علوم و تحقیقات بذر ایران
سال سوم/ شماره چهارم/ ۱۳۹۵ (۱۰۳ - ۹۳)

تأثیر رنگ پوسته بر جوانه‌زنی بذر گیاه خردل (*Brassica compestris* Var. Parkland) تحت تنش شوری و خشکی

حمید شریفی*[۱]، مرتضی گلدانی[۲]، محمد غیاث‌آبادی[۱]، زینب شریفی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱۹

چکیده

به‌منظور ارزیابی واکنش خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای ناجورشکل خردل (سیاه و زرد) به تنش‌های شوری و خشکی، دو آزمایش جداگانه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و هفت تیمار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش‌ها شامل فاکتورهای خشکی و شوری هر کدام در هفت سطح (صفر، ۲-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار) و رنگ پوسته بذر در دو سطح (سیاه و زرد) بودند. نتایج حاکی از تأثیر منفی و معنی‌دار تنش شوری و خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی هر دو بذر (سیاه و زرد) بود. در هر دو بذر (سیاه و زرد) با افزیش میزان تنش شوری و خشکی تمام صفات اندازه‌گیری شده کاهش پیدا کرد، اما این کاهش بسته به رنگ پوسته بذر متفاوت بود. مقاومت به تنش درصد جوانه‌زنی در بذرهای زرد بالاتر از بذرهای سیاه بود، اما در صفات سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و بنیه بذر مقاومت بذرهای سیاه بیش‌تر از بذرهای زرد بود. به‌طورکلی یافته‌های این پژوهش بیانگر آن است که بذرهای سیاه خردل نسبت به بذرهای زرد دارای مقاومت بیش‌تری در برابر هر دو تنش خشکی و شوری می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: بذرهای ناجورشکل، بنیه بذر، ریشه‌چه، ساقه‌چه، سرعت جوانه‌زنی

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه
* نویسنده مسئول: h.sharifi.h@gmail.com

مقدمه

تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش‌های خشکی و شوری از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد گیاهان زراعی در سطح جهان می‌باشند (Shiri *et al*., 2009; Farooq *et al*., 2009). جوانه‌زنی و سبز شدن بذر به عنوان مهم‌ترین و اساسی‌ترین مراحل در چرخه زندگی گیاهان (Asci, 2011) به شمار رفته و بیش‌ترین حساسیت به تنش‌های محیطی از جمله شوری و خشکی در این مراحل از چرخه زندگی گیاه است (Hagighi and Milani, 2009) که باعث استقرار ضعیف گیاه می‌شود (Afzal, 2005). بنابراین تحمل به شوری و خشکی برای استقرار، جوانه‌زنی و سبزشدن گیاهانی که در خاک‌های شور و خشک رشد می‌کنند از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. گیاهان از راهکارهای متفاوتی برای مقابله با شرایط نامساعد (شوری و خشکی) در هنگام جوانه‌زنی بهره می‌گیرند (Gutterman, 1993; Imbert, 2002). یکی از این راهکارها که دارای اهمیت اکولوژیکی زیادی برای بقاء موفقیت‌آمیز گیاهان در مقابله با تنش‌های محیطی است تولید بذرهای هترومورف (ناجورشکل) می‌باشد که بیش‌تر در شرایط خشک، شور و یا شرایط نامساعد محیطی تولید می‌شوند (Wei *et al*., 2007; Wang *et al*., 2008). بذرهای هترومورف اغلب از نظر رنگ پوسته بذر (Sharifi and Goldani, 2016)، شکل و اندازه بذر (Khan *et al*., 2004)، ویژگی‌های جوانه‌زنی (Bayarsaikhan and Nyam-Osor, 2013)، خواب بذر (Wang *et al*., 2012)، رشد گیاهچه (Wang *et al*., 2008)، ظرفیت پراکندگی و میزان ماندگاری در بانک بذر (Lu *et al*., 2010; Cao *et al*., 2012) و مقاومت به تنش‌های میحطی (Xu *et al*., 2011) متفاوت می‌باشند. تفاوت در رنگ پوسته بذر از بارزترین تفاوت‌های مورفولوژیکی در بذرهای هترومورف می‌باشد (Mohamed-Yasseen *et al*., 1994) که به‌عنوان یک شاخص ساده و مهم نقش بارزی در جذب آب توسط بذر (Sharifi and Goldani, 2016)، کیفیت بذر (Mavi, 2010; Atis *et al*., 2011)، جوانه‌زنی (Ochuodho and Modi, 2013)، وزن بذر (Mavi, 2010)، خواب بذر (Sharifi and Goldani, 2016) و مقاومت بذر به تنش‌های شوری و خشکی (Sadeh *et al*., 2009) ایفاء می‌کند. پژوهش‌های صورت گرفته نشان داده‌اند که بذرهای هترومورف با رنگ پوسته متفاوت دارای پاسخ‌های متفاوتی به تنش‌های محیطی می‌باشند (Khan *et al*., 2004). مطالعات انجام شده بر روی بذرهای دو گونه گیاه علف شور (*Suaeda aralocaspica*) و (*Suaeda splendens*) (Redondo-Gomez *et al.,* 2008; Wang *et al*., 2008) و بذرهای گیاه آتریپلکس (*Atriplex centralasiatica*) (Xu *et al*., 2011)،که همگی بذرهای هترومورف تولید می‌کنند، حاکی از متفاوت بودن واکنش چنین بذرهایی به تنش‌ها می‌باشند. اگر چه در مطالعات بسیاری بیان شده است که بذرهای هترومورف دارای تفاوت در جوانه‌زنی، رشد گیاه و پراکندگی و تکثیر هستند، اما با این حال مطالعات کمی بر روی پاسخ جوانه‌زنی بذرهای هترومورف گیاه خردل (از لحاظ رنگ پوسته بذر) به تنش‌های محیطی به‌خصوص تنش شوری و تنش خشکی انجام شده است. بر همین اساس، این پژوهش با هدف مشخص‌کردن تأثیر رنگ پوسته بذر بر جوانه‌زنی بذرگیاه داوریی خردل تحت شرایط تنش‌های شوری و خشکی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

بذرهای گیاه خردل (*Brassica compestris* Var. Parkland) از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه و بعد از انتقال به آزمایشگاه گیاهان ویژه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد بر اساس رنگ پوسته بذر به دو گروه، بذرهای زرد و سیاه تقسیم شدند. به‌منظور بررسی واکنش بذرهای خردل (زرد و سیاه) به تنش‌های شوری و خشکی دو آزمایش جداگانه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و هفت تیمار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی در این دو آزمایش شامل تیمارهای خشکی و شوری در هفت سطح (صفر، ۲-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار) و رنگ پوسته بذر در دو سطح (زرد و سیاه) بودند. به‌منظور ایجاد تنش شوری از محلول کلرید سدیم و برای ایجاد تنش خشکی از پلی‌اتیلن‌گلیکول (PEG 6000) استفاده شد. پیش از شروع آزمایش بذرهای تهیه شده توسط محلول دو درصد هیپوکلریت سدیم به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی شده و سپس با آب مقطر شستشو داده شدند. در هر ظرف پتری‌دیش ۲۵ عدد بذر قرار داده شده و برای اعمال تیمارهای مورد نظر پنج میلی‌لیتر از محلول‌های تهیه شده به پتری‌دیش‌ها اضافه گردید. برای جلوگیری از تبخیر

رطوبت، پتری‌ها درون ظروف پلاستیکی قرار گرفتند و در آن‌ها توسط چسب نواری محکم شد، در طول آزمایش در صورت نیاز یک تا دو میلی‌لیتر محلول مورد نظر به ظروف پتری افزوده شد. سپس نمونه‌های پتری‌دیش در شرایط کنترل شده ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوب نسبی ۷۵ درصد و تناوب نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی قرار گرفتند (Chauhan *et al.*, 2006). میزان جوانه‌زنی به‌صورت روزانه به مدت ۱۰ روز یادداشت‌برداری شد و حداقل طول ریشه‌چه ۲ میلی‌متر به‌عنوان معیار جوانه‌زنی در نظر گرفته شد. در روز آخر آزمایش تعداد ۱۰ گیاهچه از هر پتری‌دیش به‌تصادف انتخاب شده و صفاتی نظیر طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه اندازه‌گیری شدند. درصد جوانه‌زنی کل با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$GP = (Ni/S) \times 100$$ رابطه (۱)

در این رابطه GP: درصد جوانه زنی، Ni: تعداد بذور جوانه‌زده در روز iام و S: تعداد کل بذور کشت شده است (Bajji *et al.*, 2002).

برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی از رابطه ۲ استفاده شد:

$$GR = \sum Ni/Ti$$ رابطه (۲)

در این رابطه GR: سرعت جوانه زنی (برحسب تعداد بذر جوانه زده در روز)، Ni: تعداد بذور جوانه زده در روز i ام و Ti: تعداد روز تا شمارش i ام است (Bajji *et al.*, 2002).

شاخص بنیه بذر نیز با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$VI = \frac{Ls}{100} Pg$$ رابطه (۳)

در رابطه اخیر VI: شاخص بنیه بذر، Ls: میانگین طول گیاهچه (mm) و Pg: درصد جوانه‌زنی کل در پایان آزمایش است (Abdul-Baki and Anderson, 1970).

برای تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار آماری MSTAT-C استفاده شد. همچنین مقایسات میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام پذیرفت و نمودارها با نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که تمام خصوصیات جوانه‌زنی بذور خردل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل رنگ پوسته بذر × تنش شوری قرار گرفته است.

جدول ۱- تجزیه واریانس ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر خردل (زرد و سیاه) تحت تیمار تنش شوری

Table 1. Variance analysis for germination characteristics in mustard seeds (black and yellow) under salinity stress

منابع S. O. V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square				
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	شاخص بنیه Vigor index
رنگ پوسته بذر Seed coat color	1	52.07**	0.16 ns	1107.16**	171.50**	83.05**
شوری Salinity	6	960.11**	981.59**	5072.32**	1948.86**	969.10**
رنگ پوسته بذر × شوری Seed coat color × Salinity	6	12.86**	8.01*	201.03**	31.20**	28.32**
خطا Error	42	1.14	3.02	10.74	5.762	1.74
ضریب تغییرات C.V.%	-	7.11	14.83	11.67	14.52	13.04

ns، *، **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: not-significant and significant at 5 and 1 percent level of probability, respectively.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که تمام خصوصیات جوانه‌زنی بذور خردل (بجز سرعت جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل رنگ پوسته بذر × تنش خشکی قرار گرفته است. صفات سرعت جوانه‌زنی و طول ساقچه تحت تاثیر اثر متقابل قرار نگرفتند بلکه فقط به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر تنش خشکی قرار گرفتند.

جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر خردل (زرد و سیاه) تحت تیمار تنش خشکی

Table 2. Variance analysis for germination characteristics in mustard seeds (black and yellow) under drought stress

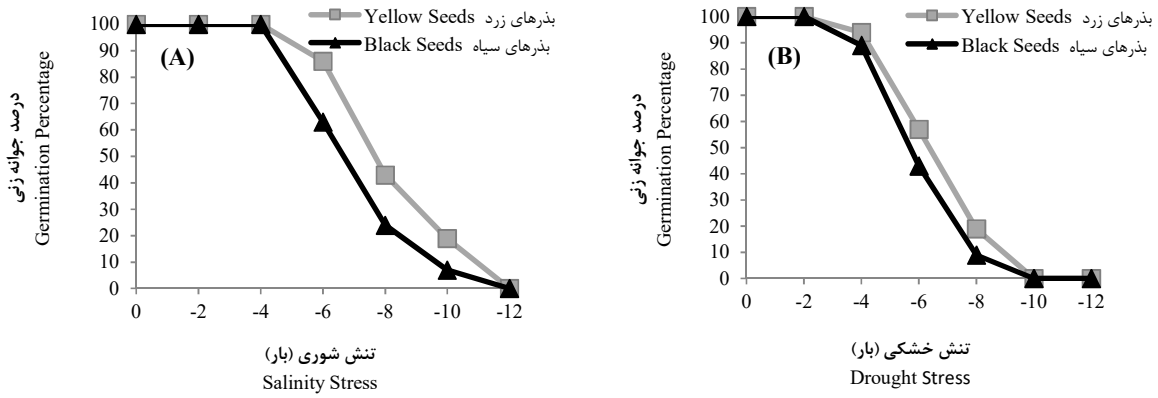
منابع S. O. V.	میانگین مربعات Mean square					
	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	شاخص بنیه Vigor index
رنگ پوسته بذر Seed coat color	1	15.01**	2.08 ns	611.16**	14.00ns	29.68**
خشکی Drought	6	1084.49**	990.78**	4879.58**	1843.03**	871.24**
رنگ پوسته بذر × خشکی Seed coat color× Drought	6	4.18**	1.88 ns	91.70**	1.95 ns	8.65**
خطا Error	42	0.97	1.16	13.45	4.95	1.73
ضریب تغییرات C.V.%	-	7.76	11.60	15.21	16.44	15.58

ns،**: به ترتیب غیرمعنی‌دار ومعنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

ns and **: not-significant and significant at 1 percent level of probability, respectively.

درصد جوانه‌زنی

با افزایش تنش شوری و کاهش پتانسیل اسمزی ناشی از آن، درصد جوانه‌زنی هر دو بذر (سیاه و زرد) خردل تا پتانسیل اسمزی ۴- بار بدون تغییر باقی مانده و پس از آن به‌شدت کاهش یافته است. روند کاهش درصد جوانه‌زنی در بذور سیاه خردل شدیدتر از بذور زردرنگ بوده و این موضوع سبب معنی‌دارشدن اثر متقابل رنگ پوسته × تنش شوری در مورد این صفت شده است (شکل ۱- A). در تنش خشکی با افزایش تنش و کاهش پتانسیل اسمزی ناشی از آن، درصد جوانه‌زنی در هر دو بذر (سیاه و زرد) خردل تا پتانسیل اسمزی ۲- بار بدون تغییر مانده و پس از آن به‌شدت کاهش یافته است. به‌طوری‌که در پتانسیل اسمزی ۱۰- بار درصد جوانه‌زنی در هر دو بذر (سیاه و زرد) برابر صفر بود (شکل ۱- B). به نظر می‌رسد مقاومت جوانه‌زنی بذور زرد رنگ نسبت به تنش‌های شوری و خشکی بیش‌تر از بذور سیاه بوده است. گزارش شده است که با تیره‌تر شدن رنگ پوسته بذر میزان جذب آب توسط بذر کاهش می‌یابد (Sharifi and Goldani, 2016)، باتوجه به این‌که آب یکی از عوامل اصلی فعال‌کننده جوانه‌زنی است بنابراین با کاهش میزان جذب آب توسط بذور سیاه میزان جوانه‌زنی بذر کاهش خواهد یافت. از این‌رو رنگ پوسته بذر تأثیر مستقیمی بر روند جذب آب توسط بذر دارد. گزارش شده است که رنگ سیاه پوسته بذر خردل می‌تواند به‌دلیل وجود رنگدانه‌های ملانین در پوسته بذر باشد (Zhang *et al*., 2006). این رنگدانه‌ها باعث تقویت لایه تستا و کاهش خاصیت نفوذپذیری پوسته بذرهای سیاه شده و در نتیجه با کاهش فرایند جذب آب، درصد جوانه‌زنی در بذرهای سیاه با شیب بیش‌تری نسبت به بذرهای زرد کاهش پیدا می‌کند. همچنین دلیل دیگر این کاهش جوانه‌زنی در شرایط تنش می‌تواند کاهش رطوبت سلول‌ها و در نتیجه کاهش تولید هورمون‌های محرک جوانه‌زنی و هورمون‌های هیدرولیزکننده مواد ذخیره‌ای بذر مانند آمیلاز و نیز اختلال در عمل ترکیبات ساختاری بذر باشد (Soltani *et al*., 2006; Abbassi and Koocheki, 2008).

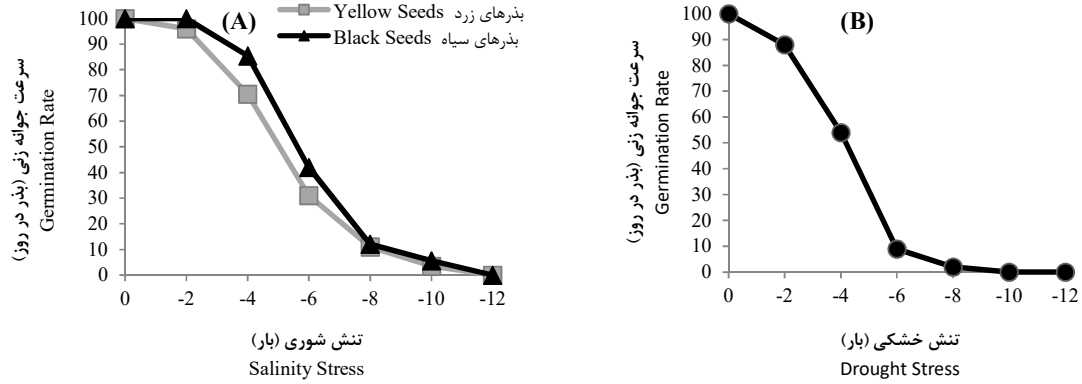


شکل ۱- روند جوانه‌زنی بذرهای (زرد و سیاه) خردل تحت تنش شوری (A) و خشکی (B)

Figure 1. Germination percentage of mustard seeds (yellow and black) under salinity (A) and drought (B) stress

سرعت جوانه‌زنی

با افزایش تنش شوری و کاهش پتانسیل اسمزی ناشی از آن، سرعت جوانه‌زنی هر دو بذر (سیاه و زرد) خردل دارای روند کاهشی بود. این روند کاهش سرعت جوانه‌زنی در بذور زرد خردل شدیدتر از بذور سیاه رنگ بوده و این موضوع سبب معنی‌دار شدن اثر متقابل رنگ پوسته × شوری در مورد این صفت شده است (شکل ۲- A). طبق جدول ۲ اثر متقابل رنگ پوسته × خشکی فاقد اثر معنی‌دار بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای خردل بود. به همین دلیل در شکل ۲- B فقط نمودار مربوط به اثرات ساده تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای خردل نشان داده شد. در تنش خشکی با افزایش تنش و کاهش پتانسیل اسمزی ناشی از آن، سرعت جوانه‌زنی در بذرهای خردل روند نزولی داشت. به‌طوری‌که بالاترین درصد جوانه‌زنی به میزان ۱۰۰ بذر در روز در تیمار شاهد، و در پتانسیل‌های خشکی ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار بذرهای خردل دارای سرعت جوانه‌زنی صفر بودند (شکل ۲- B).



شکل ۲- سرعت جوانه‌زنی بذرهای (زرد و سیاه) خردل تحت تنش شوری (A) و خشکی (B)

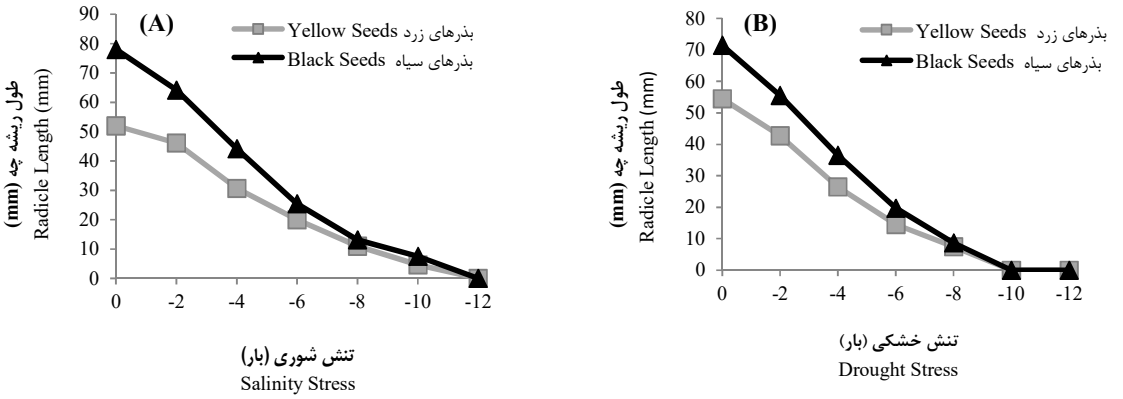
Figure 2. Germination rate of mustard seeds (yellow and black) under salinity (A) and drought (B) stress

سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های ارزیابی تحمل جوانه‌زنی بذر به تنش است، به‌طوری‌که بذر گونه‌هایی که تحت شرایط تنش دارای سرعت جوانه‌زنی بیش‌تری باشند، بخت بیش‌تری برای سبز شدن خواهند داشت. همچنین یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهد، بذرهای با رنگ پوسته روشن نسبت به بذرهای تیره‌تر با سرعت بالاتری آب جذب می‌کنند (Ochuodho and Modi, 2008)، بنابراین احتمال داده می‌شود در شرایط تنش شوری بذرهای زرد خردل با سرعت بیش‌تری نسبت به بذرهای سیاه آب جذب کنند. بنابراین ترکیب نمک و یون‌ها که ممکن است برای جنین سمی باشند با سرعت بیش‌تری جذب بذر شده و ممکن است منجر به مرگ جنین و کاهش سرعت جوانه‌زنی در بذرهای زرد گردند. در حقیقت در شرایط تنش شوری بذرهای زرد خردل

نسبت به بذرهای سیاه با سرعت بیش‌تری یون‌های سدیم و کلر را جذب می‌نمایند. جذب بیش از اندازه این یون‌ها علاوه بر ایجاد مسمومیت، سبب اختلال در متابولیسم سایر عناصر غذایی، از جمله اختلال در رقابت یون سدیم با پتاسیم و یون کلر با نیترات می‌شود که در نهایت اختلال در جذب عناصر غذایی پتاسیم و نیترات را در پی خواهد داشت (Dadkhah, 2010). این امر بر فرآیند جوانه‌زنی بذرهای خردل تأثیر منفی گذاشته و منجر به کاهش بیش‌تر سرعت جوانه‌زنی در بذرهای زرد نسبت به سیاه می‌شود. از طرفی می‌توان احتمال داد دلیل این‌که اثر متقابل رنگ پوسته × تنش خشکی معنی‌دار نشده نیز این موضوع بوده است، به این ترتیب که مولکول‌های پلی‌اتیلن‌گلیکول بسیار بزرگ بوده و قادر به نفوذ به بافت بذر نیستند، که این خاصیت ضمن کاهش شدید جذب آب باعث می‌شود که فعالیت‌های متابولیکی در داخل بذر به آرامی صورت گرفته و سرعت جوانه‌زنی در هر دو رنگ سیاه و زرد به یک نسبت کاهش پیدا کند.

طول ریشه‌چه

با افزایش تنش شوری و کاهش پتانسیل اسمزی ناشی از آن، طول ریشه‌چه هر دو بذر (سیاه و زرد) خردل روند کاهشی داشته، این روند کاهشی در بذور زرد شدیدتر از بذور سیاه بوده اما در سطوح بالای تنش شوری، طول ریشه‌چه هر دو بذر به هم نزدیک‌تر شده به‌طوری‌که در پتانسیل اسمزی ۱۲- بار طول ریشه‌چه برای هر دو بذر (سیاه و زرد) یکسان بود. این موضوع سبب معنی‌دارشدن اثر متقابل رنگ پوسته × شوری در مورد طول ریشه‌چه شده است (شکل ۳- A). در تنش خشکی نیز با افزایش تنش و کاهش پتانسیل اسمزی ناشی از آن، طول ریشه‌چه در هر دو بذر (سیاه و زرد) دارای روند کاهشی بود. روند کاهشی در بذور زرد شدیدتر از بذور سیاه بود. در سطوح بالای تنش خشکی طول ریشه‌چه در هر دو بذر (سیاه و زرد) برابر بود (شکل ۳- B).

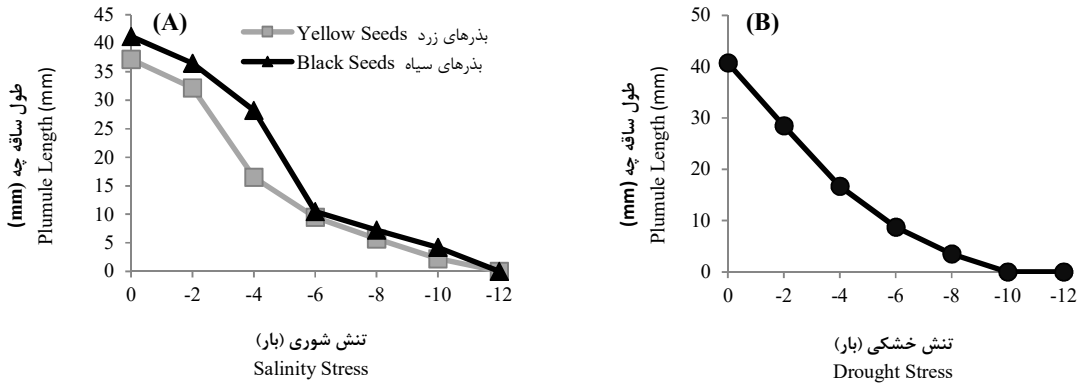


شکل ۳- طول ریشه‌چه بذرهای (زرد و سیاه) خردل تحت تنش شوری (A) و خشکی (B)

Figure 3. Radicle length of mustard seeds (yellow and black) under salinity (A) and drought (B) stress

طول ساقه‌چه

با افزایش تنش شوری طول ساقه‌چه در هر دو بذر (سیاه و زرد) کاهش پیدا کرد. به‌طوری‌که بیش‌ترین طول ساقه‌چه در تیمار شاهد و کم‌ترین آن (فاقد ساقه‌چه) در پتانسیل ۱۲- بار بدست آمد. در پتانسیل‌های شاهد، ۲- و ۴- بار طول ساقه‌چه در بذرهای سیاه بیش‌تر از بذرهای زرد بود اما در پتانسیل‌های ۶-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار بذرهای سیاه و زرد طول ساقه‌چه مشابهی داشتند (شکل ۴-A). همچنان‌که در جدول ۲ نیز نشان داده شد فقط تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر طول ساقه‌چه داشت درحالی‌که رنگ پوسته بذر و اثر متقابل رنگ پوسته بذر × تنش خشکی فاقد اثر معنی‌دار بر طول ساقه‌چه بودند (جدول ۲)، به همین دلیل در شکل شکل ۴- B نمودار اثرات ساده تنش خشکی بر طول ساقه‌چه رسم شد. با افزایش تنش خشکی و کاهش پتانسیل اسمزی ناشی از آن، طول ساقه‌چه در بذرهای خردل روند نزولی داشت. به‌طوری‌که در شرایط بدون تنش خشکی (تیمار شاهد) بیش‌ترین طول ساقه‌چه و در پتانسیل‌های ۱۰- و ۱۲- بار بذر بذرهای خردل دارای طول ساقه‌چه صفر بودند (شکل ۴- B).



شکل ۴- طول ساقه‌چه بذرهای (زرد و سیاه) خردل تحت تنش شوری (A) و خشکی (B)

Figure 4. Plumule length of mustard seeds (yellow and black) under salinity (A) and drought (B) stress

بیش‌تر تحقیقاتی کـه بـر روی جوانـه‌زنـی انجـام شـده بیانگر این واقعیت است که افزایش شوری و خشـکی طـول ریشه‌چه و ساقه‌چه را کـاهش مـی‌دهـد (Alebrahim *et al*., 2004). علت این کاهش می‌توانـد تـأثیر منفـی وفـور یونی بر عملکرد غشـاء سـلولی باشـد. همچنـین شـوری از طریق محـدود کـردن فعالیـت دیـواره سـلولی و تغییـر در میزان پروتئین‌های مـوثر دیـواره، موجـب کـاهش فعالیـت مریستم‌ها و به تبع آن کاهش تقسـیم سـلولی و در نهایـت کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه مـی‌شـود (Kaya *et al*., 2006). از سوی دیگـر تجمـع نمـک‌هـا در دیـواره سـلولی موجب تعدیل فعالیت‌های متابولیکی و محدودیت خاصـیت الاستیکی دیواره سلول می‌شود. علاوه بـر آن دیـواره ثانویـه سلول زودتر تشکیل شده و به تبـع آن دیـواره سـلولی نیـز سفت می‌شود، بر این اساس تأثیر فشار اسـمزی بـر طویـل شدن دیواره سلولی کاهش و طـول سـاقه‌چـه و ریشـه‌چـه کاهش می‌یابد (Naseer *et al*., 2001).

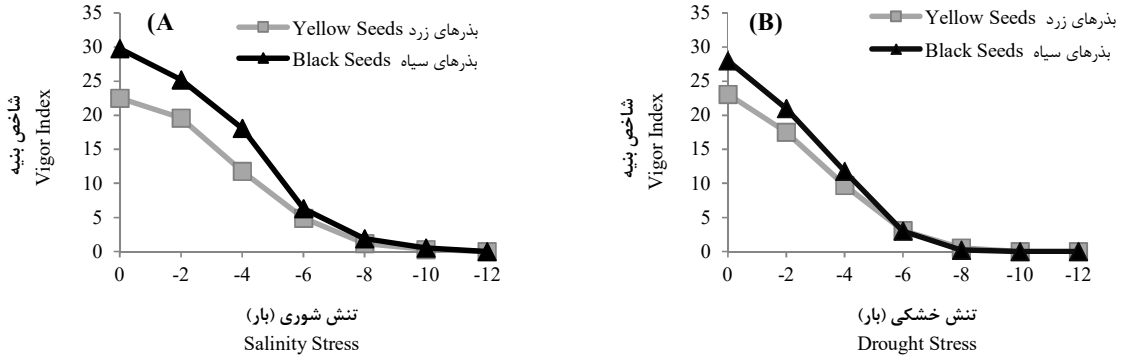
برای کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در شرایط تـنش خشکی نیز دلایل متفاوتی ذکر شده است. توکـل‌افشـاری و مجنـون‌حسـینی (Tavakkol-Afshari and Majnoun-Hossini, 2002) یکی از علل کاهش طـول سـاقه‌چـه در شرایط تنش خشکی را کاهش یا عدم انتقال مواد غـذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر بـه جنـین ذکـر کـرده‌انـد. ویسـز و همکاران (Weisz *et al*., 1985) کاهش رشد ریشه‌چه در شرایط تنش خشکی را نتیجه افزایش غلظت محلول پلـی-اتـیلن‌گلیکـول و کـاهش پتانسـیل اسـمزی محـیط کشـت دانستند که منجر به کاهش جذب آب توسط بذر شـده و از ادامه فعالیت‌های بیولوژیک گیاهچـه جلـوگیری مـی‌نمایـد. همچنین خشکی با تـأثیر مسـتقیم بـر سـاختمان و سـنتز پروتئین جنین می‌تواند جوانه‌زنی را تحت تـأثیر قـرار دهـد (Dodd and Danovan, 1999). به‌طورکلی طول ساقچه و ریشه‌چه در جوانه حاصل از بذوری که در محیط‌هـای در معرض تنش جوانه زده‌اند، کوتاه‌تر می‌باشد. اعتقاد بـر ایـن است که کاهش ویژگی‌های جوانه‌زنی بذردر شـرایط تـنش ناشی از کاهش سرعت و میزان جذب اولیه آب و نیز اثـرات منفی پتانسیل‌های اسمزی و سمیت یون‌های کلر و سـدیم بر فراینـدهای بیوشـیمیایی مراحـل کاتابولیـک و آنابولیـک جوانه‌زنی است.

شاخص بنیه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص بنیـه بذر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل شوری × رنـگ پوسته بذر و اثر متقابل خشـکی × رنـگ پوسـته بـذر قـرار گرفته است (جداول ۱ و ۲). مقایسه میانگین شاخص بنیـه بذر در سطوح اثر متقابل شوری × رنگ پوسته بـذر (شـکل ۵- A) نشان داد که بیش‌ترین مقدار شاخص بنیـه بـذر در تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار آن به‌ترتیب در پتانسـیل‌هـای اسمزی ۱۰- و ۱۲- بار بوده است. با افـزایش شـدت تـنش میزان شاخص بنیه بذر به‌شدت کاهش پیدا کرد. در هـر دو تـنش شـوری و خشـکی شـاخص بنیـه در بـذرهای سـیاه بیش‌تر از بذرهای زرد بود اما با کاهش پتانسـیل اسـمزی از اختلاف شاخص بنیه بین بذرهای سـیاه و زرد کاسـته شـد (شکل ۵- A و B).

شاخص بنیه بذر تابعی از دو پارامتر درصد جوانه‌زنـی و طول گیاهچه (ریشه‌چه + سـاقه‌چـه) مـی‌باشـد. تحقیقـات

نشان داد که افزایش شدت تنش با تاثیر بر فرایند جذب آب توسط بذر و فرایندهای متابولیکی موجب کاهش درصد جوانه‌زنی می‌شود (Tsegazeabe and Teferii, 2012). هچنین وجود تنش باعث می‌شود که هیدرولیز مواد غذایی ذخیره شده از بافت‌های ذخیره‌ای و نیز انتقال آن‌ها به‌محور جنینی در حال رشد کاهش یابد، که این امر موجب کاهش طول گیاهچه می‌شود (ریشه‌چه + ساقه‌چه) می‌شود (Turk, 2004). ازآنجایی‌که در این آزمایش نیز مشاهده شد که با افزایش شدت تنش شوری و خشکی، هر دو پارامتر درصد جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه از روندی کاهشی برخوردار بودند بنابراین در این شرایط کاهش بنیه بذر کاملاً قابل درک است.



شکل ۵- شاخص بنیه گیاهچه بذرهای (زرد و سیاه) خردل تحت تنش شوری (A) و خشکی (B)

Figure 5. Seedling vigor index of mustard seeds (yellow and black) under salinity (A) and drought (B) stress

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش مشخص شد که در هر دو نوع بذر خردل (سیاه و زرد)، با افزایش تنش شوری و خشکی کاهش معنی‌داری در تمامی شاخص‌های جوانه‌زنی مورد مطالعه ایجاد می‌شود. در اکثر موارد مقاومت بذرهای سیاه در برابر تنش‌های شوری و خشکی بیش‌تر از بذرهای زرد بود. بنابراین با توجه به این نتایج به نظر می‌رسد در شرایط تنش بذرهای سیاه رنگ از نظر کشت و استقرار بهینه، مناسب‌تر باشند. به‌طورکلی تولید بذرهای هترومورف (ناجورشکل) از لحاظ رنگ پوسته در گیاه خردل نشان از وجود یک راهکار برای اطمینان از استقرار گیاهچه در فصول مختلف و شرایط دشوار محیطی باشد. به‌طوری‌که این گیاه می‌تواند در شرایط تنش‌زا با تولید نسبت بیش‌تری از بذرهای سیاه رنگ باعث گسترش جمعیت و حفظ بقاء این گیاه از سالی به سالی دیگر شود. بنابراین توجه به رنگ پوسته بذر باید به‌عنوان یکی از پیش شرط‌های کلیدی در انتخاب بذر خردل برای کشت در شرایط ویژه محیطی باشد. با توجه به این‌که تاکنون مکانیسم‌های مولکولی و بیولوژیکی مقاومت به شوری و خشکی در بذرهای هترومورف (ناجورشکل) ناشناخته مانده است. بنابراین نیاز به تحقیقات بیش‌تر برای مطالعه مکانیسم تأثیر رنگ پوسته بذر بر جوانه‌زنی گونه‌های دارای بذرهای هترومورف بخصوص خردل وجود دارد.

منابع

Abbassi, F. and Koocheki, A. 2008. Effects of water deficit and salinity on germination properties of *Aeluropus* spp. Desert, 12: 179-184. (In Persian)**(Journal)**

Abdul-Baki, A. and Anderson, J.D. 1970. Viability and leaching of sugars from germination barley. Crop Science, 10: 31-34. **(Journal)**

Afzal, I. 2005. Seed enhancements to induced salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Ph.D. dissertation, Agricultural University of Faisalabad, Pakistan. **(Thesis)**

Alebrahim, M.T., Sabaghnia, N., Ebadi, A. and Mohebodini, M. 2004. Investigation the effect of salt and drought stress on seed germination of thyme medicinal plant (*Thymus vulgaris*). Journal of Research in Agricultural Science, 1: 13-20. **(Journal)**

Asci, O.O. 2011. Salt tolerance in red clover (*Trifolium pretense* L.) seedlings. African Journal of Biotechnology, 10: 8774-8781. **(Journal)**

Atis, I., Atak, M., Can, E. and Mavi, K. 2011. Seed coat color effects on seed quality and salt tolerance of red clover (*Trifolium pratense*). International Journal of Agriculture and Biology, 13: 363–368. **(Journal)**

Bajji, M., Kinet, J.M. and Lutts, S. 2002. Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae). Canadian Journal of Botany, 80: 297-304. **(Journal)**

Bayarsaikhan, U. and Nyam-Osor, B. 2013. Seed and cone characteristics of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) from diverse seed sources in Northern Mongolia. Eurasian Journal of Forest Research, 16: 57-62. **(Journal)**

Cao, D., Baskin, C.C., Baskin, J.M., Yang, F. and Huang, Z. 2012. Comparison of germination and seed bank dynamics of dimorphic seeds of the cold desert halophyte *Suaeda corniculata* subsp. *mongolica*. Annals of Botany, 110: 1545–1558. **(Journal)**

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

Dadkhah, A. 2010. Salinity effect on germination and seedling growth of four medicinal plants. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26: 358-369. (In Persian)**(Journal)**

Dodd, G.L. and Danovan, L.A. 1999. Water potential and ion effects on germination and seedling growth of toe cold deserts shrubs. American Journal of Botany, 86: 146-153. **(Journal)**

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29: 185-212. **(Journal)**

Gutterman, Y. 1993. Seed germination of desert plants. Springer-Verlag, Berlin. **(Book)**

Hagighi, R.S. and Milani, M.S. 2009. Osmotic and specific ion effects on the seed germination of *Isabgol* and *Psyllium*. Journal of Iranian Field Crop Research, 7: 97-104. (In Persian)**(Journal)**

Imbert, E. 2002. Ecological consequences and ontogeny of seed heteromorphism.Perspectives in plant ecology. Evolution and Systematics, 5: 13-36. **(Journal)**

Kaya, M.D., Okcu, G., Atak, M., Ikili, Y. and Kolsarici, O. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annus* L.). European Journal of Agronomy, 24: 291-295. **(Journal)**

Khan, M.A., Gul, B. and Weber, D.J. 2004. Temperature and high salinity effects in germinating dimorphic seeds of *Atriplex rosea*. Western North American Naturalist, 64: 193–201. **(Journal)**

Lu, J., Tan, D., Baskin, J.M. and Baskin, C.C. 2010. Fruit and seed heteromorphism in the cold desert annual ephemeral *Diptychocarpus strictus* (Brassicaceae) and possible adaptive significance. Annals of Botany, 105: 999–1014. **(Journal)**

Mavi, K. 2010. The relationship between seed coat color and seed quality in watermelon Crimson sweet. Horticultural Science (Prague), 37: 62–69. **(Journal)**

Mohamed-Yasseen, Y., Barringer, S.A., Splittstoesser, W.A. and Costanza. S. 1994. The role of seed coats in seed viability. The Botanical Review, 60: 426–439. **(Journal)**

Naseer, Sh., Nisar, A. and Ashraf. M. 2001. Effect of salt stress on germination and seedling growth of barely (*Hordeum Vulgare* L.). Pakistan Journal of Biological Science, 4: 359-360. **(Journal)**

Ochuodho, J.O. and Modi, A.T. 2013. Association of seed coat colour with germination of three wild mustard species with agronomic potential. African Journal of Agricultural Research, 8: 4354-4359. **(Journal)**

Ochuodho, J.O. and Modi, A.T. 2008. Dormancy of wild mustard (*Sisymbrium capense)* seeds is related to seed coat colour. Seed Science and Technology, 36: 46-55. **(Journal)**

Redondo-Gomez, S., Mateos-Naranjo, E., Cambrolle, J., Luque, T., Figueroa, M.E. and Davy, A.J. 2008. Carry-over of differential salt tolerance in plants grown from dimorphic seeds of *Suaeda splendens*. Annals of Botany, 102: 103–112. **(Journal)**

Sadeh, A., Guterman, H., Gersani, M. and Ovadia, O. 2009. Plastic bet-hedging in anamphicarpic annual: an integrated strategy under variable conditions. Ecology and Evolution, 23: 373–388. **(Journal)**

Sharifi, H. and Goldani. M. 2016. Effect of seed coat color and different treatments on seeds dormancy and germination characteristics of mustard (*Sinapis arvensis* L.). Iranian Journal of Seed Research, under Press. (In Persian)**(Journal)**

Shiri, A.R.M., Safarnejad, A. and Hamidi, H. 2009. Morphological and biochemical characterization of *Ferula assafoetida* in response to salt stress. Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 17: 38-49. (In Persian)**(Journal)**

Soltani, A., Gholipoor, M. and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany, 55: 195-200. **(Journal)**

Tavakkol-Afshari, R. and Majnoun-Hossini, N. 2002. Responses of wheat and canola cultivars simulated drought conditions. Abstracts of International Conference on Environmentally Sustainable Agriculture for Dry Areas for 3rd Millennium, China. **(Conference)**

Turk, M.A., Tahawa, A.R.M. and Lee, K.D. 2004. Seed germination and seedling growth of three lentil cultivars under moisture stress. Asian Journal of Plant Sciences, 3: 394-397. **(Journal)**

Tsegazeabe, H.H. and Teferii, G. 2012. The Effect of salinity stress on germination of chickpea (*Cicer arietinum* L.) land race of tigray. Current Research Journal of Biological Sciences, 4: 578-583. **(Journal)**

Wang, L., Baskin, J.M., Baskin, C.C., Cornelissen, J.H., Dong, M. and Huang, Z. 2012. Seed dimorphism, nutrients and salinity differentially affect seed traits of the desert halophyte *Suaeda aralocaspica* via multiple maternal effects. Plant Biology, 12: 1–11. **(Journal)**

Wang, L., Huang, Z.Y., Baskin, C.C. and Baskin, J.M. 2008. Germination of dimorphic seeds of the desert annual halophyte *Suaeda aralocaspica* (Chenopodiaceae), a C_4 plant without Kranz anatomy. Annals of Botany, 102: 757–769. **(Journal)**

Wei, Y., Dong, M. and Huang, Z.Y. 2007. Seed polymorphism, dormancy, and germination of *Salsola affinis* (Chenopodiaceae), a dominant desert annual inhabiting the Junggar Basin of Xinjiang, China. Australian Journal of Botany, 55: 1–7. **(Journal)**

Weisz, P.R., Denison, R.F. and Sinclair, T.R. 1985. Response to drought stress of nitrogen fixation (acetylene reduction) rates by field grown soybean. Plant Physiology, 78: 525-530. **(Journal)**

Xu, J., Xie, Z., Yin, H., Liu, X. and Yang, L. 2011. Differential salt tolerance in seedlings derived from dimorphic seeds of *Atriplex centralasiatica*: from physiology to molecular analysis. Planta, 233: 859–871. **(Journal)**

Zhang, X.K., Yang, G.T., Chen, L., Yin, J.M., Tang, Z.L. and Li, J.N. 2006. Physiological differences between yellow-seeded and black seeded rapeseed (*Brassica napus* L.) with different testa characteristics during artificial ageing. Seed Science and Technology, 34: 373–381. **(Journal)**

The effect of seed coat colour on mustard (*Brassica compestris*Var. Parkland) seed germination under salinity and drought stress

Hamid Sharifi*[1], Morteza Goldani[2], Mohammad Ghias-Abadi[1], Zeynab Sharifi[3]

Received: December 3, 2015 Accepted: February 8, 2016

Astract

In order to assess the germination characteristics of mustard heteromorphic seeds (black and yellow) under salinity and drought stress, two separate experiments carried out as factorial based on completely randomized design with four replications and seven treatments in Agriculture Faculty of Ferdowsi University of Mashhad. The studied factors included salinity and drought treatments in seven levels (zero, -2, -4, -6, -8, -10 and -12 bar) and seed coat color in two levels (black and yellow). The results showed the significant and negative effect of salinity and drought stress on germination characteristics in both seed (black and yellow). In both seed (black and yellow), all measured germination indices reduced by increasing salinity and drought stress, but this reduction was different. Germination percentage of yellow seeds had more resistance to stress than black seeds. Germination rate, radical and plumule length and seed vigor index of black seeds was more resistance than yellow seeds. Generally findings of this research showed black seeds had more resistance to both of salinity and drought stress.

Key words: Germination rate; Heteromorphic seeds; Plumule; Radicle; Vigor index

1. M.Sc. Graduated, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3. M.Sc. Graduated, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

*Corresponding Auhtor: h.sharifi.h@gmail.com