

بررسی اثر تنش خشکی و شرایط رطوبتی گیاه مادری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*)

احمد نظامی^{۱*}، حمیدرضا خزاغی^۲، علیرضا برجسته^۳، اسکندر زند^۴

۱. استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲. استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳. دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه فردوسی مشهد

۴. استاد پژوهش موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۳۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۰)

چکیده

با توجه به تاثیر شرایط محیطی حاکم بر گیاه مادری در زمان تشکیل بذر بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و اهمیت این مرحله در استقرار علف هرز، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی به منظور بررسی اثر تنش خشکی (پتانسیل‌های صفر، -۰/۲، -۰/۴، -۰/۸ و -۱ مگاپاسکال) بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذور یولاف وحشی تولید شده تحت رژیم‌های آبیاری (تامین ۱۰۰٪، ۸۰٪ و ۶۰٪ نیاز آبی گندم از مرحله ساقه رفتن گندم تا انتهای فصل رشد)، در مرکز تحقیقات کشاورزی شاهرود اجرا گردید. نتایج آزمایش بیانگر اثر معنی‌داری رژیم آبیاری حاکم بر گیاه مادری و تنش خشکی در زمان جوانه‌زنی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه یولاف بود. با کاهش پتانسیل آب به ۱- مگاپاسکال در تمامی رژیم‌های آبیاری، خصوصیات جوانه‌زنی کاهش یافت. بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه در این پتانسیل آب مربوط به رژیم آبیاری تامین ۶۰٪ نیاز آبی بود و کمترین وزن خشک ساقه‌چه مربوط به تیمارهای رژیم آبیاری ۶۰ و ۸۰٪ نیاز آبی مشاهده شد. کاهش بیشتر طول و وزن خشک ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه حاکی از حساسیت بیشتر آن به کاهش پتانسیل آب بود. گیاهچه‌های حاصل از بذوری که در پتانسیل‌های آب بیشتر از -۰/۴ مگاپاسکال جوانه زدند، وزن خشک و سطح برگ کمتری داشتند. نتایج آزمایش نشان داد که وجود تنش خشکی در زمان تشکیل بذر سبب تغییر معنی‌دار جوانه‌زنی بذور یولاف در شرایط تنش خشکی می‌گردد.

کلمات کلیدی: کم آبیاری، پتانسیل آبی، ریشه‌چه، ساقه‌چه، سرعت جوانه‌زنی

Effect of drought stress and maternal growth conditions on germination and seedling growth of wild oat (*Avena ludoviciana*)

Ahmad Nezami^{1*}, Hamid Reza Khazaie², Ali Reza Barjasteh³, Eskandar Zand⁴

1. Professors in Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2. Professors in Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3. Ph.D. Student in Crop Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

4. Professors in Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

(Received: 20.Sep.2016 - Accepted: 28.Feb.2017)

Abstract

Because of the importance of the role of maternal environment during seed development on germination of produced seed and seedling establishment an experiment in a randomized complete block design base as a factorial was conducted to evaluate effects of drought stress (0.0, -0.2, -0.4, -0.8 and -1 MPa) on germination and seedling growth characteristics of wild oat seed production under different irrigation regime (100,80 and 60 percentage of water requirement of wheat from stem elongation stage to the end of growth season) in Shahrood Agriculture research center. According to the results, maternal irrigation regime, drought stress and interaction effects between them had significant effect on germination and seedling characteristics of wild oat. The results showed that germination characteristics were decreased significantly with decrease of water potential to -1 MPa. The highest rate and percentage of germination and radicle length in this water potential was related to irrigation regime of 60% water requirement and the least of plumule dry weight was related to irrigation regime of 60 and 80% water requirement. Length and dry weight of plumule decreased more than those of radicle under drought stress conditions and showed greater sensitivity to reduced water potential. Lower dry weight and green area was observed in seedling that germinated at water potential more than -0.4 MPa. The results showed that drought stress during the seed formation caused significant changes in response of wild oat germination under stress condition

Key Words: Water deficit, Water potential, Radicle, Plumule, Germination rate

* Email: nezami@um.ac.ir

پتانسیل اسمزی سبب کاهش درصد جوانه‌زنی می‌گردد اما شدت کاهش جوانه‌زنی با توجه به گونه علف‌هرز متفاوت است. علاوه بر شرایط موجود در زمان جوانه‌زنی، شرایط محیطی که گیاهان (گیاه مادری) در طی دوره تکامل بذر با آن مواجه می‌شوند نیز می‌تواند در بسیاری از گونه‌ها، جوانه‌زنی بذر را تحت تاثیر قرار دهد (Andersson and Milberg, 1998; Steadman *et al.*, 2004; Chauhan *et al.*, 2006; Donohue, 2009; Gorecki *et al.*, 2012; Williams *et al.*, 2012). در طی دوره تشکیل بذر، مواد غذایی، هورمون‌ها، پروتئین‌ها و فاکتورهای نسخه برداری که متابولیسم بذر و بیان ژن را در بذر تحت تاثیر قرار می‌دهند، توسط گیاه مادری ساخته و به بذر منتقل می‌گردد (Donohue, 2009). فرآیندهای درگیر در ساخت و انتقال این مواد به بذر، می‌تواند به وسیله عوامل محیطی نظیر فتوپریود، درجه حرارت، فراهمی آب و مواد غذایی دچار تغییر گردد و در نهایت میزان جوانه‌زنی و خواب بذر تغییر می‌کند (Donohue, 2009; Fenner, 1991; Gutterman, 2000).

یولاف وحشی یکی از مهمترین علف‌های هرز خسارت‌زا در مزارع غلات دانه‌ریز می‌باشد که علاوه بر کاهش عملکرد، هزینه قابل توجهی صرف مبارزه شیمیایی با آن می‌شود. مصرف گسترده علفکش‌ها برای کنترل این علف‌هرز منجر به پیدایش توده‌های مقاوم به علفکش گردیده است (Beckie *et al.*, 2008) که کنترل آن را با مشکل مواجه ساخته است و به همین دلیل توجه به سایر روش‌های مدیریتی برای کاهش خسارت این علف‌هرز ضروری می‌باشد. تنش خشکی بواسطه تاثیرش بر رشد و نمو گیاهچه، می‌تواند بر قدرت رقابت علف‌های هرز نیز موثر باشد، بنابراین کسب اطلاعات بیشتر در مورد اثر فراهمی آب روی الگوی جوانه‌زنی، خواب و سبز شدن علف‌های هرز، در تهیه برنامه مناسب مدیریتی، نقش بسزایی دارد (Meyer *et al.*, 2000; Martinson *et al.*, 2007; Batlla and Benech-Arnold, 2007; Schutte *et al.*, 2008) چرا که جوانه‌زنی همزمان به کاهش بانک بذر خاک و کنترل مناسب‌تر، پایدارتر و ارزان‌تر منجر می‌گردد. هدف از این تحقیق بررسی اثر تنش خشکی روی جوانه‌زنی

مقدمه

جوانه‌زنی از مراحل حساس و بحرانی در چرخه زندگی گیاهان است که نقش تعیین کننده‌ای در استقرار مناسب گیاهچه و به دنبال آن رشد و نمو موفقیت‌آمیز گیاه در مراحل بعدی رشد دارد. از میان عوامل محیطی موثر در جوانه‌زنی بذر مانند نور، دما، رطوبت خاک و ...، میزان پتانسیل آب در خاک بواسطه نقشی که در جذب آب توسط بذر و فرآیند آماس بذر دارد، یکی از عوامل اصلی فعال کننده جوانه‌زنی است. جذب آب اولین مرحله جوانه‌زنی است که برای انجام فعالیت آنزیم‌ها، تجزیه، انتقال و استفاده از مواد ذخیره‌ای بذر لازم است. بنابراین فراهمی آب کافی برای جوانه‌زنی و توسعه بعدی بذر در حال جوانه‌زنی لازم است (Finch-Savage and Leubner-Metzger, 2006).

قابلیت دسترسی به آب با کاهش پتانسیل اسمزی کاهش می‌یابد. پتانسیل آب خاک، بر سرعت جذب آب و در نتیجه جوانه‌زنی گیاه، تاثیر مستقیمی دارد (Rahimian-Mashhadi *et al.*, 1991). کاهش پتانسیل آب خاک ناشی از تنش خشکی، در جذب آب بوسیله بذر و در نتیجه قابلیت جوانه‌زنی اختلال ایجاد می‌کند. معمولاً سرعت جوانه‌زنی به طور خطی با قابلیت دسترسی به آب افزایش می‌یابد (Guertke *et al.*, 2004) و درصد جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب کاهش می‌یابد (Grundy *et al.*, 2000).

جوانه‌زنی در استقرار موفقیت‌آمیز و به طبع آن بقا یک علف‌هرز در بوم نظام زراعی اهمیت ویژه‌ای دارد. وجود تنش خشکی در زمان جوانه‌زنی بذر به سبب ناکافی بودن رطوبت لازم برای جوانه‌زنی در محیط خاک می‌تواند سبب کاهش سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی گردد و از این طریق منجر به عدم استقرار مطلوب گیاهچه در این شرایط گردد. بوید و آکر (Boyd and Acker, 2004) گزارش کردند که کاهش

پتری دیش شش میلی لیتر آب مقطر و یا محلول‌های تهیه شده با غلظت‌های مختلف PEG برای اعمال تیمارهای تنش خشکی به نحوی اضافه شد که کاغذ صافی کاملاً به محلول آغشته گردید و درب پتری دیش‌ها توسط پارافیلیم بسته و به ژرمیناتوری با دمای ۱۵ درجه سانتیگراد و شرایط تاریکی (۲۴ ساعت) منتقل شدند. شمارش روزانه بذور جوانه‌زده یولاف پس از گذشت ۲۴ ساعت از زمان شروع آزمایش به صورت روزانه و در زمان یکسانی از روز تا انتهای آزمایش صورت می‌گرفت و معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به اندازه دو میلی متر یا بیشتر بود. شمارش تا زمانی که تعداد بذور جوانه‌زده تا سه روز متوالی ثابت بود، ادامه یافت. درصد جوانه‌زنی نهایی بر اساس رابطه ۲ تعیین گردید:

$$GP = \frac{Ng}{Nt} \cdot 100 \quad (2)$$

که در آن GP درصد جوانه‌زنی، Ng تعداد بذورهای جوانه‌زده و Nt تعداد کل بذرها می‌باشند. به منظور اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی بذور از روش ماگویر و از رابطه ۳ استفاده شد (Mojab et al., 2010):

$$RS = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_i} \quad (3)$$

که در آن RS سرعت جوانه‌زنی ماگویر (تعداد بذور در روز)، S_i تعداد بذور جوانه‌زده در شمارش i ام و D_i تعداد روز تا شمارش i ام می‌باشد. در پایان آزمایش با استفاده از پنج نمونه تصادفی از هر تیمار، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند و پس از آن با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ده هزارم گرم وزن خشک نمونه‌ها تعیین گردید. به منظور بررسی اثر تیمارهای آزمایش روی رشد گیاهچه یولاف، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. به همین منظور ۱۰ عدد از بذور جوانه‌زده هر واحد آزمایشی تست جوانه‌زنی به گلدان‌هایی با قطر

بذور یولاف وحشی تولید شده تحت شرایط مختلف فراهمی آب است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش خشکی روی گیاه مادری و همچنین اثر تنش خشکی در زمان جوانه زنی بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه یولاف وحشی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل و چهار تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود) اجرا شد. عامل اول شامل پنج سطح تنش خشکی شامل صفر، $-0/2$ ، $-0/4$ ، $-0/8$ و -1 مگا پاسکال حاصل از پلی اتیلن گلایکول (PEG) ۶۰۰۰ و عامل دوم شامل سه توده بذر یولاف وحشی حاصل از آزمایش مزرعه‌ای بررسی اثر تنش خشکی و تراکم یولاف وحشی بر رقابت گندم و یولاف وحشی و تاثیر آن بر توانایی جوانه زنی بذور یولاف وحشی تولیدی بود که به تفکیک تیمارها (رژیم آبیاری معادل ۱۰۰٪، ۸۰٪ و ۶۰٪ نیاز آبی گندم از مرحله ساقه رفتن گندم تا انتهای فصل رشد) جمع آوری گردید. به منظور تهیه پتانسیل‌های مختلف اسمزی از روش میشل و کافمن (Michel and Kaufman, 1973) استفاده گردید (رابطه ۱):

$$\Psi = - (1.18 \times 10^{-2}) C - (1.18 \times 10^{-4}) C^2 + (2.67 \times 10^{-4}) CT + (8.39 \times 10^{-7}) C^2 T \quad (1)$$

در این رابطه Ψ پتانسیل اسمزی بر حسب بار، C مقدار پلی اتیلن گلایکول بر حسب گرم بر لیتر و T دما بر حسب درجه سانتیگراد می‌باشد.

در ابتدا پوشینه‌های روی بذر با دقت جدا شده و به مدت یک دقیقه با محلول ۱۰٪ هیپوکلرید سدیم ضد عفونی و سپس سه نوبت با آب مقطر، آبشویی شدند. برای آزمون جوانه زنی تعداد ۱۵ عدد بذر سالم یولاف انتخاب و در پتری دیش‌های ۹ سانتی متری حاوی کاغذ صافی واتمن که قبلاً در آون با دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه ضد عفونی شده بودند، قرار داده شد. به هر

کاهش پتانسیل آب از صفر تا ۰/۴ - مگاپاسکال در هر سطح تنش خشکی، جوانه‌زنی بذور تولیدی در هر سه رژیم آبیاری تحت تاثیر تنش خشکی قرار نگرفت اما با افزایش شدت تنش خشکی به ۱- مگاپاسکال، درصد جوانه‌زنی بذور تولیدی در رژیم‌های رطوبتی تامین ۸۰ و ۱۰۰٪ نیاز آبی به طور معنی‌داری (به ترتیب ۳۹ و ۴۸ درصد) نسبت به رژیم رطوبتی تامین ۶۰٪ نیاز آبی، کاهش یافت (جدول ۲). این کاهش جوانه‌زنی در رژیم آبیاری تامین ۶۰٪ نیاز آبی، کمتر از ۱۰ درصد بود (شکل ۱). کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به پتانسیل آب ۱- مگاپاسکال و رژیم آبیاری تامین ۱۰۰٪ نیاز آبی بود.

پتن و همکاران (Patane *et al.*, 2013) در بررسی تاثیر تنش خشکی و شوری روی جوانه‌زنی دو رقم سورگوم شیرین گزارش کردند که کاهش پتانسیل آب تا ۰/۶ - مگاپاسکال تاثیری روی درصد جوانه‌زنی نداشت اما کاهش پتانسیل آب به ۱- مگاپاسکال سبب کاهش ۲۳ تا ۳۷ درصدی جوانه‌زنی ارقام سورگوم شیرین گردید. بوید و آکر (Boyd and Acker, 2004) نیز کاهش درصد جوانه‌زنی یولاف در اثر کاهش پتانسیل آب را گزارش کردند.

۲۰ سانتیمتر که با مخلوطی از خاک مزرعه، ماسه و کود دامی پوسیده (به نسبت ۲:۱:۱) پر شده بودند، منتقل گردیدند. شرایط دمایی گلخانه به صورت ۲۰/۱۵ درجه سانتیگراد و به مدت ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی تنظیم شد. تعداد گیاهچه‌های سبز شده به صورت روزانه شمارش شد و در نهایت در مرحله چهار برگی، سه بوته از هر گلدان برای تعیین وزن خشک و سطح سبز گیاهچه برداشت گردید.

تجزیه و تحلیل آماری نتایج با استفاده از برنامه آماری SAS (9.1) صورت گرفت و به علت معنی‌دار شدن اثر متقابل رژیم آبیاری حاکم بر گیاه مادری با تنش خشکی در زمان جوانه‌زنی بذور در مورد صفات مورد بررسی، جهت مقایسات میانگین برهمکنش اثر عوامل مورد بررسی از روش برش دهی اثرات متقابل (Slicing) استفاده شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: اثر تنش خشکی و رژیم‌های آبیاری حاکم بر گیاه مادری و برهمکنش آنها بر درصد جوانه‌زنی بذور یولاف وحشی معنی‌دار بود (جدول ۱). با

جدول ۱- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات اثر رژیم آبیاری و سطوح تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی یولاف

Table 1- Source of variation, degree of freedom and Mean Squares of irrigation regime and drought stress levels on germination traits of wild oat

منبع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ساقچه Plumule length	وزن خشک ساقچه Plumule dry weight	طول ریشه‌چه Radicle length	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight
S.O.V	df						
رژیم آبیاری Irrigation regime (I.R)	2	1656.29 **	4.740 *	2.295 *	1.22 *	3.154 *	0.162 *
تنش خشکی Drought stress (D.S)	4	2034.07 **	37.692 *	65.435 *	26.7 *	117.71 *	2.849 *
رژیم آبیاری × تنش خشکی D.S × I.R	8	325.74 **	0.953 *	0.507 *	0.18 *	1.097 *	0.04 *
Error	45	59.75	0.209	0.153	0.06	0.4023	0.01
C.V		8.76	10.25	14.255	10.67	14.768	12.067

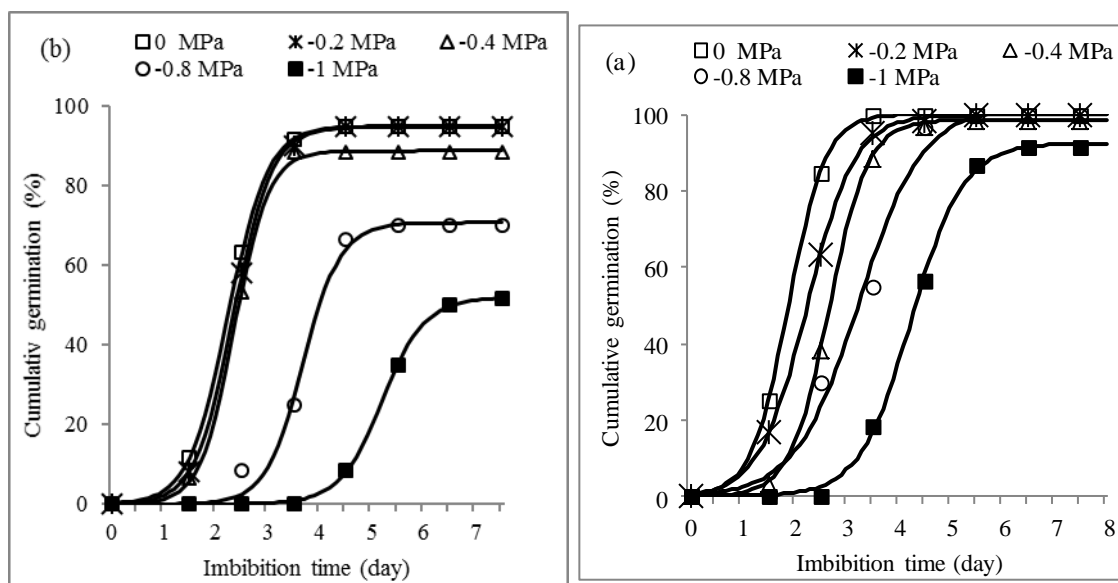
ns* و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns,* and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۲- مقایسات میانگین صفات مورد مطالعه در رژیم‌های آبیاری تحت تاثیر تنش خشکی

Table 2- Mean comparison of the studied traits in irrigation regimes affected by drought stress

صفات Traits	رژیم آبیاری Irrigation regime	سطوح خشکی (مگاپاسکال)									
		Drought levels (MPa)									
		0.0		- 0.2		- 0.4		- 0.8		- 1	
درصد جوانه زنی (%) Germination percentage (%)	۶۰٪ نیاز آبی 60% of W.R ¹	100	a	100	a	98.33	ab	100	a	91.67	ab
	۸۰٪ نیاز آبی 80% of W.R	100	a	98.33	ab	98.33	ab	75	c	61	de
	۱۰۰٪ نیاز آبی 100% of W.R	95	ab	95	ab	88.33	b	70	cd	51.67	e
سرعت جوانه زنی (بذر در روز) Germination rate (Seed per day)	۶۰٪ نیاز آبی 60% of W.R	6.742	a	5.98	bc	4.899	ef	4.351	f	2.997	g
	۸۰٪ نیاز آبی 80% of W.R	6.178	a	5.871	bc	5.48	cde	2.704	g	1.669	h
	۱۰۰٪ نیاز آبی 100% of W.R	5.592	a	5.525	cde	4.966	def	2.694	g	1.384	h
طول ریشه‌چه (سانتی متر) Radicle length (cm)	۶۰٪ نیاز آبی 60% of W.R	8.795	a	6.755	bc	3.255	ef	2.41	fg	1.5	h
	۸۰٪ نیاز آبی 80% of W.R	7.21	b	6.19	c	3.649	de	1.65	gh	0.486	i
	۱۰۰٪ نیاز آبی 100% of W.R	8.645	a	7.255	b	4.355	d	1.865	gh	0.405	i
وزن خشک ریشه‌چه (میلی گرم) Radicle dry weight (mgr.)	۶۰٪ نیاز آبی 60% of W.R	0.00157	a	0.00163	a	0.123	c	0.00074	e	0.00041	gh
	۸۰٪ نیاز آبی 80% of W.R	0.0015	ab	0.00133	bc	0.001	d	0.00065	ef	0.00036	h
	۱۰۰٪ نیاز آبی 100% of W.R	0.00157	a	0.00128	c	0.00094	d	0.00049	fg	0.00047	gh
درصد سبز گیاهچه (%) Seedling emergence percentage (%)	۶۰٪ نیاز آبی 60% of W.R	100	a	100	a	100	a	100	a	100	a
	۸۰٪ نیاز آبی 80% of W.R	100	a	100	a	100	a	100	a	100	a
	۱۰۰٪ نیاز آبی 100% of W.R	100	a	100	a	100	a	95	b	87.5	c



شکل ۱- تاثیر سطوح تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی (تجمعی) در رژیم‌های آبیاری تامین ۶۰ (a) و ۱۰۰٪ (b) نیاز آبی

Table 1- Effect of drought stress levels on germination percentage (cumulative) in irrigation regimes supply of 60 (a) and 100% (b) water requirement

دانست.

هرمن و سلطان (Herman and Sultan, 2011) معتقدند که عکس العمل گیاهان به شرایط محیطی تنها محدود به تغییرات تکاملی و فیزیولوژیکی در آنها نمی‌گردد بلکه در نتاج آنها نیز تغییراتی بوجود می‌آید. این تغییرات که می‌تواند در جهت سازگاری نتاج با محیط باشد از طرق مختلفی مانند تغییر مقدار و ترکیب مواد ذخیره‌ای، پروتئین‌ها، هورمون‌ها و تغییرات اپیژنیک (epigenetic) مثل متیلاسیون شدن دی. ان. ای. (DNA methylation) صورت می‌گیرد. این تغییرات پیچیده ممکن است بوسیله تغییرات ناشی از شرایط حاکم بر گیاه مادری، در ذخایر mRNA بذر که فرآیندهای اولیه جوانه‌زنی بذر را کنترل می‌کند، توضیح داده شود (Rajjou *et al.*, 2012).

سرعت جوانه زنی: اثر تنش خشکی و رژیم آبیاری حاکم بر گیاه مادری و برهمکنش آنها بر سرعت جوانه زنی نیز معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمارهای پتانسیل آب صفر مگاپاسکال و رژیم

چوهان و همکاران (Chauhan *et al.*, 2006) در بررسی تاثیر تنش خشکی روی جوانه‌زنی علف‌هرز چچم (*Lolium rigidum*) گزارش کردند که با افزایش پتانسیل اسمزی محیط جوانه زنی از صفر به -۱ مگاپاسکال، جوانه زنی این علف‌هرز به صورت خطی کاهش پیدا کرد اما حتی در پتانسیل -۱ مگاپاسکال نیز حدود هشت درصد بذر جوانه زدند. مقایسه روند تجمعی جوانه‌زنی تحت تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی در رژیم آبیاری ۶۰ و ۱۰۰٪ نیاز آبی نشان داد که بدوری که در شرایط تنش خشکی تشکیل شده‌اند، علاوه بر توانایی جوانه‌زنی بیشتر، از فاز تاخیری کوتاه‌تر و یکنواختی جوانه زنی بیشتری (زمان لازم برای حداکثر جوانه زنی) نیز در شرایط محدودیت رطوبتی (پتانسیل آب ۰/۸- و -۱ مگاپاسکال) برخوردار بودند (شکل ۱). این توانایی را می‌توان ناشی از القای نوعی سازگاری در بذرها از طریق تغییرات در مواد ذخیره‌ای ناشی از مواجه شدن گیاه مادری با تنش خشکی در زمان تولید بذر، به منظور ایجاد آمادگی بذر برای جوانه‌زنی در شرایط محیطی نامساعد مشابه، در آینده

درصد جوانه‌زنی بالاتر، خصوصاً در شرایط نامساعد محیطی اهمیت ویژه‌ای در استقرار و افزایش توان رقابتی علف‌های هرز در مزرعه دارد.

رشد و ریشه‌چه: نتایج نشان داد اثر تنش خشکی، رژیم آبیاری حاکم بر گیاه مادری و برهمکنش آنها بر رشد ریشه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۱). روند تغییرات طول و وزن خشک ریشه‌چه در اثر افزایش شدت تنش خشکی در تمامی رژیم‌های آبیاری یکسان بود. با افزایش شدت تنش، روند کاهش طول و وزن خشک ریشه‌چه از پتانسیل آب ۰/۲- مگاپاسکال شروع گردید. کمترین طول ریشه‌چه مربوط به تیمارهای رژیم آبیاری تامین ۸۰ و ۱۰۰٪ نیاز آبی در پتانسیل آب ۱- مگاپاسکال بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار رژیم آبیاری ۶۰٪ در همین پتانسیل آبی داشت (جدول ۲).

روند تغییرات وزن خشک ریشه‌چه با افزایش شدت تنش مشابه تغییرات طول ریشه‌چه بود. در تمامی سطوح رژیم آبیاری این روند کاهش از پتانسیل آب ۰/۲- مگاپاسکال آغاز گردید و بیشترین کاهش در پتانسیل آب ۱- مگاپاسکال مشاهده شد هر چند میان تیمارهای رژیم آبیاری در پتانسیل آب ۱- مگاپاسکال تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). حسینی و همکاران (Hossaini et al., 2008) با بررسی اثر سطوح مختلف پتانسیل آب بر جوانه‌زنی *Hordeum spontaneum* گزارش کردند که با کاهش پتانسیل آب، طول و وزن تر ریشه‌چه نسبت به شاهد بدون تنش کاهش معنی‌داری یافت.

مقایسه روند تغییرات طول و وزن خشک ریشه‌چه با کاهش پتانسیل آب (در هر سه رژیم آبیاری) نشان داد که در اثر افزایش شدت تنش خشکی، کاهش طول ریشه‌چه در مقایسه با وزن خشک ریشه‌چه بیشتر بود. کاهش پتانسیل آب به ۱- مگاپاسکال، سبب کاهش ۹۰ درصدی طول ریشه‌چه (میانگین رژیم‌های آبیاری) در مقابل کاهش ۸۵ درصدی وزن خشک ریشه‌چه (میانگین رژیم‌های آبیاری) نسبت به شاهد بدون تنش گردید (جدول ۲).

آبیاری تامین ۶۰ و ۸۰٪ نیاز آبی و کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمارهای پتانسیل آب ۱- مگاپاسکال و رژیم آبیاری تامین ۸۰ و ۱۰۰٪ نیاز آبی بود (جدول ۲). کاهش پتانسیل آب تا ۰/۴- مگاپاسکال تاثیر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی بذور یولاف تولیدی در هیچ یک از رژیم‌های آبیاری نداشت اما همانند درصد جوانه‌زنی با افزایش شدت تنش خشکی در زمان جوانه‌زنی، تفاوت معنی‌داری بین رژیم‌های آبیاری از حیث این صفت وجود داشت (جدول ۲). در پتانسیل آب ۰/۸- مگاپاسکال سرعت جوانه‌زنی بین ۳۷ تا ۳۸ درصد (به ترتیب در رژیم آبیاری تامین ۸۰ و ۱۰۰٪ نیاز آبی) و در پتانسیل آب ۱- مگاپاسکال بین ۴۴ تا ۵۴ درصد (به ترتیب در رژیم آبیاری تامین ۸۰ و ۱۰۰٪ نیاز آبی) نسبت به تیمار رژیم آبیاری ۶۰٪ کاهش یافت. به عبارت دیگر با کاهش پتانسیل آب، سرعت جوانه‌زنی در هر سه نوع رژیم آبیاری حاکم بر گیاه مادری، کاهش می‌یابد. کاهش سرعت فرآیند جوانه‌زنی در اثر تنش خشکی می‌تواند به کاهش جذب آب توسط بذرها ارتباط داشته باشد. اگر جذب آب توسط بذرها دچار اختلال شود و یا به کندی صورت گیرد، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به کندی صورت خواهد گرفت و در نتیجه مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش یافته و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Hosseini and Rezvani Moghadam, 2006)، اما این کاهش در رژیم آبیاری ۶۰٪ با شدت کمتری نسبت به سایر تیمارهای رژیم آبیاری صورت می‌گیرد این امر را می‌توان ناشی از تغییرات در کمیت و ترکیب مواد ذخیره‌ای بذور تولیدی در این رژیم آبیاری دانست که علاوه بر افزایش درصد جوانه‌زنی سبب افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی نیز در پتانسیل‌های آب ۰/۸- و ۱- مگاپاسکال گردید (جدول ۲). مجاب و همکاران (Mojab et al., 2010) نیز در بررسی اثر تنش خشکی و شوری بر جوانه‌زنی سوروف (*Echinochloa crus-gali*)، کاهش سرعت جوانه‌زنی این علف هرز را در اثر کاهش پتانسیل آب گزارش کردند. سرعت جوانه‌زنی بیشتر به همراه

بنابراین می‌توان اینطور نتیجه گرفت که وزن خشک ریشه‌چه، حساسیت کمتری نسبت به طول ریشه‌چه نسبت به کاهش پتانسیل آب دارد. کاهش طول ریشه‌چه در اثر تنش خشکی ممکن است ناشی از اختلال در تقسیم و طویل شدن سلول‌های مریستمی باشد. به نظر می‌رسد محدودیت جذب آب در شرایط تنش خشکی تاثیر بیشتری روی طویل شدن سلول دارد که سبب می‌گردد علی‌رغم انجام تقسیم سلولی، طویل شدن سلول‌ها که به فشار تورژسانس نیازمند است، کاهش یابد. نتایج تحقیق در مورد تاثیر تنش خشکی روی خصوصیات جوانه‌زنی سوروف نشان داد که کاهش پتانسیل آب سبب کاهش بیشتر طول ریشه‌چه در مقایسه با وزن تر ریشه‌چه گردید (Mojab et al., 2010).

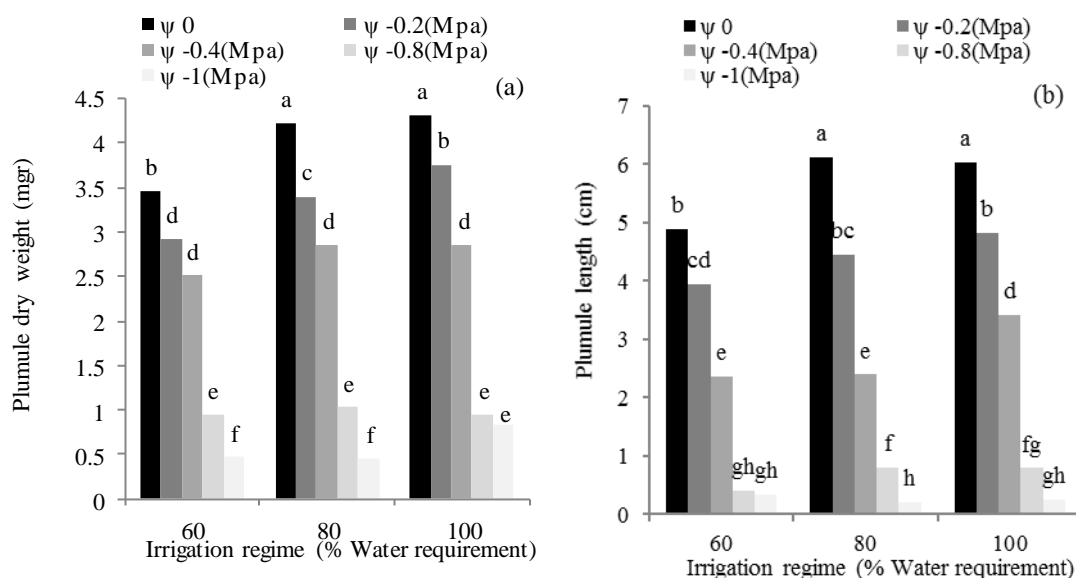
رشد ساقه‌چه: نتایج نشان دهنده تاثیر معنی دار تنش خشکی، رژیم آبیاری حاکم بر گیاه مادری و برهمکنش آنها بر رشد ساقه‌چه بود (جدول ۱). روند تغییرات طول و وزن خشک ساقه‌چه مشابه ریشه‌چه در اثر افزایش شدت تنش خشکی در تمامی رژیم‌های آبیاری یکسان بود. افزایش شدت تنش، سبب کاهش طول و وزن خشک ساقه‌چه گردید. روند کاهش این دو صفت از پتانسیل آب ۰/۲- مگاپاسکال شروع گردید و کمترین طول ساقه‌چه در تمامی رژیم‌های آبیاری در پتانسیل آب ۱- مگاپاسکال مشاهده شد. بیشترین طول ساقه‌چه مربوط به تیمارهای رژیم آبیاری تامین ۸۰ و ۱۰۰٪ نیاز آبی و پتانسیل آب صفر بود که تفاوت معنی داری با سایر تیمارهای آزمایش داشت (شکل ۲). روند تغییرات وزن خشک ساقه‌چه با افزایش شدت تنش مشابه تغییرات طول ساقه‌چه بود. در تمامی سطوح رژیم آبیاری این روند کاهشی از پتانسیل آب ۰/۲- مگاپاسکال آغاز گردید و کاهش پتانسیل آب به ۱- مگاپاسکال سبب بیشترین کاهش معنی دار وزن خشک ساقه‌چه در تیمارهای رژیم آبیاری تامین ۶۰ و ۸۰٪ نیاز آبی و بیشترین وزن خشک ساقه‌چه نیز مشابه طول ساقه‌چه، مربوط به تیمارهای رژیم آبیاری تامین ۸۰ و ۱۰۰٪ نیاز آبی و

پتانسیل آب صفر بود که تفاوت معنی داری با سایر تیمارهای آزمایش داشت (شکل ۲). کاهش وزن خشک و طول ساقه‌چه در رژیم آبیاری تامین ۶۰٪ نیاز آبی و پتانسیل آب صفر را می‌توان به کاهش ذخایر بذر در اثر تنش خشکی در زمان تشکیل بذر مرتبط دانست. رشد ساقه‌چه در اوایل جوانه‌زنی وابسته به ذخایر بذر می‌باشد و کاهش مواد ذخیره‌ای می‌تواند سبب کاهش رشد ساقه‌چه گردد. هرمن و سلطان (Herman and Sultan, 2011) معتقدند یکی از اثرات تنش خشکی در زمان تشکیل بذر، کاهش مواد ذخیره‌ای بذر می‌باشد. مجاب و همکاران (Mojab et al., 2010) نیز کاهش رشد ساقه‌چه سوروف را در اثر کاهش پتانسیل آب گزارش کردند. مقایسه روند تغییرات طول و وزن خشک ساقه‌چه با کاهش پتانسیل آب (در هر سه رژیم آبیاری) نشان داد که طول ساقه‌چه با سرعت بیشتر و یکنواخت‌تری نسبت به وزن خشک ساقه‌چه، در اثر افزایش شدت تنش خشکی کاهش می‌یابد. کاهش پتانسیل آب به ۱- مگاپاسکال، سبب کاهش ۹۵ درصدی طول ساقه‌چه (میانگین رژیم‌های آبیاری) در مقابل کاهش ۸۵ درصدی وزن خشک ساقه‌چه (میانگین رژیم‌های آبیاری) نسبت به شاهد بدون تنش گردید (شکل ۲). بنابراین می‌توان اینطور نتیجه گرفت که وزن خشک ساقه‌چه، حساسیت کمتری نسبت به طول ساقه‌چه نسبت به کاهش پتانسیل آب دارد چون در شرایط تنش خشکی علی‌رغم انجام تقسیم سلولی، به دلیل محدودیت دسترسی به آب، طویل شدن سلول‌ها که وابستگی بسیار زیادی به فشار تورژسانس دارد، کاهش می‌یابد. تنش خشکی، تاثیر یکسانی روی خصوصیات ریشه‌چه و ساقه‌چه نداشت. طول و وزن خشک ساقه‌چه بیشتر از ریشه‌چه در اثر تنش خشکی، کاهش یافت (جدول ۲).

در مجموع رژیم‌های آبیاری، کاهش پتانسیل آب به ۱- مگاپاسکال سبب کاهش ۸۵ و ۹۵ درصدی وزن خشک و طول ساقه‌چه نسبت به شاهد بدون تنش گردید در حالیکه وزن خشک و طول ریشه‌چه در همین پتانسیل

مواد غذایی بیشتر به ریشه‌ها در این شرایط، به منظور افزایش سطح تماس برای جذب بیشتر آب صورت می‌گیرد (Saeidi *et al.*, 2007).

آب به ترتیب ۷۳ و ۹۰ درصد نسبت به شاهد بدون تنش کاهش یافت. بنابراین ساقه‌چه در مقایسه با ریشه‌چه، حساسیت بیشتری نسبت به تنش خشکی نشان داد. رشد بیشتر ریشه‌ها در شرایط تنش خشکی در نتیجه اختصاص



شکل ۲- تاثیر تنش خشکی بر وزن خشک (a) و طول (b) ساقه‌چه در رژیم‌های آبیاری

(میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد، با استفاده از روش برش‌دهی اثرات متقابل ندارند).

Figure 2- Effect of drought stress on length (a) and dry weight (b) of plumule under various irrigation regimes (Means with same letters don't have significant difference, using Slicing method, $p=0.05$)

معنی‌داری در وزن خشک گیاهچه نگردید اما با افزایش شدت تنش، روند کاهش معنی‌دار این صفت آغاز گردید و کمترین مقدار وزن خشک گیاهچه در بیشترین شدت تنش خشکی (۱- مگاپاسکال) مشاهده شد که از این نظر تفاوت معنی‌داری بین پتانسیل ۰/۸- و ۱- مگاپاسکال وجود نداشت (شکل ۳). روند تغییرات سطح سبز گیاهچه یولاف با افزایش شدت تنش نشان داد که همانند وزن خشک، سطح سبز گیاهچه‌هایی که حاصل رشد بذرهای جوانه زده در پتانسیل‌های آب ۰/۸- و ۱- مگاپاسکال بودند، کاهش معنی‌داری یافت. کمترین مقدار سطح سبز گیاهچه مربوط به پتانسیل آب ۱- مگاپاسکال بود (شکل ۳). کاهش درصد سبز و خصوصیات رشدی گیاهچه در این پتانسیل‌های آب

رشد گیاهچه: اگرچه اثر تنش خشکی و رژیم آبیاری حاکم بر گیاه مادری و برهمکنش آنها بر درصد سبز گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱) اما مقایسه میانگین‌ها نشان داد که به غیر از دو تیمار پتانسیل آب ۰/۸- و ۱- مگاپاسکال در رژیم آبیاری تامین ۱۰۰٪ نیاز آبی در سایر تیمارها، تمامی بذرهای سبز شدند (درصد سبز ۱۰۰٪). کمترین درصد سبز گیاهچه (۸۷/۵٪) مربوط به تیمار پتانسیل آب ۱- مگاپاسکال و رژیم آبیاری تامین ۱۰۰٪ نیاز آبی بود (جدول ۲). وزن خشک و سطح برگ گیاهچه تنها تحت تاثیر تنش خشکی، کاهش معنی‌داری نشان دادند (جدول ۳).

کاهش پتانسیل آب تا ۰/۴- مگاپاسکال، سبب تغییرات

یکنواخت بوته‌ها و تشکیل بوته‌هایی که از نظر اندازه متفاوت هستند، می‌گردد. کاهش رشد گیاهچه علف‌های هرز جو دره و سوروف نیز در اثر تنش خشکی گزارش شده است (Mojab *et al.*, 2010; Hosseini *et al.*, 2008).

همانند کاهش درصد جوانه زنی، رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه ممکن است از عوارض سوء کاهش آب قابل دسترس در زمان جوانه‌زنی، ناشی از قرارگیری در این پتانسیل‌های آب باشد که سبب غیر یکنواختی جوانه زنی و به تبع آن رشد غیر

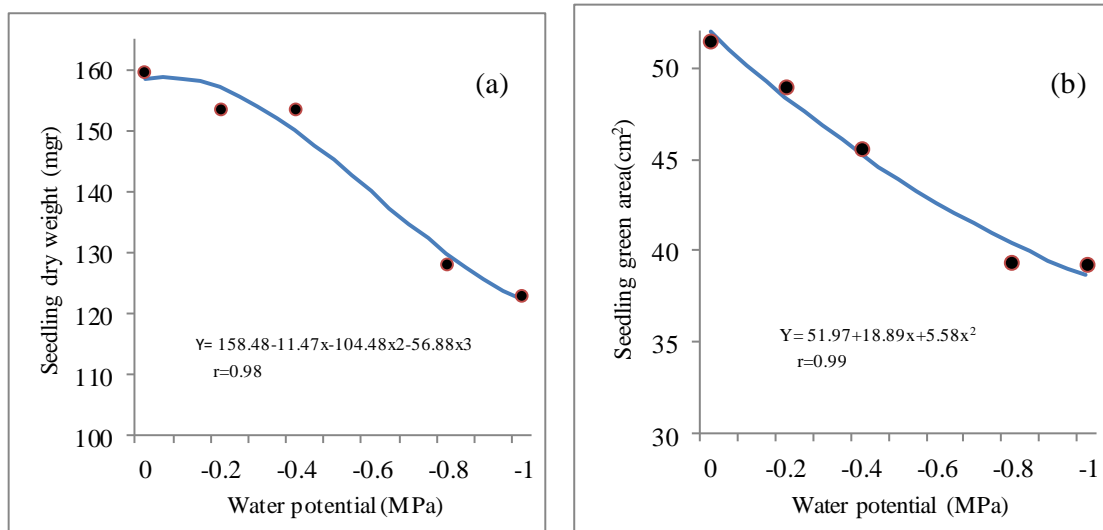
جدول ۳- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات اثر رژیم آبیاری و سطوح تنش خشکی بر خصوصیات رشدی گیاهچه یولاف

Table 3- Source of variation, degree of freedom and Mean Squares of irrigation regime and drought stress levels on seedling growth of wild oat

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد سبز گیاهچه Seedling emergence percentage	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	سطح سبز گیاهچه Seedling green area
رژیم آبیاری Irrigation regime (I.R)	2	81.7 *	615.266 ^{ns}	56.759 ^{ns}
تنش خشکی Drought stress (D.S)	4	40 *	3334.58 **	370.29 **
رژیم آبیاری × تنش خشکی D.S × I.R	8	40 *	233.96 ^{ns}	17.58 ^{ns}
خطا Error	45	8.3	520.96	54.04
C.V ضریب تغییرات (%)		2.92	15.89	16.35

^{ns}, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively



شکل ۳- تاثیر تنش خشکی بر وزن خشک (a) و سطح سبز (b) گیاهچه یولاف

Figure 3- Effect of drought stress on dry weight (a) and green area (b) of Wild oat seedling

پتانسیل آب به ۰/۸- و ۱- مگاپاسکال در زمان جوانه‌زنی سبب کاهش معنی‌داری وزن خشک و سطح سبز گیاهچه گردید.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مساعدت‌های مسئولین و کارکنان مرکز تحقیقات کشاورزی استان سمنان (شاهرود) در اجرای مراحل مزرعه‌ای و آزمایشگاهی این تحقیق سپاسگزاری می‌نمایم.

نتیجه‌گیری

اعمال تنش خشکی بر گیاه مادری یولاف سبب تولید بذرهایی گردید که توانایی جوانه‌زنی بیشتری در شرایط محدودیت آب داشتند. افزایش شدت تنش خشکی در زمان جوانه‌زنی بذور یولاف بدون توجه به شرایط محیطی موجود در زمان تشکیل بذر، سبب کاهش معنی‌دار طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گردید اما حساسیت ساقه‌چه به تنش خشکی بیشتر از ریشه‌چه بود. کاهش

Reference

منابع

- Andersson, L., and P. Milberg. 1998. Variation in seed dormancy among mother plants, populations and years of seed collection. *Seed Sci. Res.* 8:29–38.
- Batlla, D., and R.L. Benech-Arnold. 2007. Predicting changes in dormancy level in weed seed soil banks: Implications for weed management. *Crop Prot.* 26: 189–197.
- Beckie, H. J., J.Y. Leeson, A.G. Thomas, C.A. Brenzil, L.M. Hall, G. Holzgang, C. Lozinski, and S. Shirriff. 2008. Weed resistance monitoring in the Canadian Prairies. *Weed Technol.* 22:530–543.
- Boyd, N., and R.V. Acker. 2004. Seed germination of common weed species as affected by Oxygen concentration, light, and osmotic potential. *Weed Sci.* 52:589–596.
- Chauhan, B. S., G. Gill, and C. Preston. 2006. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). *Weed Sci.* 54:1004–1012.
- Donohue, K. 2009. Completing the cycle: maternal effects as the missing link in plant life histories. *Philosophical Trans. Royal Soc. London B, Biological Sciences*, 364: 1059-1074.
- Fenner, M. 1991. The effects of the parent environment on seed germinability. *Seed Sci. Res.* 1: 75–84.
- Finch-Savage, W. E., and G. Leubner-Metzger. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytol.* 171: 501-523.
- Gallagher, R.S., K.L. Granger, L.H. Keser, J. Rossi, D. Pittmann, S. Rowland, M. Burnham, and E.P. Fuerst. 2010. Shade and drought stress-induced changes in phenolic content of wild oat (*Avena fatua* L.) seed. *J. Stress Physiol.* 6: 90–107.
- Gorecki, M. J., R.L. Long, G.R. Flematti, and J.C. Stevens. 2012. Parental environment changes the dormancy state and karrikinolide response of *Brassica tournefortii* seeds. *Ann. Bot.* 109: 1369–1378.
- Grundy, A.C., K. Phelps, R.J. Reader, and S. Burston. 2000. Modeling the germination of *Stellaria media* using the concept of hydrothermal time. *New Phytol.* 148: 433- 444.
- Guerke, W.R., T. Gutormson, D. Meyer, M. McDonald, D. Mesa, J.C. Robinson, and D. TeKrony. 2004. Application of hydrotime analysis in seed testing. *Seed Technol.* 26 (1): 75- 85.
- Gutterman, Y. 2000. Maternal effects on seeds during development. In: Fenner M. ed. *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Cambridge: CABI Publishing, 59–84.
- Herman, J. J., and S.E. Sultan. 2011. Adaptive transgenerational plasticity in plants: case studies, mechanisms, and implications for natural populations. *Front. Plant Sci.* 102: 1–9.

- Hosseini, H., and P. Rezvani Moghadam. 2006.** Effect of water and salinity stress in seed germination on Isabgol (*Plantago ovata*). Iranian J. Field Crop Res. 4(1): 15-23. (In Persian, with English Abstract)
- Hosseini, M., G. Zamani, and B. Mahmoodi. 2008.** Germination response of wild barley (*Hordeum spontaneum*) to salt and drought stress in different concentration of sodium chloride and polyethylene glycol 6000. Proceedings of the 2nd National Weed Science Congress. 29 & 30 January, Mashhad, Iran, volum2: Weed Biology & Ecophysiology. 160- 165. (In Persian, with English Abstract)
- Martinson, K., B. Durgan, F. Forcella, J. Wiersma, K. Spokas, and D. Archer. 2007.** An emergence model for Wild Oat (*Avena fatua*). Weed Sci. 55: 584 – 591.
- Meyer, S.E., S.B. Debaene-Gill, and P.S. Allen. 2000.** Using hydrothermal time concepts to model seed germination response to temperature, dormancy loss, and priming effects in *Elymus elymoides*. Seed Sci. Res. 10: 213–223.
- Michel, B.E., and M.R. Kaufman. 1973.** The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 51: 914-916.
- Mojab, M., G. Zamani, V. Eslami, M. Hosseini, and A. Naseri. 2010.** Evaluation effects of salt and drought stress in different concentration of sodium chloride and polyethylene glycol 6000 on germination traits and seedling growth of *Echinochloa crus-gali*. J. Plant Protect. 24(1): 108-114. (In Persian, with English Abstract)
- Patanè, C., A. Saita, and O. Sortino. 2013.** Comparative effects of salt and water stress on seed germination and early embryo growth in two cultivars of Sweet Sorghum. J. Agron. Crop Sci. 199(1): 30-37.
- Rajjou, L., M. Duval, K. Gallardo, J. Catusse, J. Bally, C. Job, and D. Job. 2012.** Seed germination and vigor. Annu. Rev. Plant Biol. 63: 507–533.
- Rahimian-Mashhadi, H., A. Bagheri Kazemabad, and A. Paryab. 1991.** Effect of PEG and NaCl induced water potential at different temperatures on germination and seedling vigor of several wheat populations. Agric. Sci. Technol. 5: 35-42. (In Persian)
- Saeidi, M., A. Ahmadi, K. Postini, and M.R. Jahansooz. 2007.** Evaluation of germination traits of different genotypes of wheat in osmotic stress situation and their correlations with speed of emergence and drought tolerance in Farm situation. J. Water and Soil Sci. (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources), 11: 281-293. (In Persian)
- Steadman, K. J., A.J. Ellery, R. Chapman, A. Moore, and N.C. Turner. 2004.** Maturation temperature and rainfall influence seed dormancy characteristics of annual ryegrass (*Lolium rigidum*). Aust. J. Agric. Res. 55: 1047–1057.
- Williams, M. M., B.J. Schutte, and Y.F. So. 2012.** Maternal corn environment influences wild-proso millet (*Panicum miliaceum*) seed characteristics. Weed Sci. 60: 69–74.