال را ایجاد می‌کند (Munns and Tester, 2008). تنش شوری یکی از مهمترین تنش‌های محدود کننده رشد و تولید گیاهی است، که گیاهان بسیاری از مناطق جهان را متأثر می‌سازد (Sugiura *et al*., 1998). تخمین زده می‌شود که بیش از ۶ درصد از سطح خشکی‌ها و حدود ۳۰ درصد از زمین‌های مورد استفاده در کشاورزی آبی دنیا از مشکل شوری رنج می‌برند (Munns and Tester, 2008). اغلب در خاک‌های شور، یون سدیم در غلظت‌های بالا وجود دارد و به علت سمیّت این یون در غلظت‌های بالا، کاهش رشد و در نتیجه کاهش عملکرد گیاه مشاهده می‌گردد (Omoto et al., 2010). در حالت کلی تحت اثر تنش شوری، قندهای محلول افزایش یافته و محتوای نشاسته کاهش پیدا می‌کند. یک مدل دو مرحله‌ای کاهش رشد پس از تنش شوری پیشنهاد

1- Electrical conductivity
2- Decisiemens

www.SID.ir

Archive Of SID

شـده اسـت که در مرحلـه اول پس از تنش شـوری، یـک تنش آبی (اسـمتیک) در گیاه ایجاد می‌شـود و در مرحلـه بعد اثـر مرتبط با یون‌ها بـروز پیدا می‌کند (Zorb et al., 2009). به طوری که مرحله اول بسیار سـریع بوده و پاسخ به تنش اسـمزی، منجر به ممانعت از رشـد برگ‌های جوان می‌گـردد و مرحله بعدی که فاز یونی است، آهسته بوده و باعث تسریع فرایند پیری در برگ‌هـای بالغ می‌گـردد (Munns and Tester, 2008).

در کشـاورزی یخبندان به رویـداد دمایی اطلاق می شـود که دمـا به معادل یا زیر یک آسـتانه بحرانی کاهـش یافته، منجـر به توقف فعالیت زیسـتی معین و ایجاد خسـارت در بافت‌های گیاهی شود (Eugenia *et al*., 2003; Nezami *et al*., 2012). مقاومـت بذور بـه تنش انجماد بـه محتوای آب آن‌ها بسـتگی دارد. بـرای مثال بذرهـای کاهو با محتـوای آب ۵ تا ۱۳ درصـد بر اثر انجماد در دمای ۱۹۶- درجه سـانتی گـراد آسـیب نمی بیننـد، امـا در رطوبـت ۱۳ تا ۱۶ درصد دچار خسارت می‌شوند (Steponkus *et al*., 1977). در آزمایشـی، میزان جوانه‌زنی بذور خشـک *Solanum melanocerasium* وقتـی بـه مدت ۶۰ روز در دمای ۱۰- تا ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شـدند، ۹۱ درصد بود و تغییری در آن مشـاهده نشد و میـزان جوانه‌زنی در بذوری که درون میوه‌ها (سـته‌ها) و بـه مدت ۶۰ روز در دمـای ۱۰-، ۱۵- و ۲۰- درجه سـانتی‌گراد قرار داشتند به ترتیب ۹۵، ۵۶ و ۱۶ درصد بـود. اما جوانه‌زنی در بذوری که که درون میوه‌ها و به مدت ۵ روز در دمای ۲۵- درجه سـانتی‌گراد قرار داده شده بودند انجام نشد (Zhou *et al*., 2006).

از آنجایـی که جوانه‌زنی بذر یکـی از مهم‌ترین اتفاقات حیاتی بـرای موفقیت بیشـتر علف‌های‌هرز و اولیـن مرحله‌ای اسـت کـه علف‌های هـرز می‌توانند بر آشـیانه اکولوژیکی رقابت کننـد (Ghorbani *et al*., 2006)، لذا به دلیل اهمیت بررسـی خصوصیات جوانه‌زنی شـلغم‌هرز به عنوان یک علف‌هرز سـمج و مسئله‌سـاز تحت تنش خشکی، شـوری و انجماد، این تحقیق با هدف بررسـی تاثیر سطوح مختلف خشکی، شـوری و انجماد بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر موجود در قطعه بالا و پایینی خورجینک شلغم‌هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها

ایـن مطالعـه در آزمایشـگاه تحقیقـات علـوم علف‌های هرز دانشکده کشـاورزی دانشگاه فردوسی مشـهد در سـال ۱۳۹۰ انجـام شـد. خورجینک‌های علف‌هرز شـلغم‌هرز از مزرعه‌ای آیش در شهرسـتان درگز در شـهریور و مهر ماه سـال ۱۳۹۰ جمع‌آوری و سـپس پوست‌کنی شده و از میوه جدا گردید و تا زمان آزمایش در محیطی خشک و خنک و به مدت ۱۵ روز نگهداری شدند.

بـذر موجود در قطعه بالایی خورجینک به عنوان بذر بالایی و بذر موجود در قطعه پایینی خورجینک به عنـوان بذر پایینی نام‌گذاری و ۲۵ عدد از هر یک پس از شـمارش ضد عفونی به مدت ۵ دقیقه با هیپوکلریت سدیم ۵ درصد، درون پتری دیش بر روی کاغذ صافی واتمن شماره یک قرار گرفت. معیار جوانه‌زنی، خروج ریشـه‌چه از بذر بـود (Alvarado and Bradford, 2002). سـه آزمایش جداگانه به صـورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار برای بررسـی تنش‌های شـوری، خشـکی و انجماد بـر جوانه‌زنی و صفات مرتبط با آن در شلغم‌هرز انجام شد.

www.SID.ir

Archive Of SID

۱- آزمایش خشکی:

تیمارها شامل ۵ سطح پتانسیل آب (۰، ۲-، ۴-، ۶-، ۸- و ۱۰- بار) بودند. برای ایجاد شرایط خشکی از محلول پلی اتیلن گلایکول (PEG) ۶۰۰۰ استفاده شد.

غلظت پلی اتیلن گلایکول برای انجام این آزمایش از رابطه‌ی ۱ به دست آمد:

(۱)

$$S = -(1/18\times10^{-2})\,C - (1/18\times10^{-4})\,C^2 + (2/67\times10^{-4})\,CT + (8/39\times10^{-7})\,C^2$$

در این معادله C = غلظت پلی اتیلن گلایکول (گرم بر لیتر)، T = درجه حرارت (سانتی گراد) و S= پتانسیل آب (بار)

۲- آزمایش شوری:

تیمارها شامل ۶ سطح شوری ۰، ۱۰، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار بودند. برای ایجاد شوری از محلول NaCl به میزان ۵ میلی‌لیتر محلول برای هر پتری دیش استفاده شد.

جهت اعمال شوری از نمک طعام استفاده شد که میزان نمک محلول از فرمول [EC= 640×TDS] [$(mg.l^{-1})$] به دست آمد، به نحوی که افزایش غلظت‌های شوری به تدریج اعمال می‌شد (برای اطمینان بیشتر بعد از تهیه محلول‌ها، غلظت‌های شوری توسط هدایت‌سنج الکتریکی نیز اندازه‌گیری می‌شد).

۳- آزمایش انجماد:

پتری‌دیش‌ها پس از افزودن ۵ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دماهای ۰، ۵-، ۱۰-، ۱۵- و ۲۰- درجه سانتی‌گراد در فریزر قرار گرفتند. پس از دریافت اثر سرما، در مدت زمان مذکور، از فریزر خارج شدند و به مدت یک ساعت در دمای محیط قرار گرفتند تا به آهستگی از حالت انجماد خارج شوند.

پتری دیش‌ها پس از اعمال تیمار مربوطه، به درون ژرمیناتور با دمای ثابت ۱±۳۵ درجه سانتی‌گراد و شرایط تاریک منتقل شدند. برای جلوگیری از تبخیر و نفوذ نور روی آن‌ها با فویل آلومینیوم پوشانده شد. بذرهای جوانه‌زده هر روز و در زمان معینی شمارش شدند. در پایان روز پانزدهم طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه‌های موجود در هر پتری‌دیش اندازه‌گیری و سایر شاخص‌ها (درصد و سرعت جوانه‌زنی) محاسبه شدند.

درصد جوانه‌زنی با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد (Andalibi *et al*., 2005)

(۲)

$$GP=n/N*100$$

در این معادله n، تعداد بذر جوانه‌زده در روز آخر و N، تعداد کل بذرها است.

سرعت جوانه‌زنی بر اساس معادله ۳ محاسبه شد (Andalibi *et al*., 2005)

(۳)

$$GR = \sum_{i=1}^{n} gi/di$$

در این معادله gi تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش و di تعداد روز شمارش تا روز n ام می‌باشد.

پس از تهیه و ثبت داده‌ها، تمامی داده‌ها با نرمافزار Minitab نسخه ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. و نمودارهای مربوطه نیز با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۰۷ برازش داده شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

www.SID.ir

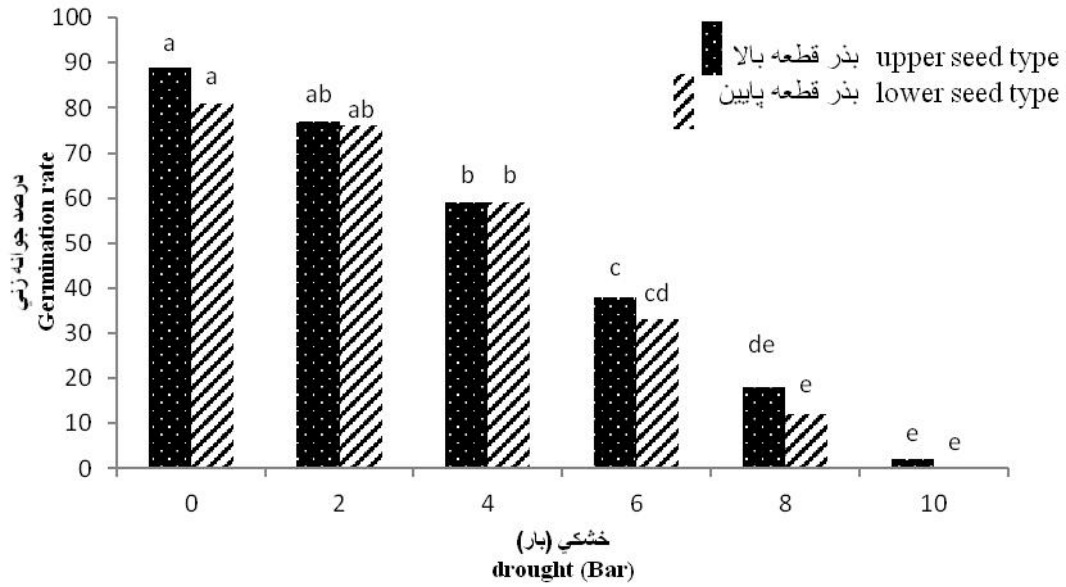
Archive Of SID

نتایج و بحث

اثر خشکی

درصد جوانه‌زنی

با کاهش پتانسیل آب، درصد جوانه‌زنی به صورت خطی کاهش یافت. این کاهش در بذر قطعه پایین بیش از بذر قطعه بالا بود؛ به طوری‌که مقدار جوانه‌زنی در پتانسیل آبی ۰، ۲-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰- بار در بذر قطعه بالا، به ترتیب ۸۹، ۷۷، ۵۹، ۳۸، ۱۸ و ۲ درصد، و در بذر قطعه پایین به ترتیب ۸۱، ۷۶، ۵۹، ۳۳، ۱۲ و ۰ درصد بود (شکل ۱). باید خاطر نشان کرد که کاهش جوانه‌زنی در پتانسیل آبی ۲- بار نسبت به شاهد معنی‌دار نبود ($P\geq 0/05$). در واقع جوانه‌زنی با افزایش تعداد سلول‌های ریشه‌چه و خروج آن از بذر اتفاق می‌افتد که با یک افزایش سریع در جذب آب همراه است و فشار لازم درون سلولی را برای طویل شدن سلول‌های ریشه‌چه فراهم می‌کند. لذا در شرایط تنش رطوبتی و کاهش آماس سلولی درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. به طوری که گراندی و همکاران (Grundy *et al*., 2000) نیز بیان کردند که درصد جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب کاهش می‌یابد. اُلیویرا و نورسوردی (Oliveira and Norsworthy, 2006) در آزمایشی بر روی هرز نیلوفر وحشی (Ipomoea lacunosa) مشاهده کردند که جوانه‌زنی در ۰/۱- مگاپاسکال به طور متوسط ۹۶ درصد بود که با شاهد تفاوتی نداشت، اما در ۰/۲- مگاپاسکال به ۸۲ و در ۱- مگاپاسکال به ۳ درصد کاهش یافت. ژو و همکاران (Zhou *et al*,. 2005) در بررسی تنش خشکی بر جوانه‌زنی علف‌هرز *Solanum sarachoides* بیان کردند که جوانه‌زنی در این گیاه در پتانسیل‌های اسمزی ۰، ۰/۳- و ۱- مگاپاسکال به ترتیب ۹۳، ۸۴ و ۱۷ درصد بود.



شکل۱- اثر تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی بذر بالا و پایین خورجینک شلغم‌هرز (*Rapistrum rugosum* L.)...

Fig 1- Effect of drought stress on germination percentage of upper seed and lower seed silicle of Turnip weed

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

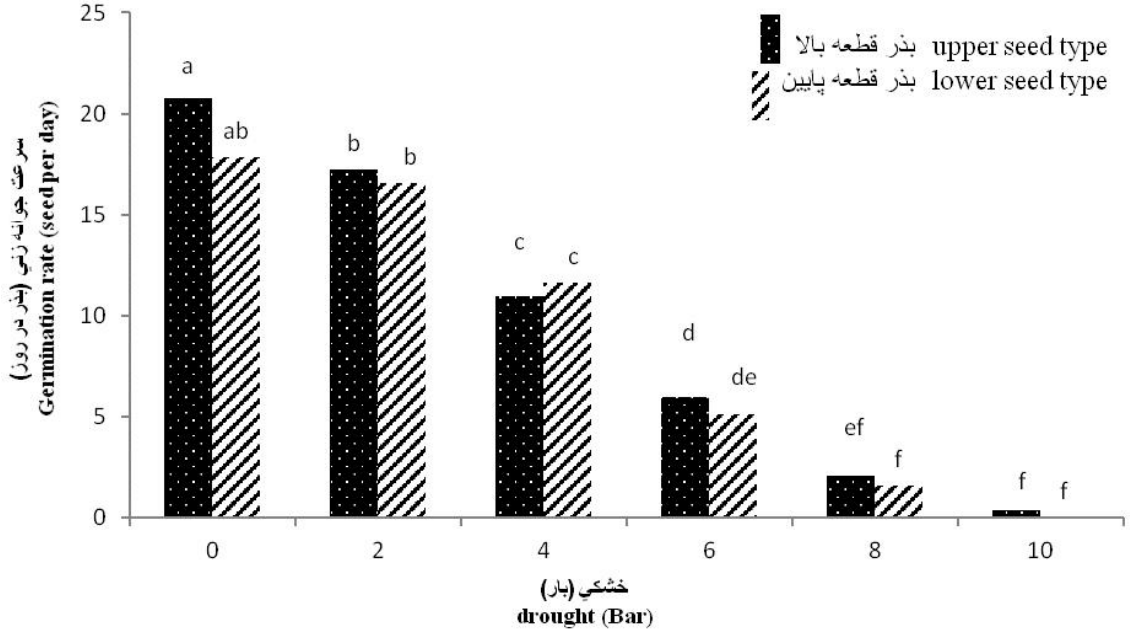
Means with minimum one common letter do not significant difference at %5 probability level

www.SID.ir

Archive Of SID

سرعت جوانه‌زنی

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که به جز تیمار ۲- بار، خشکی اثر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی شلغم‌هرز داشت ($P\leq0.05$). با افزایش تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی به صورت خطی کاهش یافت. و این کاهش در بذر قطعه پایین بیش از قطعه بالایی بود به طوری‌که سرعت جوانه‌زنی در پتانسیل آب ۰، ۲-، ۴-، ۶-، ۸- و ۱۰- بار برای بذر قطعه بالایی به ترتیب ۲۰/۷، ۱۷/۲، ۱۰/۹، ۵/۹، ۲/۱ و ۰/۳ و برای بذر قطعه پایینی به ترتیب ۱۷/۸، ۱۶/۵، ۱۱/۶، ۵/۱، ۱/۵ و ۰ (بذر در روز) بود (شکل ۲). فرایند جوانه‌زنی همراه با جذب آب منجر به آماس سلولی شده که در نتیجه آن DNA و میتوکندری‌ها بازسازی می‌شوند و پروتئین‌هایی با استفاده از ریبونوکلئیک اسیدهای پیام رسان موجود در بذر، ساخته می‌شود. سپس آنزیم‌های ویژه‌ای جهت تجزیه ذخایر بذر تولید می‌شود، که همراه با افزایش تنفس سلولی می‌باشد. ولی در شرایط تنش خشکی و بسته به شدت تنش این فرآیند به کندی و با تأخیر اتفاق می افتد (Benech-Arnold *et al*., 1990; Omoto *et al*., 2006). از انجا که سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی تحمل به خشکی در مرحله جوانه‌زنی است، هر چه سرعت جوانه‌زنی بیشتر باشد، شانس سبز شدن تحت شرایط تنش بیشتر خواهد بود (Fernandez and Johnston, 1995). همچنین اندازه بذر نیز می‌تواند بر سرعت جوانه‌زنی بذر مؤثر باشد، به این صورت که در هنگام کمبود آب، بذرهای کوچک‌تر با جذب آب کم‌تر قادر به جوانه‌زنی مناسب‌تری می‌باشند (El-Sharkawi *et al*., 1989). عندلیبی و همکاران (Andalibi *et al*., 2005) بیان کردند که سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی حساسیت بیشتری به تنش خشکی دارد.



شکل ۲- اثر تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی بذر بالا و پایین خورجینک شلغم‌هرز (*Rapistrum rugosum* L.).

Fig 2- Effect of drought stress on germination rate of upper seed and lower seed silicle of Turnip weed

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

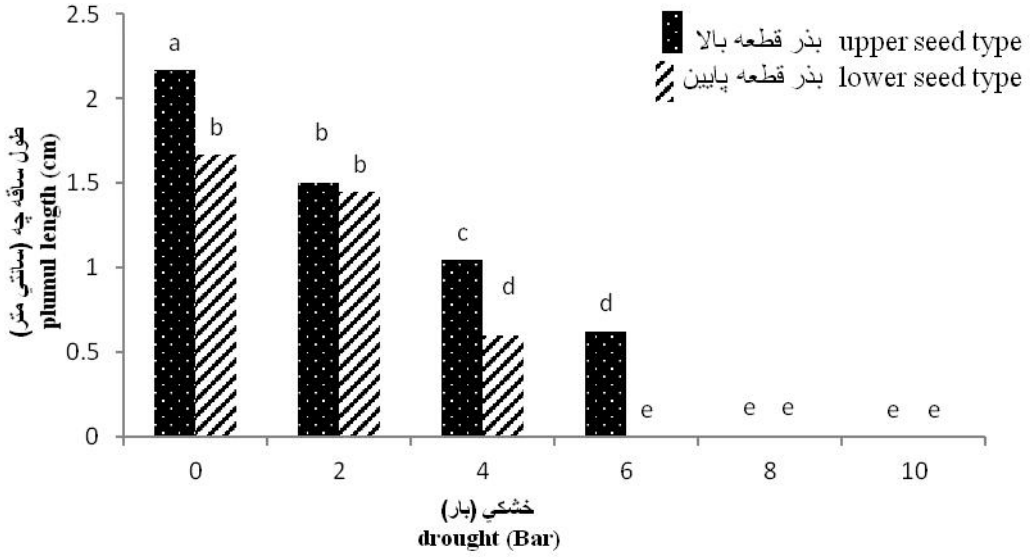
Means with minimum one common letter do not significant difference at %5 probability level

www.SID.ir

Archive Of SID

طول ساقه‌چه

با کاهش پتانسیل آب طول ساقه‌چه نیز کاهش یافت. این کاهش رشد در بذر قطعه پایین بیشتر از بذر قطعه بالا بود، به طوری که طول ساقه‌چه در پتانسیل آبی ۰، ۲-، ۴- و ۶- بار در بذر قطعه بالا به ترتیب ۲/۱، ۱/۵، ۱ و ۰/۶ و در بذر قطعه پایین به ترتیب ۱/۶، ۱/۴، ۰/۶ و ۰ بدست آمد (شکل ۳). یکی از عوامل مؤثر در خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه و طویل شدن آن‌ها نفوذ پذیر شدن بذر نسبت به اکسیژن است. ولی در شرایط تنش با افزایش پتانسیل اسمزی مؤلفه‌های جوانه‌زنی کاهش می‌یابد که علت این امر را کاهش جذب اکسیژن به وسیله محدود شدن مقدار اکسیژن محلول در محیط کشت می‌دانند (Bal and Chattopadhyay, 1985). تاکل (Takele, 2000) بیان کرد که با افزایش تنش آب طول ساقه‌چه کاهش می‌یابد و علت آن را کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین ذکر کرد. کاترجی و همکاران (Katerji *et al*., 1994) بیان کردند بذرهایی که در محیط‌های تحت تنش آب جوانه می‌زنند دارای ساقه‌چه و ریشه‌چه‌های کوتاه‌تری هستند.



شکل ۳- اثر خشکی برطول ساقه‌چه حاصل از بذر بالا و پایین خورجینک شلغم‌هرز (*Rapistrum rugosum* L.).

Fig 3- Effect of drought stress on plumule length of upper seed and lower seed silicle of Turnip weed

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means with minimum one common letter do not significant difference at %5 probability level

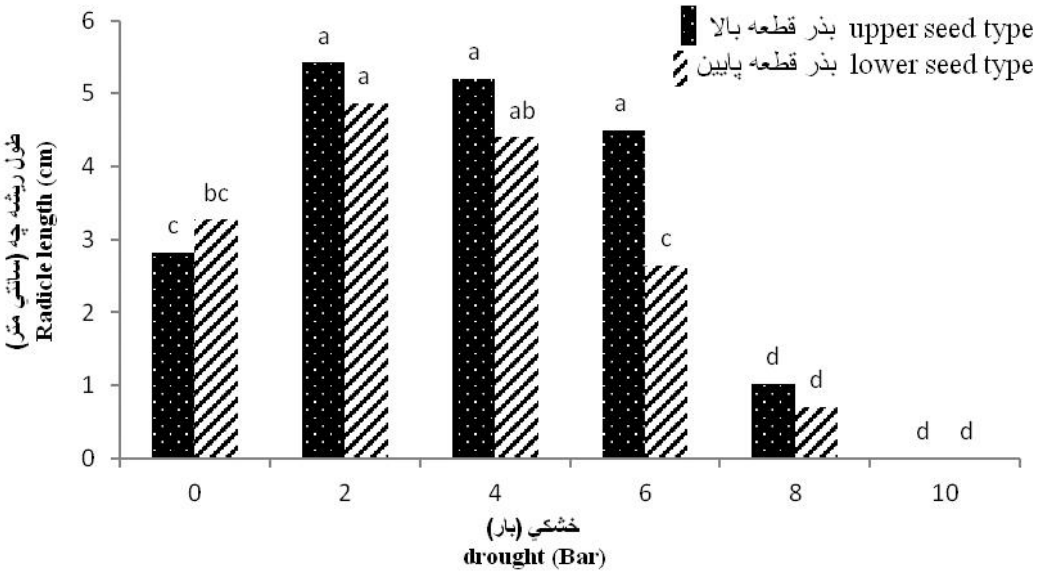
طول ریشه‌چه

طول ریشه‌چه در بذر قطعه بالا با کاهش پتانسیل آب از صفر (۲/۸ سانتی متر) تا ۶- (۴/۵ سانتی متر) بار، ابتدا افزایش و پس از آن کاهش یافت و در ۱۰- بار به صفر رسید. اما در بذر قطعه پایین، طول ریشه‌چه با کاهش پتانسیل آب از ۰ (۳/۲ سانتی متر) تا ۴-(۴/۴ سانتی متر) بار افزایش و پس از آن کاهش یافت و در ۶- بار به صفر رسید (شکل ۴). تنش خشکی سبب کاهش آب غشاء سلولی شده، در نتیجه منجر به برهم زدن غشاء دولایه، نفوذ پذیر شدن غشاء و پلاسیده شدن سلول می‌گردد (Omoto *et al*., 2010). در این آزمایش خشکی اثر تحریک کننده بیشتری بر افزایش

www.SID.ir

Archive Of SID

طول ریشــه‌چه در بذر قطعه بالا داشــت. خوش‌سخن و همــکاران (Khoshsokhan *et al.*, 2012) بیــان کردند که اعمال تنش ملایم تأثیر معنی‌داری روی طول ریشه‌چه نداشت در حالیکه سبب کاهش چشمگیر طول ساقه‌چه شد.



شکل ۴- اثر خشکی بر طول ریشه‌چه حاصل از بذر بالا و پایین خورجینک شلغم‌هرز (*Rapistrum rugosum* L.).

Fig 4- Effect of drought stress on radicle length of upper seed and lower seed silicle of Turnip weed

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means with minimum one common letter do not significant difference at %5 probability level

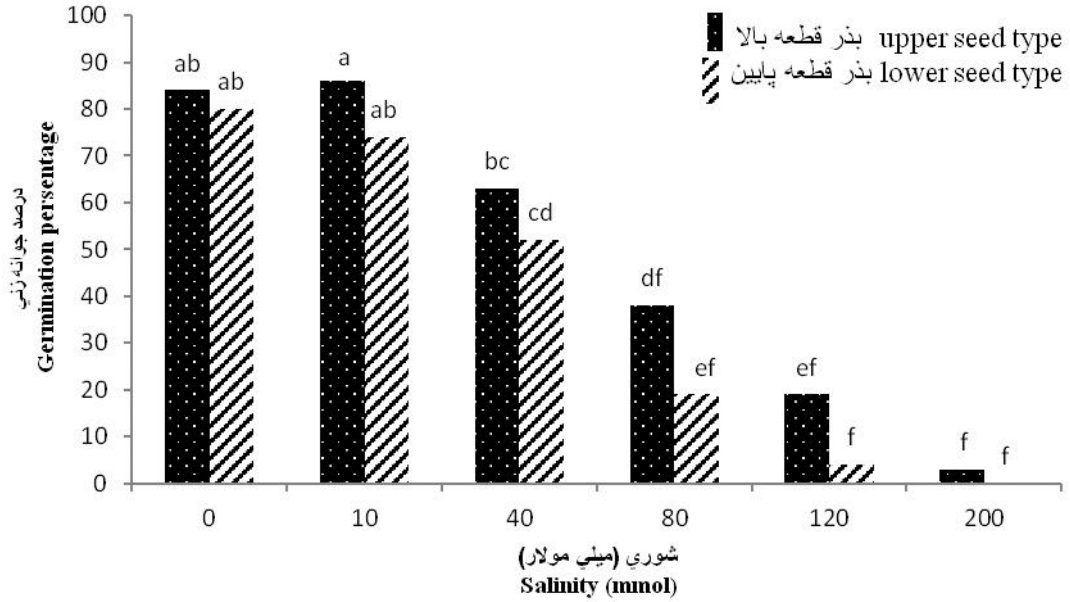
شوری

درصد جوانه‌زنی

درصــد جوانه‌زنی نیز در بذر قطعه بــالا، با افزایش شوری تا ۱۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار شاهد، ابتدا افزایش و بــه ۸۶ درصد رســید و پــس از آن کاهــش یافته و در شــوری ۲۰۰ میلی‌مولار به ۳ درصد رســید، به طوری که اختــلاف معنی‌دار بود. اما میــزان جوانه‌زنی در بذر قطعه پایین با افزایش شــوری از همان ابتدا کاهش نشــان داد و از ۸۰ درصد در تیمار شــاهد، به صفر در ۲۰۰ میلی‌مولار رسید (شــکل ۵). در برخی گیاهان هالوفیت و یا گیاهان مقاوم به شوری مشاهده شده است که سطوح شوری پایین بر جوانه‌زنی بذر تأثیر مثبتی بگذارد و حتی جوانه‌زنی آن را نســبت به شاهد بیشتر کند (Kafi *et al.*, 2009). زیرا آب مقطر دارای پتانسیل اسمزی صفر است و بعضی از بذرها در این پتانسیل اسمزی، درصد جوانه‌زنی کمتری دارنــد (Kafi *et al.*, 2009). نانــدولا و همــکاران (Nandula *et al.*, 2006) اظهار کردند که جوانه‌زنی در *Conyza canadensis*، با افزایش غلظت نمک از ۲۰ تــا ۱۶۰ میلی‌مولار کاهش یافت به‌طوری‌که درصد جوانه‌زنی بیش از ۲۰ در کمتر از ۴۰ میلی‌مولار و کم‌تر از ۴ درصــد در ۱۶۰ میلی‌مــولار Nacl بود. چوهان و همکاران (Chauhan *et al.*, 2006) در آزمایشی بر روی علف‌هــرز *Sonchus oleraceus* به این نتیجه رسیدند که جوانه‌زنی در شوری ۴۰ میلی‌مولار بیش از ۹۰ درصــد، در ۱۶۰ میلی‌مولار، ۷/۵ درصد و در ۳۲۰ میلی‌مولار صفر بود.

www.SID.ir

Archive Of SID



شکل ۵- اثر شوری بر درصد جوانه‌زنی بذر بالا و پایین خورجینک شلغم‌هرز (*Rapistrum rugosum* L.)..

Fig 5- Effect of salinity stress on germination percentage of upper seed and lower seed silicle of Turnip weed

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

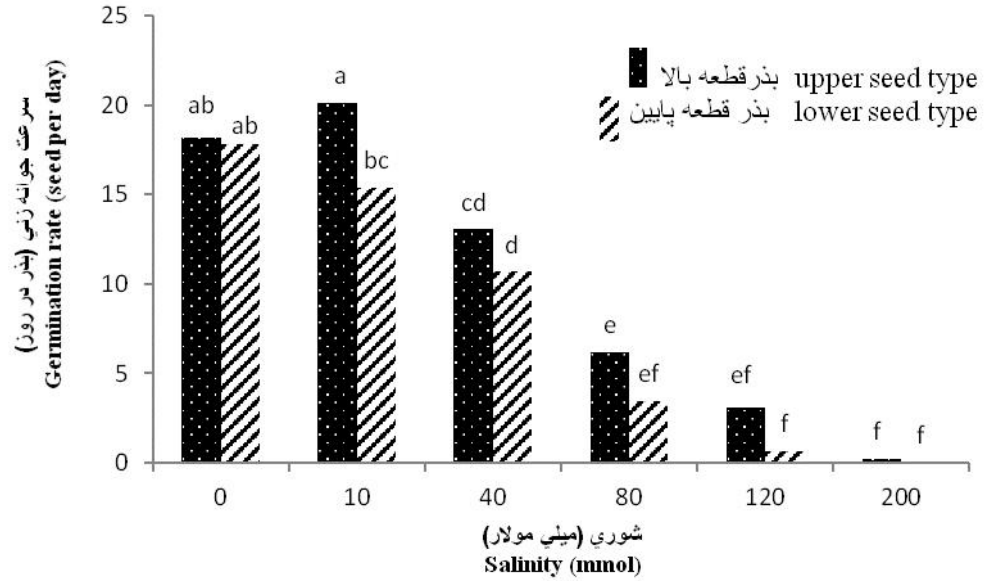
Means with minimum one common letter do not significant difference at %5 probability level

اثر شوری بر سرعت جوانه‌زنی

سرعت جوانه‌زنی در بذر قطعه بالا، با افزایش شوری تا ۱۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار شاهد، ابتدا افزایش و به ۲۰/۱ رسید و سپس کاهش یافته و در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به ۰/۲۴ رسید در صورتی که سرعت جوانه‌زنی در بذر قطعه پایین، با اعمال شوری از همان ابتدا نسبت به تیمار شاهد به صورت خطی کاهش یافت و در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به صفر رسید. باید خاطر نشان کرد که با افزایش شوری تا ۱۰ میلی‌مولار با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($P\leq$۰/۰۵). اما بذر قطعه بالا و پایین در تیمار ۱۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار داشتند (شکل ۶). فولادی و همکاران (Fouladi *et al*., 2015) بیان کردند سرعت جوانه‌زنی در گیاه خرفه با افزایش تنش شوری تا سطح ۱۴ دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری نداشت، اما در سطوح بالاتر شوری اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد مشاهده شد. جعفرزاده و علی‌اصغرزاده (Jafarzadeh and Aliasgharzad, 2007) بیان کردند که افزایش شوری باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی بذور جارو گردید. اما این کاهش تا سطح شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر نسبت به شاهد معنی‌دار نبود.

www.SID.ir

Archive Of SID



شکل ۶- اثر شوری بر سرعت جوانه‌زنی بذر بالا و پایین خورجینک شلغم‌هرز (*Rapistrum rugosum* L.).

Fig 6- Effect of salinity stress on germination rate of upper seed and lower seed silicle of Turnip weed

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

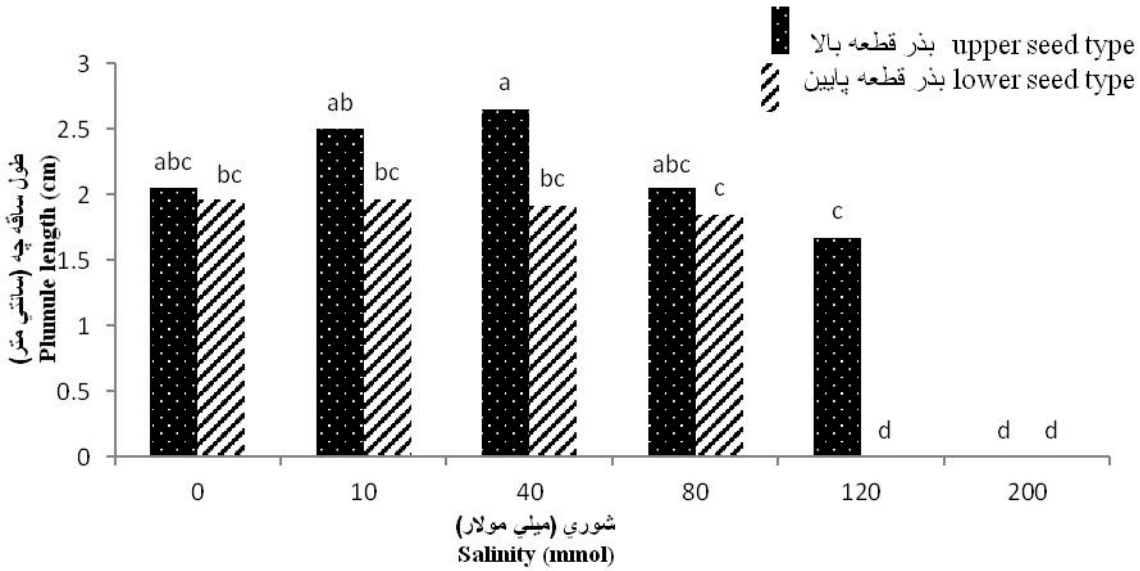
Means with minimum one common letter do not significant difference at %5 probability level

طول ساقه‌چه

با افزایش شوری در بذر قطعه بالا تا میزان ۱۲۰ میلی‌مولار و در بذر قطعه پایین تا میزان ۸۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار شاهد اثر معنی‌داری مشاهده نشد ($P\leq$۰/۰۵)، اما پس از آن به شدت کاهش یافت. با تداوم شوری یون‌های Na^+ و Cl^- وارد سیتوپلاسم شده که در صورت عدم جایگزینی آن‌ها در واکوئول سبب تجمع آن‌ها در سیتوپلاسم و باعث بازدارندگی فعالیت آنزیم‌ها و بسیاری از اعمال فیزیولوژیکی می گردند (Andalibi *et al.*, 2005). در این آزمایش بیشترین طول ساقه‌چه در بذر قطعه بالا مربوط به تیمار ۴۰ میلی‌مولار بود که به میزان ۰/۶ سانتی‌متر بیش از تیمار شاهد بود. اما در بذر قطعه پایین طول ساقه‌چه در شوری ۱۰ میلی‌مولار و شاهد با هم برابر بود. این نشان می‌دهد که شوری‌های ملایم در بذر قطعه بالا بر خلاف بذر قطعه پایین باعث افزایش طول ساقه‌چه شده است (شکل ۷). در نتیجه‌ای مشابه جعفرزاده و علی‌اصغرزاده (Jafarzadeh and Aliasgharzad, 2007) بیان کردند که طول ساقه‌چه با افزایش شوری تا حد مشخصی (۹۰ میلی‌مولار) افزایش و پس از آن کاهش یافت.

www.SID.ir

Archive Of SID



شکل ۷- اثر شوری بر طول ساقه‌چه حاصل از بذر بالا و پایین خورجینک شلغم‌هرز (*Rapistrum rugosum* L.).

Fig 7- Effect of Salinity stress on Plumule length of upper seed and lower seed silicle of Turnip weed

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

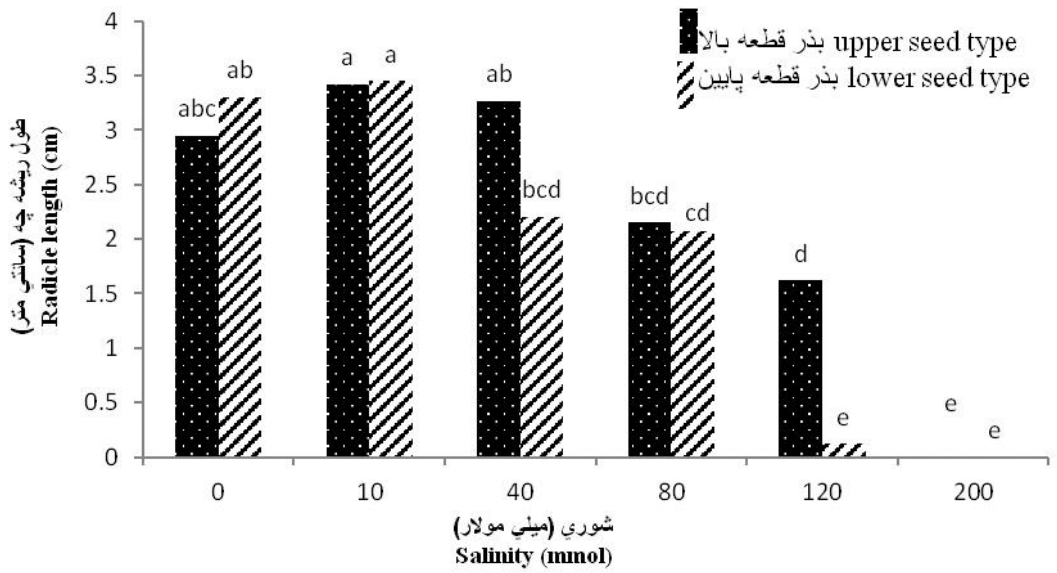
Means with minimum one common letter do not significant difference at %5 probability level

طول ریشه‌چه

با افزایش شوری در بذر قطعه بالا تا میزان ۸۰ میلی‌مولار و در بذر قطعه پایین تا میزان ۴۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار شاهد اثر معنی‌داری مشاهده نشد (۰۵/ ۰≥P)، اما پس از آن به شدت کاهش یافت. بیشترین طول ریشه‌چه در هر دو نوع بذر قطعه بالا و پایین در شوری ۱۰ میلی‌مولار اتفاق افتاد. همچنین در واکنش به تنش شوری در تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار، بین بذر قطعه بالا و پایین اختلاف معنی‌دار وجود دارد (شکل ۸). در آزمایشاتی مشابه، رجبی و پوستینی (Rajabi and Postini, 2005)، مونز و ترمات (Munns and Termaat, 1986)، نباتی و همکاران (Nabati *et al.*, 2011) بیان کردند که با افزایش سطوح شوری از طول ریشه‌چه کاسته می‌شود. از آنجا که شوری سبب کاهش قابلیت نفوذپذیری غشاء سلول‌های ریشه شده و به واسطه برهم زدن تعادل یونی شرایط تخریب غشاء سلول‌ها فراهم می‌گردد، رشد و حجم ریشه کاهش می‌یابد. به طوری که کاهش بیشتر طول ریشه‌چه در محلول کلرید سدیم به واسطه اثرات منفی کلرید سدیم بر روی غشاء سلولی و مسمومیّت یونی است (Bal and Chattopadhyay, 1985).

www.SID.ir

Archive Of SID



شکل ۸- اثر شوری بر طول ریشه‌چه حاصل از بذر بالا و پایین خورجینک شلغم‌هرز (*Rapistrum rugosum* L.).

Fig 8- Effect of Salinity stress on Radicle length of upper seed and lower seed silicle of Turnip weed

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means with minimum one common letter do not significant difference at %5 probability level

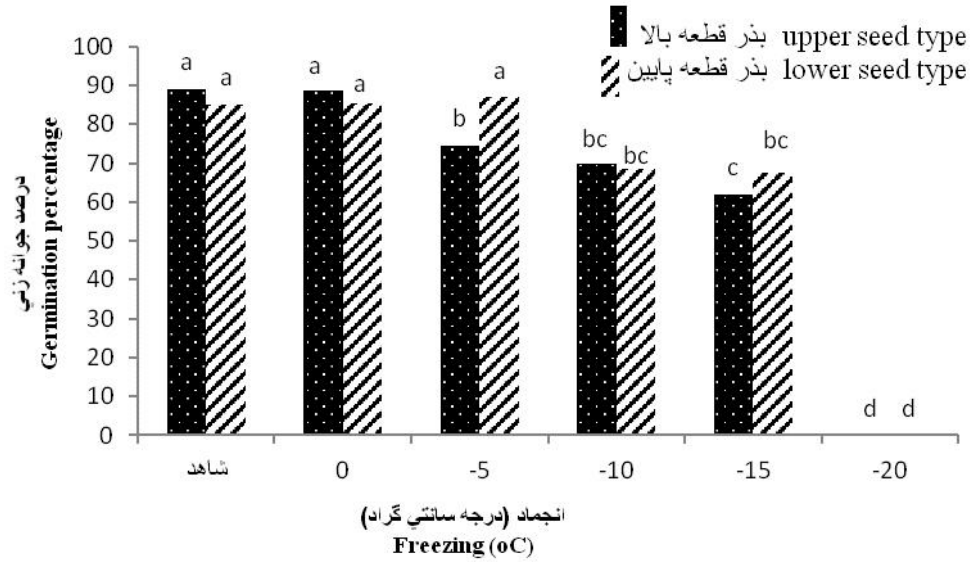
انجماد

درصد جوانه‌زنی

نتایج مقایسه میانگین اثر نوع بذر در دمای انجماد نشـان داد کـه کاهش دما تـا ۰ درجه سـانتی‌گراد اثر معنی‌داری بر روی درصد جوانه‌زنی شلغم‌هرز نداشت، امـا پـس از آن به صـورت معنی‌داری کاهـش یافت. به‌طوری‌که میزان جوانه‌زنی در دماهای شـاهد، ۰، ۵-، ۱۰-،۱۵- و ۲۰- درجه به ترتیب ۸۹، ۸۸/۸، ۷۴/۴، ۶۹/۸، ۶۲ و ۰ درصـد بود. اما در بذر قطعه پایین کاهش دما تا ۵- درجه سـانتی‌گراد اثر معنـی‌دار بر درصد جوانه‌زنی نداشـت، اما پس از آن به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P\leq ۰/۰۵$) بـه طوری‌که میزان جوانه‌زنـی در دماهای شـاهد، ۰، ۵-، ۱۰-،۱۵- و ۲۰- درجـه سـانتی‌گراد به ترتیـب ۸۵، ۸۵/۲، ۸۶/۹، ۶۸/۴، ۶۷/۶ و ۰ درصـد بود (شکل۹). نتایج فوق نشان می‌دهد که بین فاکتورها (نوع بـذر) در دمای ۵- درجه سـانتی‌گراد اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P\leq ۰/۰۵$). با توجـه به اینکه اکثر بذرهای این علف‌هرز در قسمت‌های فوقانی خاک قرار دارند به نظر می‌رسد اگر دمای هوا در زمستان به محدوده دمایی ۱۵- تا ۲۰- درجه سـانتی‌گراد نزول کند، ممکن است باعث از بین رفتن اکثر بذرهای این علف‌هرز شود. البته می‌توان با انجام آبیاری قبل از یخبندان و ایجاد شـرایط یخ آب، اثر انجماد بر روی بذرهای این گیاه را افزایش داد. همچنین از نتایج استنباط می‌شود که بذرهای قطعه پایین نسـبت به قطعـه بالا به انجمـاد مقاوم‌ترند که این ممکن اسـت به دلیل انـدازه کوچک‌تر و محتوای آب کم‌تر آن‌ها باشـد. زیرا بذرهایی کـه رطوبت کم‌تری دارند به دماهای پایین مقاوم‌ترند (Steponkus *et al*., 1977).

www.SID.ir

Archive Of SID



شکل ۹- اثر انجماد بر درصد جوانه‌زنی بذر بالا و پایین خورجینک شلغم‌هرز (*Rapistrum rugosum* L.).

Fig 9- Effect of freezing stress on germination percentage of upper seed and lower seed silicle of Turnip weed

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

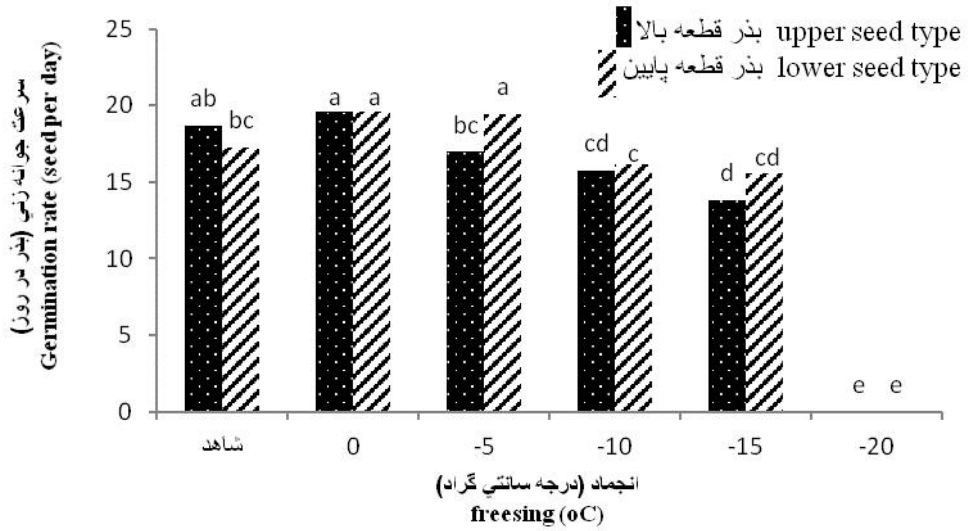
Means with minimum one common letter do not significant difference at %5 probability level

سرعت جوانه‌زنی

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع بذر در دمای انجماد نشان داد که در بذر قطعه بالا،کاهش دما تا ۵- درجه سانتی گراد اثر معنی‌داری بر کاهش سرعت جوانه‌زنی ندارد ($P\leq ۰/۰۵$)، اما پس از آن در دماهای ۱۰- و ۱۵- درجه سانتی گراد به طور معنی‌داری کاهش یافته و در ۲۰- درجه متوقف شد. در صورتی که در بذر قطعه پایین، کاهش دما تا ۱۵- درجه سانتی گراد اثر معنی‌داری بر روی سرعت جوانه‌زنی نداشت (شکل ۱۰). همچنین در تیمار صفر درجه سانتی گراد، سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد افزایش یافت که این ممکن است به دلیل القاء یک دوره سرما و در نتیجه آن موجب تغییرات هورمونی (کاهش اسید آبسزیک) و آنزیمی (افزایش کاتالاز، فسفاتاز، لیپاز و پراکسیداز) در بذر شده و سرعت و درصد جوانه‌زنی را افزایش داده باشد. اما کاهش در سرعت و درصد جوانه‌زنی در دماهای بالای انجماد (سردتر از ۵- درجه سانتی گراد)، ممکن است به دلیل تجمع اسید آبسزیک در بذر باشد. زیرا نقش هورمون اسید ابسزیک در تنش‌های انجماد، شوری و آب باعث شده که این هورمون را به عنوان هورمون تنش شناسایی کنند (Kafi *et al*., 2009). نتایج حاصل از درصد و سرعت جوانه‌زنی حاکی از امکان پراکنش شلغم‌هرز در شرایط پاییزه و بهاره می‌باشد.

www.SID.ir

Archive Of SID



شکل ۱۰- اثر انجماد بر سرعت جوانه‌زنی بذر بالا و پایین خورجینک شلغم‌هرز (*Rapistrum rugosum* L.).

Fig 10- Effect of freezing stress on germination rate of upper seed and lower seed silicle of Turnip weed

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means with minimum one common letter do not significant difference at %5 probability level

نتیجه‌گیری نهایی

به طور کلی نتایج نشـان داد که شلغم‌هرز گیاهی حساس به خشکی است که این حساسیت در بذر بالای خورجینک مشهودتر بود. جوانه‌زنی و رشد گیاه‌چه این علف‌هرز در سـطوح پایین شوری تحریک می‌شود. از طرفی بذر پایین خورجینک نسبت به بالای خورجینک به شرایط شـور حسـاس‌تر بود. بذرهای این علف‌هرز قادر به تحمل سـرماهای زیاد نیسـتند که این حساسیت در بـذر بـالای خورجینک بیش از پاییـن خورجینک بود. در نهایت می‌توان اظهار داشت که امکان پراکنش شـلغم‌هرز در محدوده‌ای از شـرایط مختلف اقلیمی و خاک در طول سـال وجود دارد. لذا با تعیین حساسیت بذور قطعه بالا و پایین خورجینک شلغم‌هرز به خشکی، شـوری و انجماد، امـکان ارزیابـی در محدودیت‌های مختلف برای گونه‌های مختلف زراعی و زمان کشـت آن‌ها، مقابله و کنترل شلغم‌هرز را تسهیل خواهد کرد.

تقدیر و تشکر

از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد بابت تامین هزینه این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

www.SID.ir

Archive Of SID

References فهرست منابع

Alvarado, V., and K. J. Bradford. 2002. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. Plant, Cell and Environment. 25: 1061-1069.

Andalibi, B., E. Zangani and A. Haghanazari. 2005. Effects of water stress on germination indices in six rapeseed cultivars (Brassica napus L.). Iranian Journal of Agricultural Science 36:457-463.

Bal, A. R., and N.C. Chattopadhyay. 1985. Effect of NaCl and PEG 6000 on germination and seedling growth of rice (Oryza sativa L). Biologia Plantarum, 27: 65-69.

Benech-Arnold, R., C. Ghersa, R. Sanchez, and P. Insausti. 1990. Temperature effects on dormancy release and germination rate in Sorghum halepense (L.) Pers. Seed: aquantitative analysis. Weed Research 30: 81-89.

Blum, A. 1988. Drought resistance, In: A. Blum (ed.), Plant Breeding for Stress Environments, CRC. Florida, pp: 43-69.

Chauhan, B. S., G. Gill, C. Preston. 2006. Factors affecting seed germination of annual sowthistle (Sonchus oleraceus) in southern Australia. Weed Science, 54:854–860.

Cousens, R., G. Armas, and R. Baweja. 1994. Germination of Rapistrum rugosum (L.) All. From New South Wales, Australia. Weed Res. 34: 127-135.

Khoshsokhan F., M. Babalar, H.R. Chaghazardi, M.R. Fatahi Moghadam. 2012. Effect of salinity and drought stress on germination indices of two Thymus species. Agronomy Research Moldavia 45:27-35.

El-Sharkawi, H. M., K. A. Farghali, and S. A. Sayed. 1989. Interactive effects of water stress, temperature and nutrients in seed germination of tree desert plants. Academic Press of Egypt. Journal of arid environments 17 (3), 307-317.

Emmerich, W. E. and S. P. Hardgree. 1990. Polyethylene glycol solution contact effect on seed germination. Agronomy Journal, 82: 1103 – 1107.

Eugenia, M., S. Nunesand Ray, and G. Smith. 2003. Electrolyte leakage assay capable of quantifying freezing resistance in Rose Clover. Crop Science, 43:1349-1357.

Fernandez, G., and M. Johnston. 1995. Seed vigor testing in lentil, bean, and chickpea. Seed Science and Technology 23:617-627.

Fouladi, S., M. Goldani, R. Ghorbani and M. Kafi. 2015. Investigation of effect of temperature on germination traits and determine of cardinal temperatures for upper segment seed and lower segment seed of (Rapistrum rugosum L.). Journal of Plant Protection 29: 72-78.

Goicochea, N., M. C. Antolin and D. M. Sanchez. 1997. Gas exchange is related to hormone balance in mycorrhizal or nitrogen-fixing alfalfa subjected to drought. Physiologia Plantarum, 100: 989-997.

Gorbani R., M. H. Rashedmahassel, S. A. Hosseini, S. K. Mousavi and M. Hajmohammadnia

www.SID.ir

Archive Of SID

Ghalibaf. 2006. Handbook of sustainable weed management. Ferdowsi University of Mashhad Press.

Grundy, A. C., K. Phelps, R. J. Reader, and S. Burston. 2000. Modelling the germination of Stellaria media using the concept of hydrothermal time. New Phytologist 148:433-444.

Hagood Jr, E., T. Bauman, J. Williams Jr, and M. M. Schreiber. 1981. Growth analysis of soybeans (Glycine max L.) in competition with Jimsonweed (Datura stramonium). Weed Science: 500-504.

Jafarzadeh, A.A., and N. Aliasgharzad. 2007. Salinity and salt composition effect on seed germination and root length of four sugar beet cultivars. Biologia. 62(5), 562-564.

Kafi, M., A. Borzoei, M. Salehi, A. Kamandi, A. Masomi, J. Nabati. 2009. Environmental Stress on Plant Physiology. University Jahad of Mashhad (In Persian).

Katerji, N., J. Van Hoorn, A. Hamdy, F. Karam, and M. Mastrorilli. 1994. Effect of salinity on emergence and on water stress and early seedling growth of sunflower and maize. Agricultural Water Management 26: 81-91.

Khoshsokhan, F., M. Babalar, H. R. Chaghazardi and M. R. Fatahi-Moghadam. 2012. Kramer, P.J. 1983. Water Relations of Plants. Academic Press, New York.

Martin, R. J. and M. G. McMillan. 1984. Some results of a weed survey in northern New South Wales. Australian weeds 3:115-116.

Martínez-Chersa M. A., E. H. Satorre and C. M. Chersa. 1997. Effect of soil water and temperature on dormancy breaking content and germination of three weeds, Weed Sci. 45: 791–797.

Munns, R., and M. Tester. 2008. Mechanismms of salinity tolerance. Annual Reviews Plant Biology, 59:651-681.

Munns, R., and A. Termaat. 1986. Whole-plant responses to salinity. Australia Journal. Plant Physiology. 13:143-160.

Nabati, J., M. Kafi, A. Nezami, P. Rezvani Moghadam, A. Masomi, M. Zare Mehrjerdi. 2011. Effect of salinity on biomass production and activities of some key enzymatic antioxisants in kochia (Kochia scoparia). Pakisatn Journal Botany. 43(1), 539-548.

Nandula V. K., T. W. Eubank, D. H. Poston, C. H. Koger and K. N. Reddy. 2006. Factors affecting germination of horseweed (Conyza Canadensis). Weed Science. 54(5):898-902.

Nezami, A., M. S. Bandara, and L. V. Gusta. 2012. An evaluation of freezing tolerance of winter chickpea (Cicer arientium L.) using controlled freezing tests. Canadian Journal of Plant Science. 92: 155-161.

Oliveira, M.J. and J.K. Norsworthy. 2006. Pitted morning glory (Ipomoea lacunosa) germination and emergence as affected by environmental factors and seeding depth.

www.SID.ir

Archive Of SID

Weed Science, 54:910–916.

Omoto, E., M. Taniguchi and H. Miyake. 2010. Effects of Salinity Stress on the Structure of Bundle Sheath and Mesophyll Chloroplasts in NAD-Malic Enzyme and PCK Type C (4) Plants. Plant Production Science, 13(2): 169-176.

Parsons, W. T and E. G. Culbertson. 2000. Noxious weed of Australia. Inkata press, MELBORNE. Sydney.

Rajabi, R., and K. Postini. 2005. Effect of NaCl on thirty cultivars of bread wheat Seed germination. Agriculture Science Journal, 27: 1. 29-45. (In Persian)

Steponkus, P. L., M. P. Garber, S. P. Myers and R. D. Lineberger. 1977. Effects of cold acclimation and freezing on structure and function of chloroplast thylakoids. Cryobiology 14:303-321.

Sugiura, M., T. Hirose and M. Sugita. 1998. Evolution and mechanism of translation in chloroplasts. Annual Review of Genetics, 32:437-459.

Takele, A. 2000. Seedling emergence and of growth of sorghum genotypes under variable soil moisture deficit. Acta Agronomica Hungarica 48:95-102.

Witkowski E. T. F. 1991. Growth and competition between seedlings of Protea repens(L.) and the alien invasive, Acacia saligna (Labill.) Wendl in relation to nutrient availability, Funct. Ecol. 5: 101–110.

Zhou, J., Deckard, E. L., Ahrens, W. H. 2005. Factors affecting germination of hairy nightshade (Solanum sarrachoides) seeds.

Zhou, J., B. Tao, E. L. Dekard and C. G. Messersmith. 2006. Garden huckleberry (Solanum melanocerasium) germination, seed survival, and response to herbicides. Weed Science, 54: 478–483.

Zorb, C., R. Herbst, C. Forreiter and S. Schubert. 2009. Short-term effects of salt exposure on the maize chloroplast protein pattern. Proteomics, 9(17): 4209-4220.

www.SID.ir