

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

مجتبی اخوان ارمکی^{1*}، ملیکا هاشمی²، حسین آذرینوند³، محمد حسن عصاره⁴، علی اشرف جعفری⁵، علی طوبلی⁶

¹ دانشجوی دکتری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

mtakhavan@yahoo.com

² کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

³ استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

⁴ استاد مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران

⁵ دانشیار مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران

⁶ دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، تهران

تاریخ دریافت: 91/9/5

تاریخ پذیرش: 92/3/6

چکیده:

برای شناسایی شاخص‌های مقاومت به تنش در *Agropyron trichophorum* آزمایشی با چهار سطح مختلف پتانسیل‌های اسمزی حاصل از PEG 6000 شامل صفر، -3، -6 و -9 بار به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در محیط هیدروپونیک به اجرا درآمد. از ژنوتیپ‌های اراک (3755)، سمیرم (3-13) و فریدن (4007) 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 اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل 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 به طور قابل توجهی کاهش یافتند. این کاهش در تمامی صفات مورد ارزیابی در تغییر پتانسیل از -6 به -9 بار حداکثر بود. به طور کلی، در میان ارقام مورد آزمایش، ژنوتیپ اراک (3755) 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 trichophorum*، تنش خشکی، جوانه‌زنی.

مقدمه

تنش‌های محیطی، مخصوصاً تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولیدات گیاهی در دنیاست (پارمر و مور¹، 2008؛ تاکبه و همکاران، 2004). گیاهان در مقابل خشکی از طریق تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی در تمام اندام‌های خود عکس‌العمل نشان می‌دهند (باقری کمال، 1375). به طور کلی، گیاهچه‌های جوان مرتعی به خشکی حساس‌ترند و تفاوت‌های ژنتیکی در مقابله با خشکی ممکن است در گیاهچه آشکار شود و همین امر، فرصت مفیدی برای انتخاب است (سالاردینی، 1374 و سعیدیان، 1373). آب، اهمیت بسیار زیادی در رشد و نمو گیاهان دارد و بر توزیع و پراکندگی گونه‌های مختلف گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک تأثیر دارد (کوچکی و همکاران، 1376 و فهیمی، 1374). تنش کمبود آب هنگامی ایجاد می‌شود که رطوبت موجود در اطراف ریشه کمتر از نیاز آبی گیاه باشد (جانسون و باست²، 2009). با توجه به اینکه حساس‌ترین مرحله رشد یک گیاه، مرحله جوانه‌زنی و مرحله‌ای است که گیاه هنوز به صورت ساقچه کوچکی است، با موفقیت گذراندن این دوره، نقش مهمی را در مراحل دیگر استقرار گیاه خواهد داشت (پارمر و مور، 2008؛ هوگمبون و همکاران، 2006؛ تایز و همکاران، 2009).

جوانه‌زنی شامل پدیده‌ای است که در نتیجه آن، جنین از حالت سکون به حالت متابولیسمی فعال و سازنده تغییر شکل می‌دهد (جوگدی و همکاران³، 2002). از نظر فیزیولوژیکی، جوانه‌زنی فرآیندی است که با جذب آب توسط بذر آغاز می‌شود. آب عامل فعال‌کننده‌ای 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 تأثیر کمبود آب بر رشد و نمو گیاهان مرتعی انجام شده است (رحیمی تنها و همکاران، 1377؛ فرناندز و جانسون⁴، 2009؛ جیانگ و هانگ⁵، 2006).

این تحقیقات حاکی است که کاهش رشد به دلایل مختلفی حادث می‌شود. وقتی گیاهان به آب کافی دسترسی نداشته باشند، مقدار مواد بازدارنده رشد از جمله آبسزیک اسید، در گیاهان افزایش می‌یابد (گراندیلو و همکاران⁶، 2007). از طرفی، برخی از محققان (رحیمیان مشهدی و باقری، 1370) کاهش مقدار هورمون‌های محرک رشد مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها در گیاه را بر اثر کمبود آب گزارش کرده‌اند (رحیمی تنها و همکاران، 1377؛ امریج و هاردگری⁷، 2007).

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 (پیمانی‌فر، 1375؛ لاهوتی و رحیم‌زاده، 1365؛ گراندیلو و همکاران، 2007؛ میچل و کافمن⁸، 2007؛ پنیسی⁹، 2008) که لازم است در این زمینه، تحقیقات وسیع و دامنه‌داری صورت گیرد. ولر و همکاران¹⁰ (2009) 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 هانگ¹¹ (2006) به کاهش پتانسیل اسمزی گراس‌ها طی تنش گرمایی و خشکی اشاره کرده و سهم عمده این کاهش به دلیل افزایش مواد معدنی و آلی بوده است. جانسون و باست¹² (2009) یکی از عوامل مقاومت به خشکی خشکی را افزایش کارآبی مصرف آب (افزایش تولید به ازای آب مصرفی) در چهار گونه گراس فصل سرد تحت تنش خشکی معرفی کردند. جعفری (1374) نشان داد که تنش ملایم خشکی فتوسنتز را به طور عمده از طریق عوامل قابل برگشت روزنه‌ای کاهش می‌دهد. طویلی (1378) اثر خشکی را بر روی سه گونه مرتعی *Agropyron cristatum*، *Stipa barbata* و *Agropyron desertorum* تحت مطالعه قرار داد و نتیجه گرفت دو گونه *Agropyron*

5. Jiang & Huang
6. Grandillo & Tanksley & Zamir
7. Emmerich & Hardegree
8. Michel & Kaufman
9. Pennisi
10. Volaire *et al.*
11. Jiang & Hung
12. Johanson & Bassett

1. Parmer & More
2. Johanson & Bassett
3. Jongdee & Fukai & Cooper
4. Fernandez & Johnson

وزن اولیه هر کدام ثبت و در دمای توصیه شده 20 ± 1 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

1. تأثیر پلی‌اتیلن گلیکول بر درصد جوانه‌زنی:

در اثر پتانسیل اسمزی محیط بر درصد جوانه‌زنی، اختلاف معنی‌داری در سطح 1 درصد میان ارقام مشاهده شد (جدول 2). به طوری که بالاترین میانگین درصد جوانه‌زنی با 89 درصد مربوط به ژنوتیپ (اراک 3755) و پایین‌ترین درصد جوانه‌زنی در ژنوتیپ (سمیرم 3-13) با 75 درصد مشاهده شد (جدول 4).

2. تأثیر پتانسیل اسمزی بر سرعت جوانه‌زنی:

نتایج تجزیه واریانس، نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی است (جدول 2). با افزایش تنش خشکی، سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌ها به طور چشمگیری کاهش یافته است (جدول 3). مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی برای ژنوتیپ‌های مختلف نشان می‌دهد که بذور ژنوتیپ (اراک 3755) دارای کمیت بهتری برای شاخص سرعت جوانه‌زنی هستند. به طور کلی، در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، ژنوتیپ (فریدن 4007) از نظر سرعت جوانه‌زنی، ارزشی کمتر و اختلاف معنی‌داری با بقیه ژنوتیپ‌ها دارد (جدول 4).

3. میانگین طول کل گیاهچه:

نتایج تجزیه واریانس، نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار (در سطح 1 درصد) تنش خشکی بر طول گیاهچه بود (جدول 2). با افزایش تحمل به خشکی در گیاهان طول گیاهچه در اکوتیپ‌ها کاهش یافته است. مقایسه میانگین طول گیاهچه نشان می‌دهد که بذور ژنوتیپ (سمیرم 3-13) کمیت بهتری

از نظر مقاومت به خشکی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند، اما نسبت به گراس *Stipa barbata* از مقاومت بیشتری برخوردارند. دلیل انتخاب این گونه تولید علوفه قابل توجه و خوش‌خوراکی بالای آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. هدف از انجام این تحقیق، بررسی تحمل به خشکی سه رقم *Agropyron trichophorum* بر شاخص‌های جوانه‌زنی است تا بتوان گونه‌های مقاوم را شناخت و برای اصلاح و احیای مناطق خشک معرفی کرد.

مواد و روش‌ها

ژنوتیپ‌های مورد آزمایش عبارت بودند از: اراک 3755، سمیرم 3-13 و فریدن 4007. این آزمایش در آزمایشگاه بانک ژن مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع (طول جغرافیایی 51 درجه و 10 دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی 35 درجه و 44 دقیقه شمالی و ارتفاع 1320 متر از سطح دریا) در استان تهران انجام شد.

برای ارزیابی مقاومت به خشکی در مرحله جوانه‌زنی و ایجاد سطوح مختلف پتانسیل آب از پلی‌اتیلن گلیکول 6000 استفاده شد. طبق دستورالعمل میچل و کافمن پتانسیل‌های مختلف آب که عبارت بودند از: صفر، 3-، 6- و 9- بار طبق جدول (1) ایجاد گردید. برای ایجاد پتانسیل صفر بار از آب مقطر استفاده شد (کوچکی و نصیری، 1371).

جدول (1): نحوه ایجاد پتانسیل خشکی با استفاده از PEG 6000

نوع محلول (پتانسیل خشکی)	مقدار محلول	مقدار PEG 6000
3- بار	400 میلی لیتر	55/2 گرم
6- بار	400 میلی لیتر	75/6 گرم
9- بار	400 میلی لیتر	100/4 گرم

مجموعه پتری‌دیش‌ها و بستر بذر (کاغذ والتمن) در اتوکلاو استریل گردید. تعداد 20 عدد بذر به طور تصادفی برای هر پتری‌دیش انتخاب و پس از ضد عفونی به مدت 30 ثانیه با هیپوکلرید سدیم 10% و شستشو با آب مقطر، داخل پتری‌دیش‌ها منتقل شدند، سپس مقدار 7 میلی لیتر از محلول مربوط به هر کدام از آن‌ها اضافه شد. پتری‌دیش‌ها توزین و

دارند (جدول 4).

4. میانگین نسبت وزن خشک به تر گیاهچه:

نتایج تجزیه واریانس، نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار (در سطح 1 درصد) تنش خشکی بر نسبت وزن خشک به تر گیاهچه است (جدول 2). به طور کلی، با افزایش فشار اسمزی، نسبت وزن خشک به تر گیاهچه در ژنوتیپ‌های مورد آزمایش افزایش پیدا کرد.

5. تأثیر پتانسیل اسمزی بر شاخص بنيه بذر:

در اثر پتانسیل اسمزی محیط بر شاخص بنيه بذر، اختلاف معنی‌داری در سطح 1 درصد میان ارقام مشاهده شد (جدول 2). به طوری که بالاترین میانگین شاخص بنيه بذر با

شاخص (162/8) مربوط به ژنوتیپ (اراک 3755) و پایین‌ترین شاخص بنيه بذر در ژنوتیپ (فریدن 4007) با شاخص 128/7 مشاهده شد (جدول 4).

6. نسبت میانگین طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه:

نتایج تجزیه واریانس، نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار (در سطح 1 درصد) تنش خشکی بر نسبت میانگین طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه است (جدول 2). نسبت میانگین طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه برای ژنوتیپ‌های مختلف نشان می‌دهد که ژنوتیپ (فریدن 4007) دارای بالاترین میزان است (جدول 4).

جدول (2): نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات جوانه‌زنی

و رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های *Agropyron trichophorum* در سطوح مختلف تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه	طول گیاهچه	شاخص بنيه بذر	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	نسبت وزن خشک به تر گیاهچه
تیمار خشکی	3	902/2**	29/93**	18195**	7887**	0/5865**	49880**	44415**	0/077**	0/004**	0/066**
ژنوتیپ	2	665/3**	57/70**	4152**	118/6 ^{ns}	1/775**	3251**	5541**	0/048**	0/001**	0/033**
ژنوتیپ در خشکی	6	303/5**	4/69**	1003**	710/6**	0/625**	3014**	3006**	0/007**	0/0002**	0/007**
خطا	36	69/11	1/36	91/67	135/3	0/075	299/6	474	0/001	0/00005	0/0003
ضرب تغییرات		10/34	14/96	9/69	16/18	32/06	10/15	15/38	12/33	13/28	9/25

** = معنی‌دار در سطح 1 درصد * - معنی‌دار در سطح 5 درصد ns; غیر معنی‌دار

جدول (3): مقایسه میانگین‌های اثر سطوح خشکی برای صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های مختلف *Agropyron trichophorum*

تیمار خشکی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	نسب ریشه‌چه به ساقه‌چه	طول گیاهچه	شاخص بنيه بذر	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	به تر گیاهچه
شاهد	83/33 a	8/53 ab	135/8 a	90/49 a	0/666 b	226/3 a	188/3 a	0/371 a	0/044 b	0/120 d
3- بار	87/33 a	9/28 a	124 b	93/65 a	0/761 b	217/6 a	190/7 a	0/309 b	0/057 a	0/187 c
6- بار	83 a	7/73 b	84/45 c	64/56 b	0/821 b	149 b	123/9 b	0/247 c	0/057 a	0/240 b
9- بار	67/66 b	5/62 c	50/50 d	38/75 c	1/17 a	88/88 c	62/90 c	0/184 d	0/053 a	0/295 a

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن 5% از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

جدول (4): مقایسه میانگین‌های صفات مربوط به جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های *Agropyron trichophorum*

نام	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	نسب ریشه‌چه به ساقه‌چه	طول گیاهچه	شاخص بنيه بذر	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	به تر گیاهچه
اراک (3755)	89 a	9/59 a	112/7 a	68/72 a	0/602 b	181/4 a	162/8 a	0/341 a	0/058 a	0/188 b
سمیرم (3-13)	75 b	7/97 b	102/3 b	73/33 a	0/731 b	175/6 b	132/8 b	0/246 b	0/042 b	0/180 b
فریدن (4007)	78/50b	5/81 c	81/10 c	73/54 a	1/23 a	154/3 b	128/7 b	0/246 b	0/059 a	0/263 a

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن 5% از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

جدول (5): میانگین درصد جوانه‌زنی و شاخص حساسیت به خشکی درصد جوانه‌زنی

در سه ژنوتیپ *Agropyron trichophorum* در سطوح مختلف پتانسیل آب

منشأ بذر	0	-3 بار	-6 بار	-9 بار	تجزیه مرکب
اراک (3755)	92ab	96a	87ca	75cb	87/50 a
سمیرم (3-13)	83ca	73cd	73cd	71cd	75 b
فریدن (4007)	75cb	93a	89ca	57d	78/50b

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن 5% از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که ملاحظه گردید (جدول 5)، ژنوتیپ اراک (3755) در سطوح خشکی، رقم متحمل‌تری به شمار می‌آید. در مورد بذور سمیرم 13.3 و فریدن 4007، همان‌طور که نتایج آزمایش نشان داد، با افزایش تنش خشکی، در میانگین درصد جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری صورت می‌گیرد؛ 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 معمولاً به تنش خشکی حساس‌اند. با توجه به آزمایشی که بر روی برخی گیاهان به‌ویژه زراعتی انجام شده است، مشخص گردید که با افزایش تنش خشکی درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و نسبت این دو کاهش یافته است (1 و 2). جوادی (1382) 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 مور¹ (2008) انجام شد، درصد جوانه‌زنی بذور ذرت با افزایش فشار اسمزی کاهش یافت. رحیمیان و همکاران (1370) 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 می‌دهد. به طوری که

کمترین مقدار جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه در تیمار 9- بار و حداکثر این مقادیر در تیمار شاهد و تیمار 3- بار مشاهده می‌شود. با توجه به مطالب ذکر شده، علت وقوع این امر را می‌توان نتیجه افزایش غلظت محلول پلی اتیلن گلیکول و همچنین افزایش فشار و پتانسیل اسمزی محیط کشت دانست که منجر به کاهش جذب آب توسط بذور شده و همچنین مانع از ادامه فعالیت‌های طبیعی گیاهچه می‌گردد. در طی تحقیقاتی که در زمینه مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی انجام شد، نتایج متفاوتی به دست آمده است. به طوری 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 به طور 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 داد. در پایان آنچه اهمیت دارد، توجه به این امر است که تحقیق حاضر در شرایط آزمایشگاهی انجام شده و نتایج حاصل از آن بیشتر در شرایط آزمایشگاهی قابل استناد است و برای آگاهی از چگونگی عکس‌العمل آن‌ها به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی در عرصه‌های طبیعی، لازم است که همانند آزمایش فوق در شرایط طبیعی و در مناطق مختلف انجام شود تا با نتایج به دست آمده بتوان مقاوم‌ترین گونه را در این مرحله معرفی کرد.

1. Parmer & More

منابع

14. لاهوتی، م، رحیم‌زاده، ر، 1365. فیزیولوژی گیاهی، انتشارات آستان قدس رضوی، 591 ص.
15. Agrawal, R.L. 2003. Seed technology. Oxford & IBH.Pulishing 658pp.
16. Cellier, F. Conejero, G. Breitler, J., and Casse, F, 2008; Molecular and physiological response to water deficit in drought-sensitive lines of sunflower. *Plant physiology*. 116: (319-328).
17. Emmerich, W.E. and S. P.Hardegree.2007. Seed germination in polyethylene glycol solution. Effect of filter paper exclusion and water vapor loss. *Crop Science*. 31:454-458.
18. Fernandez, G.and M. JOHNSON. 2009. Seed vigor testing in lentil, bean and chickpea. *Seed Sci. & Technol*. 23:617-627.
19. Grandillo, S., Tanksley, SD., Zamir, D., 2007. Exploitation of natural biodiversity through genomics. In: Varshney, RK., Tubersa (eds). *Genomics-assisted crop improvement, vol 1: genomics approaches and platforms*. Springer, Dordrecht, pp 121-150
20. Hoogenbom, G., Huck, M. G. and Peterson, C. M., *Agron. Journal*. 79.607(2006).
21. Jiang, Y., & B. Huang 2006. Osmotic adjustment and root growth associated with drought preconditioning enhanced heat tolerance in Kentucky bluegrass, *Crop Sci*. 41: 1168-1173.
22. Johenson, R. C., and L. M., Bassett, 2009. Carbon isotope discrimination and water use efficiency in four cool-season grasses. *Crop Sci*. 31: 157-162.
23. Jongdee, B., Fukai, S.,and Cooper, M., *Field Crops Research*, 79, 153 (2002).
24. Michel, B.E. and M.R. Kaufman. 2007. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physio*. 51:914-916.
25. Parmer, M. T& R.P. More. 2008. Carbowax 6000, Maintol, Sodiumchloride for simulating drought condition in germination studies of corn (*Zea mays*) of strong and weak vigor. *Agron. J*. P.192-195.
26. Pennisi, E., 2008. The blue revolution, drop-by-drop, gene by gene. *Science*. Doi: 10. 1126. *Science*. 320: 5873.171
27. Taiz, L. and Zeiger, E. *Plant physiology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc (2009).
28. Takebe, M., Yoneyama, T., Inada, H. and Murakami, T., *Plant and Soil*, 122, 295 (2004).
29. Volaire, F., Conejero, G. and Leliever, F., 2009; Drought survival and dehydration tolerance in *Dactylis glomerata* and *Poa bulbosa*. *Aust. J. Plant physiology*., 28: 743-754.
1. باقری کمال، م، 1375، مطالعه فیزیولوژی برخی از گونه‌های گندمیان در مقابل تنش خشکی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
2. پیمانی فر، ب، 1375، مطالعه خصوصیات اکولوژیکی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، دومین سمینار بیابان‌زایی و راه‌های مقابله با آن، مؤسسه تحقیقات جنگل و مرتع، شماره 175.
3. جعفری، م، 1374، رابطه بین پتاسیم و شوری به عنوان راه حلی برای مشکلات شوری، دومین سمینار بیابان‌زایی و راه‌های مقابله با آن، مؤسسه تحقیقات جنگل و مرتع، شماره 175.
4. جوادی، م، 1382، تأثیر تنش خشکی بر روی سه گونه مرتعی از جنس *Salsola* در مرحله جوانه‌زنی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.
5. رحیمیان مشهدی، ح، باقری، ا، 1370، «تأثیر تنش خشکی و شوری بر جوانه‌زنی چند گونه گرامینه»، مجله علوم و تکنولوژی کشاورزی، جلد اول، دانشکده کشاورزی فردوسی.
6. رحیمی تنها، ح، مجیدی، ع، شهبازی، م، 1377، بررسی شاخص‌های مورفولوژی و فیزیولوژی گونه *Sorghum* در تنش خشکی، پنجمین سمینار کشاورزی، مؤسسه تحقیقات گیاه و بذر.
7. سالاردینی، آ، 1374، رابطه خاک و گیاه، انتشارات دانشگاه تهران.
8. سعیدیان، ف، 1373، مطالعه تنش خشکی بر روی دو گونه مرتعی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
9. سندگل، آ، 1371، گیاهان بوته‌ای در زمین‌های شور، مجله مؤسسه تحقیقات جنگل و مرتع، سال هفتم، شماره 93، صفحه 25.14
10. طولی، آ، 1376، مطالعه تنش خشکی در سه گونه مرتعی *Agropyron cristatum*, *Agropyron desertorum*, *Stipa barbata*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
11. فهیمی، ح، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، انتشارات دانشگاه تهران، 1374.
12. کوچکی، ع، سلطانی، ا، عزیزی، م، 1376، اکوفیزیولوژی گیاهی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، 271 ص.
13. کوچکی، ع، نصیری مشهدی، م، 1371، اکولوژی گیاهان کشاورزی، رابطه گیاه و محیط، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، 291 ص.