بررسی اثر تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهک سه ژنوتیپ گیاه مرتعی *Agropyron podperae*

ملیکا هاشمی[۱]، حسین آذرنیوند[۲*]، محمد حسن عصاره[۳]، علی اشرف جعفری[۴]، علی طویلی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۹/۱۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۰۳/۱۲

چکیده

برای شناسایی شاخص‌های مقاومت به تنش در *Agropyron podperae* آزمایشی با چهار سطح مختلف پتانسیل های اسمزی حاصل از PEG 6000 شامل صفر، ۳-، ۶- و ۹- بار به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار در محیط هیدروپونیک انجام شد. از ژنوتیپ‌های تهران (۶۳)، شیراز (۵-۷) و لرستان (۴-۱۱) در این مطالعه استفاده گردید. در این آزمایش، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه، وزن تر گیاهچه، نسبت وزن خشک به وزن تر گیاهچه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر اندازگیری شد. نتایج حاصله نشان داد که با افزایش تنش خشکی، فاکتورهای نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه و نسبت وزن خشک به وزن تر گیاهچه افزایش و سایر صفات به‌طور قابل توجهی کاهش یافتند. این کاهش در تمامی صفات مورد ارزیابی در تغییر پتانسیل از ۶- به ۹- بار حداکثر بود. به‌طور کلی در میان ارقام مورد آزمایش، ژنوتیپ لرستان (۴-۱۱) در پتانسیل‌های مورد مطالعه جوانه‌زنی مناسبی را نشان داد و از این نظر بر سایر ژنوتیپ‌ها برتری معنی‌داری داشت. از پارامترهای مورد ارزیابی، طول گیاهچه و شاخص بنیه بذر بیشترین واکنش را به تغییر پتانسیل آب نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: بذر، *Agropyron poperae*، تنش خشکی، جوانه‌زنی.

[۱]- کارشناسی ارشد مرتعداری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

[۲]- استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

*: نویسنده مسئول: hazar@ut.ac.ir

[۳]- استاد موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور

[۴]- استاد موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور

[۵]- دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

مقدمه

تنش‌های محیطی، مخصوصا تنش آبی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولیدات گیاهی در دنیا است. گیاهان در مقابل خشکی از طریق تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی در تمام اندام های خود پاسخ می دهند (۳). به‌طور کلی گیاهچه‌های جوان به خشکی حساسترند و تفاوت‌های ژنتیکی در مقابله با خشکی ممکن است در گیاهچه آشکار شود و همین امر فرصت مفیدی برای به‌گزینی و انتخاب است (۲۵). آب اهمیت بسیار زیادی در رشد و نمو گیاهان دارد و بر توزیع و پراکندگی گونه‌های مختلف گیاهان در زمین تاثیر دارد (۱۵). تنش کمبود آب هنگامی ایجاد می‌شود که رطوبت موجود در اطراف ریشه کمتر از نیاز آبی گیاه باشد (۱۳). با توجه به اینکه حساس‌ترین مرحله زندگی یک گیاه، مرحله جوانه‌زنی و مرحله‌ای است که گیاه هنوز به صورت نهال کوچکی است، با موفقیت گذراندن این دوره نقش مهمی را در مراحل دیگر استقرار گیاه خواهد داشت (۱۹).

جوانه‌زنی شامل یک‌سری اتفاقاتی است که در نتیجه آن جنین از حالت سکون به حالت متابولیسمی فعال و سازنده تغییر شکل می‌دهد (۱۴). از نظر فیزیولوژیکی، جوانه‌زنی فرایندی است که با جذب آب توسط بذر خاتمه می‌یابد. آب عامل فعال کننده‌ای است که باعث شروع جوانه‌زنی می‌گردد. قابلیت دسترسی به آب با ازدیاد نیروی اسمزی (مواد محلول) و نیروی ماتریک (مکش) کاهش می‌یابد. تحقیقات بسیاری در مورد تاثیر کمبود آب بر رشد و نمو گیاهان انجام شده است (۷، ۱۲، ۲۳) این تحقیقات حاکی است که کاهش رشد به دلایل مختلفی حادث می-شود. وقتی گیاهان به آب کافی دسترسی نداشته باشند، مقدار مواد بازدارنده رشد از جمله آبسیزیک اسید، در گیاهان افزایش می‌یابد. از طرفی برخی از محققان (۲۲) کاهش مقدار هورمون‌های محرک رشد مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها در گیاه را بر اثر کمبود آب گزارش کرده اند (۵، ۲۳).

بررسی‌های انجام شده در زمینه مقاومت به تنش خشکی گیاهان در ایران بیشتر روی گیاهان زراعی صورت گرفته است و در رابطه با گیاهان مرتعی تحقیقات کمتر بوده است (۸، ۱۷، ۱۸، ۲۰، ۲۱) که لازم است در این زمینه تحقیقات وسیع و دامنه داری صورت گیرد. ولر و همکاران[1] (۲۰۰۷) اظهار داشتند گراس‌های متحمل به تنش خشکی دارای بقای بیشتر برگ‌ها و پنجه‌ها در فصل خشکی، کاهش تعرق و جذب آب بیشتر از خاک می‌باشند. جیانگ و هانگ[2] (۲۰۰۷) به کاهش پتانسیل اسمزی علف گندمی‌ها طی تنش گرمایی و خشکی اشاره داشتند و سهم عمده این کاهش به خاطر افزایش مواد معدنی و آلی بوده است. جانسون و باست[3] (۲۰۰۵) یکی از عوامل مقاومت به خشکی را افزایش کارایی مصرف آب (افزایش تولید به ازای آب مصرفی) در چهار گونه اسمزی علف گندمیا فصل سرد تحت تنش خشکی معرفی کردند. احمدی و بیکر (۱۳۷۹) نشان دادند که تنش ملایم خشکی فتوسنتز را به‌طور عمده از طریق عوامل قابل برگشت روزنه‌ای کاهش می‌دهد، اما در شرایط شدیدتر تنش یا در تنش‌های طولانی مدت، عوامل غیر روزنه‌ای نیز مزید بر علت می‌گردند. طویلی (۱۳۷۸) اثر خشکی را بر روی سه گونه مرتعی *Agropyron cristatum*, *Agropyron desertorum* و *Stipa barbata* تحت مطالعه قرار داد و نتیجه گرفت دو گونه *Agropyron* از نظر مقاومت به خشکی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند، اما نسبت به گونه *Stipa barbata* از مقاومت بیشتری برخوردارند. هدف از انجام این تحقیق بررسی تحمل به خشکی سه رقم *Agropyron podperae* بر شاخص‌های جوانه‌زنی می‌باشد تا بتوان گونه‌های مقاوم را شناخته و جهت اصلاح و احیاء مناطق خشک معرفی کرد.

مواد و روش‌ها

ژنوتیپ‌های مورد آزمایش عبارت از: اراک ۳۷۵۵، سمیرم ۱۳-۳ و فریدن ۴۰۰۷ بودند. این آزمایش در آزمایشگاه بانک ژن موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع (طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا) در استان تهران انجام گردید.

برای ارزیابی مقاومت به خشکی در مرحله جوانه‌زنی و ایجاد سطوح مختلف پتانسیل آب از پلی‌اتیلن گلایکول

[1] - Volaire
[2] - Jiang & Hung
[3] - Johanson & Bassett

۶۰۰۰ استفاده شد. طبق دستورالعمل میچل و کافمن پتانسیل‌های مختلف آب که عبارت بودند از: صفر، ۳-، ۶- و ۹- بار طبق جدول ۱ ایجاد گردید. برای ایجاد پتانسیل صفر بار از آب مقطر استفاده شد (۱۷).

جدول ۱: نحوه ایجاد پتانسیل خشکی با استفاده از PEG 6000

نوع محلول (پتانسیل خشکی)	مقدار محلول	مقدار PEG 6000
۳- بار	۴۰۰ میلی لیتر	۵۵/۲ گرم
۶- بار	۴۰۰ میلی لیتر	۷۵/۶ گرم
۹- بار	۴۰۰ میلی لیتر	۱۰۰/۴ گرم

مجموعه پتری‌دیش‌ها و بستر بذر (کاغذ والتمن) در اتوکلاو استریل گردید. تعداد ۲۰ عدد بذر به طور تصادفی برای هر پتری‌دیش انتخاب و پس از ضدعفونی به مدت ۳۰ ثانیه با هیپوکلریدسدیم ۱۰ درصد و شستشو با آب مقطر، داخل پتریدیش‌ها منتقل شدند. سپس مقدار ۷ میلی‌لیتر از محلول مربوط به هر کدام از آن‌ها اضافه شد. پتری دیش‌ها توزین و وزن اولیه هر کدام ثبت و در دمای توصیه شده ۱±۲۰ درجه سانتیگراد و در داخل ژرمیناتور قرار داده شدند.

طرح آزمایشی و تجزیه داده‌ها:

آزمایش در قالب طرح اسپلیت پلات بر اساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. دادهها با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شدند. میانگین داده‌ها با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

۱- تأثیر پلی‌اتیلن‌گلایکول بر درصد جوانه‌زنی:

در اثر پتانسیل اسمزی محیط بر درصد جوانه‌زنی، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد میان ارقام مشاهده شد (جدول ۲). به طوری که بالاترین میانگین درصد جوانه‌زنی با ۹۴/۷۵ درصد مربوط به ژنوتیپ لرستان (۴-۱۱) و پایین‌ترین درصد جوانه‌زنی در ژنوتیپ تهران (۶۳) با ۶۲ درصد مشاهده شد (جدول ۴).

۲- تأثیر پتانسیل اسمزی بر سرعت جوانه‌زنی:

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی می‌باشد (جدول ۲). با افزایش تنش‌خشکی، سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌ها به طور چشمگیری کاهش یافته است (جدول ۳). مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی برای ژنوتیپ‌های مختلف نشان می‌دهد که بذور ژنوتیپ لرستان (۴-۱۱) دارای کمیت بهتری برای شاخص سرعت جوانه‌زنی می‌باشند. به طور کلی در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، ژنوتیپ شیراز (۵-۷) از نظر سرعت جوانه‌زنی، ارزش کمتری داشته و اختلاف معنی‌داری با بقیه ژنوتیپ‌ها دارد (جدول ۴).

۲- میانگین طول کل گیاهچه:

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده تاثیر معنی دار (در سطح ۱ درصد) تنش خشکی بر طول گیاهچه بود (جدول ۲). با افزایش تحمل به خشکی در گیاهان طول گیاهچه در اکوتیپ‌ها کاهش یافته است. مقایسه میانگین طول گیاهچه نشان می دهد که بذور ژنوتیپ لرستان (۴-۱۱) دارای کمیت بهتری می‌باشند (جدول ۴).

۳- میانگین نسبت وزن خشک به تر گیاهچه:

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار (در سطح ۱ درصد) تنش خشکی بر نسبت وزن خشک به تر گیاهچه می‌باشد (جدول۲). به طور کلی با افزایش فشار اسمزی، نسبت وزن خشک به تر گیاهچه در ژنوتیپ‌های مورد آزمایش افزایش پیدا کرد.

۴- تأثیر پتانسیل اسمزی بر شاخص بنیه بذر:

در اثر پتانسیل اسمزی محیط بر شاخص بنیه بذر، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد میان ارقام مشاهده شد (جدول ۲). به‌طوری که بالاترین میانگین شاخص بنیه بذر با شاخص (۱۶۹/۴) مربوط به ژنوتیپ لرستان (۴-۱۱) و پایین‌ترین شاخص بنیه بذر در ژنوتیپ تهران (۶۳) با شاخص ۵۴/۰۸ مشاهده شد (جدول ۴).

۵- نسبت میانگین طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه:

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده تاثیر معنی‌دار (در سطح ۱ درصد) تنش خشکی بر نسبت میانگین طول

ریشه چه به طول ساقه‌چه می‌باشد (جدول۲). نسبت میانگین طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه برای ژنوتیپ‌های مختلف نشان می‌دهد که ژنوتیپ تهران (۶۳) دارای بالاترین میزان می‌باشد (جدول ۴).

جدول ۲: خلاصه تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های *Agropyron podperae* در سطوح تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	طول ساقه چه	طول ریشه چه	نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه	طول گیاهچه	شاخص بنیه بذر	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	نسبت وزن خشک به تر گیاهچه
تیمار خشکی	۳	۱۸۶۱**	۲۷/۱۲**	۲۴۵۶۵**	۱۳۰۶۱**	۳/۵۱۵**	۷۱۵۸۰**	۵۶۰۰۰**	۰/۰۴۶**	۰/۰۰۱۷**	۰/۱۶۷۶**
ژنوتیپ	۲	۴۴۵۹**	۳۲۶/۲**	۱۳۷۷۹**	۸۷۴۳**	۵/۱۷۵**	۴۳۳۱۷**	۵۵۵۲۹**	۰/۰۱۵**	۰/۰۰۰۵ns	۰/۰۴۶۳**
ژنوتیپ در خشکی	۶	۳۲۶/۱**	۹/۲۲**	۴۷۱/۸**	۳۴۱/۴*	۱/۹۴۸**	۱۳۲۹**	۳۱۱۵**	۰/۰۰۰۹ns	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۱۰۹**
خطا	۳۶	۷۳/۱۱	۱/۱۸	۱۱۳/۵	۱۱۶/۷	۰/۰۹۹	۳۷۸/۱	۳۴۲/۳	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱۹
ضریب تغییرات		۱۱/۱۷	۱۳/۲۷	۱۴/۲۰	۱۵/۹۸	۲۴/۸۹	۱۳/۶۳	۱۵/۵۸	۱۲/۰۳	۹/۲۶۸	۱۶/۲۹

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد *: معنی‌دار در سطح ۵ درصد ns: غیرمعنی‌دار

جدول ۳: مقایسه میانگین‌های اثر سطوح خشکی برای صفات مورد سنجش در ژنوتیپ‌های *Agropyron podperae*

تیمار خشکی	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	طول ساقه چه	طول ریشه چه	نسب ریشه‌چه به ساقه چه	طول گیاهچه	شاخص بنیه بذر	وزن تر گیاهچه	وزن‌خشک گیاهچه	وزن خشک به تر گیاهچه
شاهد	a۷۸/۶۶	a۸/۶۰	a۱۱۹/۹	b۸۷/۱۵	d۰/۷۱۵	a۲۰۷	a۱۷۲	a۰/۳۲۲	c۰/۰۴۲	d۰/۱۳۰
۳- بار	a۸۳/۳۳	a۹/۰۸	b۱۰۲/۱	a۹۶/۸۱	c۰/۹۹۵	a۱۹۹	a۱۶۹/۶	b۰/۲۶۵	b۰/۰۵۹	c۰/۲۲۸
۶- بار	a۸۵/۶۶	a۹/۱۷	c۵۸/۸۲	c۶۳/۶۵	b۱/۴۰	b۱۲۲	b۱۰۶/۱	c۰/۲۱۳	b۰/۰۶۳	b۰/۳۱۰
۹- بار	b۵۸/۳۳	b۵/۹۹	d۱۹/۱۲	d۲۲/۷۲	a۱/۹۶	c۴۱/۸۵	c۲۷	d۰/۱۸۰	a۰/۰۷۰	a۰/۴۰۸

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ۵ درصد از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند

جدول ۴: مقایسه میانگین‌های صفات مربوط به جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های *Agropyron podperae*

نام	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	طول ساقه چه	طول ریشه چه	نسب ریشه‌چه به ساقه چه	طول گیاهچه	شاخص بنیه بذر	وزن تر گیاهچه	وزن‌خشک گیاهچه	وزن خشک به تر گیاهچه
تهران ۶۳	c۶۲	b۶/۰۳	b۴۱/۲۷	c۴۱/۳۳	a۱/۹۲	bA۲/۶۰	c۵۴/۰۸	b۰/۲۱۰	a۰/۰۶۰	a۰/۳۳۱
شیراز ۵-۷	b۷۲/۷۵	c۵/۱۹	a۹۴/۵۹	b۷۵/۳۰	b۰/۸۶۹	a۱۶۹/۸	b۱۳۲/۶	a۰/۲۶۱	a۰/۰۵۶	b۰/۲۳۱
لرستان ۴-۱۱	a۹۴/۷۵	a۱۳/۴۰	a۸۹/۱۸	a۸۶/۱۳	b۱/۰۱	a۱۷۵/۳	a۱۶۹/۴	a۰/۲۶۵	a۰/۰۵۹	b۰/۲۴۵

میانگین تیمارهای که دارای حروف مشابهی هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن ۵ درصد از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با همدیگر ندارند

جدول ۵: میانگین درصد جوانه‌زنی و شاخص حساسیت به خشکی درصد جوانه‌زنی در چهار ژنوتیپ *Agropyron podperae* در سطوح مختلف پتانسیل آب

منشاء بذر	۰	۳- بار	۶- بار	۹- بار	تجزیه مرکب
تهران ۶۳	۵۵ d	۷۲ c	۸۱ ca	۴۰ d	۶۲ c
شیراز ۵-۷	۸۵ ca	۸۰ cb	۷۷ c	۴۹ d	۷۲/۷۵ b
لرستان ۴-۱۱	۹۶ ab	۹۸ ab	۹۹ a	۸۶ ca	۹۴/۷۵ a

بحث و نتیجه‌گیری

مولفه‌های مورد بررسی نشان داد که تنش خشکی بر کلیه مولفه‌های رشد اثر منفی داشت. به‌طوری که جوانه-زنی از ۷۸/۶۶ و ۸۳/۳۳ درصد در پتانسیل‌های صفر و ۳- بار به ۵۸/۳۳ درصد در پتانسیل ۹- بار رسید. در تنش شدید (۹- بار)، طول گیاهچه کاهش چشم‌گیری نشان داد و مقدار آن از ۲۰/۷ سانتیمتر در تیمار شاهد به ۴/۱ سانتیمتر در تیمار ۹- بار رسید. بیشترین مقدار طول ریشه‌چه با مقدار ۹/۶ سانتی‌متر در تیمار ۳- بار و کمترین آن با ۲/۲ سانتی‌متر در تیمار ۹- بار ایجاد شد. طول ساقه‌چه نیز در تنش شدید خشکی از خود واکنش نشان داده و کاهش زیادی نسبت به تیمار شاهد داشته است در این مورد می‌توان گفت که پلی‌اتیلن گلایکول مانع طویل

شدن هیپوکتیل شده است. در مطالعه تاثیر پتانسیل اسمزی روی همه مولفه‌ها، تفاوت معنی‌داری میان شاهد و تیمار ۳- بار وجود نداشت، اگرچه بیشترین کاهش در تیمار ۹- بار مشاهده شد، اما در این پتانسیل هیچکدام از صفات مورد بررسی به صفر نرسید. ژنوتیپ های متحمل به تنش ارقامی هستند که با وجود داشتن میانگین های بالا برای شاخص‌های جوانه‌زنی با افزایش سطح خشکی، کاهش معنی‌داری نیز برای این صفات نداشته باشند. بنابراین همانطوریکه ملاحظه می‌گردد (جدول ۵) ژنوتیپ لرستان (۴-۱۱) در سطوح خشکی، رقم متحمل‌تری به شمار می‌آید. در مورد بذور شیراز (۵-۷) و تهران (۶۳)، همانطوریکه نتایج آزمایش نشان داد با افزایش تنش خشکی، در میانگین درصد جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری صورت می گیرد، بنابراین می‌توان گفت در شرایطی که احتمال تنش خشکی در مراحل جوانه‌زنی وجود دارد، بهتر است از این بذور استفاده نگردد، به دلیل اینکه این ارقام معمولا به تنش خشکی حساس می‌باشند. نتایج آزمایش نشان داد که در ژنوتیپ‌های تهران (۶۳) و لرستان (۴-۱۱) درصد جوانه‌زنی در سطح اسمزی ۳- و ۶- بار بیشتر از شاهد می‌باشد به‌طوری که اختلاف معنی‌داری با آن دارند (جدول ۵)، لذا چنین به نظر می‌رسد که در این ژنوتیپ‌ها در سطح شاهد، ابتدا درصد جوانه‌زنی بیشتر بوده ولی با گذشت زمان کاهش می‌یابد که این امر می تواند ناشی از کمبود اکسیژن باشد. معمولاً سطح اکسیژن اطراف بذر روی جذب آب مورد نیاز تاثیر نداشته ولی بر رشد بعدی تاثیر می‌گذارد، بطوریکه افزایش آب در اطراف بذر ممکن است مانعی برای انتشار اکسیژن باشد. بنابراین با افزایش روزهای جوانه‌زنی در بذور ارقام حساس به رطوبت، تحریک جوانه‌زنی کاهش یافته و به عبارت دیگر در این حالت تنش آب ماندگی بیشتر از تنش خشکی در کاهش جوانه‌زنی موثر خواهد بود، به‌طوریکه در این مورد در بذور حساس ژنوتیپ‌های تهران (۶۳) و لرستان (۴-۱۱) مشاهده گردید. البته در سطح اسمزی ۳- و ۶- بار میزان رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه نسبت به سطح شاهد کمتر بود، بنابراین بدلیل تنش خشکی بر رشد بعدی، شاید نتوان این ژنوتیپ‌ها را جزو ارقام متحمل به حساب آورد.

با توجه به آزمایشی که بر روی برخی گیاهان به ویژه زراعتی انجام شد، مشخص گردید که با افزایش تنش خشکی درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و نسبت این دو کاهش یافته است (۳، ۲۱). جوادی (۱۳۸۲) در مطالعه‌ای تحت عنوان اثر تنش خشکی بر روی جوانه‌زنی سه گونه مرتعی از جنس سالسولا، نتیجه گرفت که درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه با افزایش تنش خشکی کاهش می‌یابد. در مطالعه دیگری که توسط پارمر و مور[1] (۲۰۰۵) انجام شد که درصد جوانه‌زنی بذور ذرت با افزایش فشار اسمزی کاهش یافته است. رحیمیان و همکاران (۱۳۷۰) نیز در بررسی اثر درجه حرارت و پتانسیل‌های خشکی و شوری در ارقام مختلف گندم نتیجه گرفتند که کاهش پتانسیل آب موجب کاهش درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول و تعداد ریشه‌چه شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نیز روند کاهش درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه را همانند مطالعات بالا نشان می دهد. به‌طوری که کمترین مقدار جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه در تیمار ۹- بار و حداکثر این مقادیر در تیمار شاهد و تیمار ۳- بار مشاهده می‌شود. با توجه به مطالب ذکر شده علت وقوع این امر را می‌توان نتیجه افزایش غلظت محلول پلی اتیلن گلایکول و همچنین افزایش فشار و پتانسیل اسمزی محیط کشت دانست. که منجر به کاهش جذب آب توسط بذور شده و همچنین مانع از ادامه فعالیت های طبیعی گیاهچه می‌گردد. در طی تحقیقاتی که در زمینه مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی انجام شد، نتایج متفاوتی به دست آمده است. به‌طوری که برخی از گیاهان در مرحله جوانه‌زنی در برابر تنش خشکی مقاومت کمی از خود نشان داده و نسبت به آن حساس بوده‌اند، اما در مراحل دیگر رشد از خود مقاومت بیشتری نشان داده‌اند. همچنین برخی دیگر از گیاهان وجود داشته‌اند که نتیجه معکوسی نسبت به نتیجه ذکر شده در بالا از خود نشان داده‌اند، لذا صرف مقاومت به خشکی در مرحله جوانه‌زنی نمی‌تواند بیانگر مقاومت گیاه در مراحل دیگر رشد باشد. ولی به‌طور کلی در گیاهانی که دارای مقاومت و رشد بیشتر ریشه‌چه و ساقه‌چه در این مرحله باشند در مرحله گیاه‌چه و مراحل دیگر نیز مقاومت بیشتری به خشکی از خود نشان خواهند

[1] - Parmer & More

داد. در پایان قابل ذکر است با انجام این گونه تحقیقات در بخش‌های اجرایی مختلف می‌توان به افزایش آگاهی محققین و کمک به آن‌ها در زمینه شناخت بهتر از درجه مقاومت به خشکی هر یک از گونه‌های خشکی پسند با محدوده مقاومت به خشکی متفاوت در مناطق مختلف کشور، کمک به افزایش پوشش گیاهی پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک و در نهایت کمک به افزایش ذخیره علوفه‌ای مورد نیاز دام‌ها و همچنین کمک به حفاظت آب و خاک نام برد.

References

1. Agrawal, R.L., 2006. Seed technology. Oxford & IBH. Pulishing, 658pp.
2. Ahmadi, A. & D.A. Biker, 2000. Limiting photosynthetic factors of wheat in drought stress conditions, Agriculture science magazine in Iran, 31(4). (In Persian)
3. Bagheri Kamal, M., 1996. Study of effective physiological traits for evaluating of wheat Species that are resistant to drought stress, MSC thesis of agriculture faculty, Azadi Eslami university of Karaj. (In Persian)
4. Cellier, F., G. Conejero, J. Breitler & F. Casse, 2005. Molecularand physiological response to water deficit in drought-sensitive lines of sunflower. Plant physiology, 116: 319-328.
5. Emmerich, W.E. & S.P. Hardegree, 2007. Seed germination in polyethylene glycol solution. Effect of filter paper exclusion and water vapor loss. Crop Sci, 31:454-459
6. Fahimi, H., 1996. Plant growth regulators. Tehran University Publishers. (In Persian)
7. Fernandez, G. & M. Johnson, 2006. Seed vigor testing in lentil, bean and chickpea. Seed Sci. & Technol, 23:617-627.
8. Hoogenbom, G., M.G. Huck & C.M. Peterson, 2003. Agron. J. 79.607.
9. Jafari, M., 1996. Salinity and potassium relation as a way for salinity problems, Second symposium on desertification and various methods of desertification, Magazine number 175 in Research institute of Forests and Rangelands. (In Persian)
10. Javadi, M., 2003. Drought stress effect of three range species from *Salsola* genus in germination stage, MSC. Thesis of natural resource faculty of Tehran University. (In Persian)
11. Jiang, Y. & B. Huang, 2007. Osmotic adjustment and root growth associated with droght preconditioning enhanced heat tolerance in *Kentocky bluegrass*, Crop Sci, 41: 1168-1173.
12. Johenson, R.C. & L.M. Bassett, 2005. Carbon isotope discrimination and water use efficiency in four cool-season grasses. Crop Sci, 31: 157-162.
13. Jongdee, B., S. Fukai & M. Cooper, 2004. Field Crops Research, 79: 153-164.
14. Kuchaki, E. & M. Nasiri Mahalati, 1992. Ecology of agricultural plants, Vol 1, Plant and environmental relationships, Ferdowsi Mashhad University press, 291 p. (In Persian)
15. Kuchaki, E., A. Soltani & M. Azizi, 1995. Plant physiology, Mashhad university press. (In Persian)
16. Lahouti, M. & R. Rahimzadeh, 1986. Plant physiology, Vol 1, Astan ghods Razavi press, 591p. (In Persian)
17. Michel, B.E. & M.R. Kaufman, 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physio, 51:914-916.
18. Parmer, M.T. & R.P. More, 2005. Carbowax 6000, Maintol, Sodiumchloride for simulating drought condition in germination studies of corn (*Zea mays*) of strong and weak vigor. Agron. J, 192-195.
19. Peymanifar, B., 1996. Study of some bio ecology characteristics in arid and semi arid regions. The second symposium on desertification and various methods of desertification, Research institute of Forests and Rangelands. (In Persian)
20. Rahimian Aashhadi, H., A. Bagheri & A. Paryab, 1991. The effect of various degree of PEG and NACL with temperature to germination of wheat, Science and Agriculture Technology magazine, No 1, Agriculture faculty of Ferdousi. (In Persian)
21. Rahimi tanha, H., E. Majidi, & M. Shahbazi, 1998. Assessment of physiological and morphological indexes in salinity stress in *Sorghum*, Fifth symposium of agriculture of research institute of seed and plants. (In Persian)
22. Saeedian, F., 1994. Study of drought resistance and water use efficiency in two range species, Thesis of range management, MSC. Natural resource faculty of Tehran university. (In Persian)
23. Salardini, A.A., 1985. Soil and plant relationships, Tehran university press. (In Persian)
24. Sanadgol, A., 1992. Shrub plants in salt lands, Magazine number 93, Research institute of Forests and Rangelands. (In Persian)
25. Taiz, L. & E. Zeiger, 2006. Plant physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.
26. Takebe, M., T. Yoneyama, H. Inada & T. Murakami, 2001. Plant and Soil, 122- 295.
27. Tavili, A., 1997. Study of drought stress in three rangeland species, *Agropyron cristatum*, *Agropyron desertorum*, *Stipa barbata*, Range management MSC. Thesis, Natural resource faculty of Tehran university. (In Persian)
28. Volaire, F., G. Conejero & F. Leliever, 2007. Drought survival and dehydration tolerance in *Dactylis glomerata* and *Poa bulbosa*. Aust. J. Plant physiology, 28: 743-754.