

## ارزیابی شایستگی بیوتیپ‌های علف‌هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) مقاوم به

### علف‌کش تری بنورون متیل در شرایط آزمایشگاهی

#### Investigating fitness of tribenuron methyl-resistant biotypes of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) in laboratory conditions

معصومه عبداللهی پور<sup>۱</sup>، جاوید قرخلو<sup>۲\*</sup>، ناصر باقرانی<sup>۳</sup>

#### چکیده:

به منظور بررسی تاثیر درجه حرارت‌های مختلف بر جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم علف‌هرز خردل وحشی و تعیین دماهای کاردینال و ارزیابی شایستگی آن‌ها در تنش خشکی، شوری و pH مختلف، چهار آزمایش جداگانه در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. بذور مورد استفاده در این آزمایش از شهرستان‌های آق‌قلا، علی‌آباد و گرگان جمع‌آوری شد. برای انجام آزمایش از بذور نسل F<sub>1</sub> آن‌ها استفاده گردید. تیمارهای دمایی شامل ۰، ۳، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد در شرایط تاریکی بود. شمارش بذور جوانه‌زده ۲ بار در روز با فواصل زمانی ۱۲ ساعت انجام شد. نتایج نشان داد که دمای پایه، بهینه و سقف در بیوتیپ‌های حساس و مقاوم خردل وحشی به ترتیب ۲/۲، ۲/۳، ۲۳، ۲۵، ۴۰، ۳۹ می‌باشد. از نظر خصوصیات فیزیولوژیکی مرتبط با تنش خشکی، شوری و pH تفاوت معنی‌داری بین بیوتیپ‌های حساس و مقاوم وجود داشت. با افزایش تنش خشکی از پتانسیل -۰/۴ تا -۱ مگاپاسکال جوانه‌زنی در کلیه بیوتیپ‌ها کاهش پیدا کرد. بیوتیپ‌های حساس به pH اسیدی واکنش بیشتری نشان داده و جوانه‌زنی کمتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: درجه حرارت، دمای بهینه، تنش شوری، تنش خشکی

#### مقدمه

جوانه بزند، اما عمده بذور آن‌ها در پاییز و در صورت مساعد بودن درجه حرارت در زمستان جوانه می‌زنند (Holm *et al.*, 1997). مین‌باشی و همکاران (Minbashi *et al.*, 2007) گزارش کردند که علف‌هرز خردل وحشی از مهم‌ترین علف‌های هرز مزارع گندم در کشور می‌باشد. موثرترین و رایج‌ترین روش مبارزه با این

خردل وحشی از جمله مهم‌ترین علف‌های هرز خانواده Brassicaceae محسوب می‌شود. این علف هرز یکساله زمستانه، علفی، ایستا و به ارتفاع ۳۰ تا ۲۵۰ سانتی‌متر می‌باشد و توسط بذور تکثیر یافته و دارای الگوی رشدی نامحدود می‌باشد (Warwick and Anderson, 1993). در حالت طبیعی بذور این گیاه قادر است که در سرتاسر سال

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۴/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۲۴

۱- کارشناس ارشد آگرواکولوژی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

\*- نویسنده مسئول Email: gherekhloo@yahoo.com

پارادوکس گراس<sup>۲</sup> (*Phalaris paradoxa*) مقاوم به تریازین‌ها (Schonfeld *et al.*, 1988). بیوتیپ‌های غاز گراس<sup>۳</sup> (*Eleusine indica*) مقاوم به گلایفوسیت در درجه حرارت‌های ثابت (Ismail *et al.*, 2002) از نظر جوانه‌زنی برتر از بیوتیپ‌های حساس بودند.

پارک و همکاران (Park *et al.*, 2004) گزارش کردند که از نظر جوانه‌زنی بین بیوتیپ‌های حساس و مقاوم به بازدارنده استولاکتات سینتاز بروموس کرک‌دار<sup>۴</sup> (*Bromus tectorum*) تفاوتی وجود نداشت. با وجودی که نمی‌توان نتیجه‌گیری کرد که مقاومت سبب افزایش یا کاهش درصد جوانه‌زنی می‌شود، ولی درک و مطالعه این تفاوت در پیش‌بینی احتمالی تغییرات جمعیتی در طی نسل‌های بعدی از اهمیت خاصی برخوردار است.

آب جزء ضروری جوانه‌زنی است و فراهم بودن آن، یک عامل کلیدی موثر بر زمان خواب و جوانه‌زنی می‌باشد (Bradford, 2002). جذب آب اولین مرحله برای قرارگیری بذر در شرایط جوانه‌زنی است. بنابراین اگر بذر به دلیل کاهش پتانسیل آب خاک قادر به جذب آب از محیط اطراف خود نباشد، حتی در شرایط دمایی مناسب نیز قادر به جوانه‌زنی نخواهد بود (Bradford, 2002).

اولیوریا و همکاران (Oliveira *et al.*, 2006) گزارش کردند که با کاهش پتانسیل اسمزی، جوانه‌زنی به تبعیت از منحنی چند جمله‌ای درجه دوم کاهش یافت. به هر حال، نتایج بدست آمده

علف‌های‌هرز در مزارع گندم کشور استفاده از علف‌کش‌های بازدارنده استولاکتیت سینتاز<sup>۱</sup> (ALS) می‌باشد. تعداد ۵ علف‌کش متعلق به بازدارنده‌های ALS برای مبارزه با علف‌های‌هرز پهن‌برگ مزارع گندم به ثبت رسیده است که از این میان طی بیش از دو دهه گذشته علف‌کش تری‌بنورون‌متیل با نام تجاری گرانستار رایج‌ترین علف‌کش مورد مصرف از این خانواده برای کنترل علف‌هرز خردل وحشی بوده است (Gherekhlou and Zand, 2010). استفاده مستمر از این علف‌کش در مزارع استان گلستان باعث بروز مقاومت در برخی از بیوتیپ‌های خردل وحشی شده است (Gherekhlou, unpublished data).

مدیریت پایدار علف‌های‌هرز بر پایه اصول اکولوژیکی و بیولوژی علف‌های‌هرز استوار است که شامل شناخت اثر عوامل محیطی بر چرخه زندگی گیاه می‌باشد. جوانه‌زنی بذر جزء مهم‌ترین فرآیندها برای موفقیت استقرار یک علف‌هرز می‌باشد، چرا که اولین مرحله برای رقابت یک علف‌هرز در آشیان اکولوژیکی محسوب می‌شود (Forcella *et al.*, 2000). با توجه به حضور علف‌های‌هرز خردل وحشی در اکثر مزارع ایران به خصوص مزارع گندم و بروز مقاومت آن‌ها به بازدارنده‌های ALS، شناخت دقیق درباره تاثیر دما بر جوانه‌زنی می‌تواند برای مدیریت موفق آن‌ها بویژه بیوتیپ‌های مقاوم ضروری می‌باشد. اثر دما روی جوانه‌زنی می‌تواند به صورت درجه حرارت‌های کاردینال بیان شود. در کارهای انجام شده تاکنون، جوانه‌زنی بیوتیپی از علف‌هرز

<sup>2</sup> -Paradoxa grass

<sup>3</sup> -Goose grass

<sup>4</sup> -Downy brome

<sup>1</sup> -Acetolactate synthase (ALS)

محلول ۲/۴ گرم در لیتر نیتروژن آبیاری شدند تا بوته‌ها دچار تنش مواد غذایی نشوند. جهت از بین بردن بیوتیپ‌های حساس در بین بیوتیپ‌های مقاوم در مرحله سه تا چهار برگی، علف کش تری‌بنورون متیل به میزان ۲۰ گرم در هکتار از فرمولاسیون تجارتي گرانستار ۷۵ درصد DF سمپاشی شدند. آبیاری تا مرحله رسیدگی کامل با توجه به نیاز انجام شد. این بذور با شرایط نوری روشنایی/تاریکی ۸/۱۶ ساعت و دمای متناوب ۱۰/۲۲ کشت شد. به منظور جلوگیری از تلاقی بین بیوتیپ‌های مختلف، هر بیوتیپ داخل یک محفظه توری نگهداری شد. پس از رسیدگی کامل در تاریخ ۱۲ اردیبهشت ۱۳۹۱ بذور خردل وحشی و شلمی برداشت شدند. نحوه کدگذاری به این صورت است که در سمت چپ حروف بیان کننده منطقه، در سمت راست حرف بزرگ بیان کننده گونه گیاهی و حرف کوچک نشان دهنده حساس یا مقاوم بودن بیوتیپ می‌باشد. خصوصیات این بیوتیپ‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

#### تعیین دمای کاردینال

برای انجام مطالعه، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای دمایی شامل ۰، ۳، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتیگراد بود. برای شکستن خواب بذور هر دو گونه از اسیدجیرلیک با غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام در محیط حوله کاغذی به مدت ۲۴ ساعت استفاده شد (Abdollahi pour et al., 2012). برای هر تیمار از هر بیوتیپ، ۲۵ عدد بذور روی دو لایه کاغذ حوله‌ای قرار داده و روی بذور با یک کاغذ حوله‌ای پوشانده شده (ISTA, 2009) و هر

توسط برخی دیگر، بیانگر کاهش خطی درصد جوانه‌زنی بذور گالیوم (*Galium tricornatum*) با کاهش پتانسیل اسمزی بود (Chauhan et al., 2006; Ghorbani et al., 1999). کاهش پتانسیل اسمزی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی توسط افراد متعددی گزارش شده است. آلوارادو و همکاران (Alvarado et al., 2002) و زو و آهرنس (Zhou and Ahrens, 2005) بیشترین درصد جوانه‌زنی تاجریزی را در محدوده pH ۶ تا ۸ گزارش کردند. در خارج از این دامنه جوانه‌زنی کاهش پیدا کرد به طوری که در pH ۴ و ۹ به ترتیب ۳۱ و ۴۸٪ جوانه‌زنی را گزارش کردند.

هدف از انجام این پژوهش بررسی شایستگی بیوتیپ‌های علف‌هرز خردل وحشی مقاوم به علف کش تری‌بنورون متیل تحت تنش‌های محیطی در شرایط آزمایشگاهی بود.

#### مواد و روش‌ها

##### مواد گیاهی

بذور مورد استفاده در این آزمایش از شهرستان‌های آق‌قلا، علی‌آباد و گرگان جمع‌آوری شد. پس از اطمینان از مقاومت بیوتیپ‌های مقاوم مورد آزمایش به منظور به دست آوردن بذور نسل F<sub>1</sub> جهت از بین بردن اختلاف‌های ناشی از شرایط پایه مادری، اقدام به تکثیر بذور بیوتیپ‌های حساس و مقاوم شد. بدین منظور بذور در اول آبان ماه سال ۱۳۹۰، در گلدان‌های پلی‌اتیلنی کشت شد. در داخل هر گلدان شش عدد بذور جوانه‌دار قرار داده و پس از اطمینان از استقرار گیاهچه، در مرحله دو برگی تعداد چهار بوته در داخل هر گلدان نگهداری شد. هر دو هفته یک‌بار گلدان‌ها با

صورت طرح کاملاً تصادفی و با ۴ تکرار به روش ساندویچی صورت پذیرفت. در هر تکرار این روش، از ۲۵ عدد بذر استفاده شد و شمارش به صورت دو بار در روز انجام شد.

#### ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم به علف‌کش در شوری‌های مختلف

برای ایجاد پتانسیل‌های مختلف شوری از NaCl تولید شرکت مرک آلمان در آب مقطر استفاده شد. پتانسیل‌های شوری به ترتیب ۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱، ۱/۲ و ۱/۴- مگاپاسکال بودند. مقدار نمک لازم برای تهیه مولاریته مورد نظر بر اساس فرمول وانتروف (Almansouri et al, 2001) (معادله ۱) به دست آمد انجام این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۴ تکرار به روش ساندویچی صورت پذیرفت. در هر تکرار این روش، از ۲۵ عدد بذر استفاده شد و شمارش به صورت دو بار در روز انجام شد.

$$\Psi_s = -CiRt \quad \text{معادله (۱):}$$

در این معادله:

$\Psi_s$ : پتانسیل اسمزی (مگاپاسکال)

C: غلظت نمک بر اساس مولاریته

i: ضریب یونیزاسیون (۱/۸)

R: ثابت گازها (۰/۰۰۸۳۱۴)

t: دما بر حسب کلونین

برای توجیه روند تغییرات مربوط به درصد جوانه‌زنی در مقابل خشکی و شوری‌های مختلف از مدل (۳) سیگموئیدی<sup>۱</sup> سه پارامتره (Bhagirath et al, 2008) استفاده شد.

مجموعه به منزله یک تکرار در نظر گرفته شد. خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر به عنوان معیار جوانه‌زنی در نظر گرفته شده و شمارش بذور جوانه زده ۲ بار در روز با فواصل زمانی ۱۲ ساعت انجام شد. ابتدا سرعت جوانه‌زنی با استفاده از مدل ۱ محاسبه، سپس با استفاده از داده‌های حاصل از سرعت جوانه‌زنی در دماهای مختلف و مدل دو تکه‌ای (تابع ۲) (Soltani, 2009) نسبت به برآورد دماهای کاردینال در محیط نرم‌افزاری Sigma plot ver 8 اقدام شد.

$$R_s = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_i} \quad \text{مدل (۱)}$$

که در آن:

$R_s$ : سرعت جوانه‌زنی

$S_i$ : بذور جوانه زده

$D_i$ : تعداد روز جوانه‌زنی می باشد.

مدل (۲)

$$y = \text{if}(x < T_o, ((x - T_b)/(T_o - T_b))/f_o, (1 - (x - T_o)/(T_c - T_o))/f_o)$$

که در آن:

$T_b$ : دمای حداقل

$T_o$ : دمای بهینه

$T_c$ : دمای حداکثر

$f_o$ : حداقل زمان جهت رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی.

#### ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم به علف‌کش در خشکی‌های مختلف

برای ایجاد پتانسیل‌های مختلف خشکی از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰، تولید شرکت مرک آلمان (Michel, 1983) در آب مقطر استفاده شد. پتانسیل‌های خشکی به ترتیب ۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶- و ۰/۸، ۱- مگاپاسکال بود. انجام این آزمایش به

<sup>1</sup> - Sigmoidal

Al-Sr دمای بهینه در بیوتیپ مقاوم پایین تر بود، در صورتی که در بیوتیپ حساس G-Ss و بیوتیپ مقاوم G-Sr دمای بهینه در بیوتیپ حساس پایین تر بود.

پارک و همکاران (Park et al., 2004) گزارش کردند که از نظر جوانه‌زنی بین بیوتیپ‌های حساس و مقاوم به بازدارنده استولاکتاک‌سینتاز بروموس کرک دار (*Bromus tectorum*) تفاوتی وجود نداشت. (Vila-Aiub et al., 2005) هم عنوان کردند که بیوتیپ رایگراس سخت<sup>۱</sup> (*Lolium rigidum*) مقاوم به بازدارنده‌های ACCase در دمای ثابت درصد جوانه‌زنی کمتری در مقایسه با بیوتیپ‌های حساس داشت.

در آزمایشی که توسط (Norsworthy and Oliveria, 2005) انجام شد دمای بهینه در بیوتیپ‌های حساس کاسیا (*Cassia occidentalis*) ۲۵ درجه سانتیگراد عنوان شد. بیش از ۷۰٪ جوانه‌زنی بین دمای ۱۲/۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد اتفاق افتاد. آستانه دمای پایین و بالای جوانه‌زنی کاسیا در بیوتیپ‌های مقاوم به ترتیب ۱۰ و ۴۵ گزارش شد.

پایین بودن دمای بهینه در استقرار بهتر بیوتیپ‌های حساس در اوایل فصل نسبت به بیوتیپ‌های مقاوم و بسته شدن سریع تر کانوبی آن بسیار موثر بوده که این مساله اجازه رشد کمتری به بیوتیپ‌های مقاوم را می‌دهد.

#### تأثیر تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذور

تنش خشکی به صورت معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های خردل وحشی تأثیر گذاشت. با

مدل (۳)  $Y = G_{max} / (1 + \exp(-(x-x_{50})/G_{rate}))$  که در آن:

Y: درصد جوانه‌زنی

G<sub>max</sub>: حداکثر جوانه‌زنی

X<sub>50</sub>: پتانسیل رطوبتی مورد نیاز برای ۵۰٪ جوانه‌زنی

G<sub>rate</sub>: سرعت جوانه‌زنی

#### ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم به علف‌کش در pH مختلف

به منظور مطالعه اثرات pH از روش ارائه شده توسط (Susko et al., 1999) استفاده شد. در این روش برای ایجاد pH ۴ تا ۶ از بافر پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات ۰/۱ مولار و برای pH ۷ تا ۹ از سدیم تترابوراکس ۲۵ میلی‌مولار استفاده شد. جهت تنظیم محلول‌های بافر مناسب از HCl، NaOH تولید شرکت مرک آلمان و آب مقطر با pH= ۶/۲ استفاده شد. انجام این آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی و با ۴ تکرار به روش ساندویچی صورت پذیرفت. در هر تکرار این روش، از ۲۵ عدد بذر استفاده شد و شمارش به صورت دو بار در روز انجام شد.

#### نتایج و بحث

##### دماهای کاردینال

نتایج شکل ۱ نشان می‌دهد که دمای حداقل در بیوتیپ مقاوم و حساس خردل وحشی اختلاف معنی‌داری نداشت. دمای بهینه جوانه‌زنی خردل وحشی در بیوتیپ‌های حساس و مقاوم به ترتیب ۲۳ و ۲۵ درجه سانتیگراد بود. جدول ۲ نشان می‌دهد که در بیوتیپ حساس و مقاوم Ag-Ss و Ag-Sr اختلاف معنی‌داری بین دو بیوتیپ حساس و مقاوم دیده نشد ولی در بیوتیپ‌های Al-Ss و

<sup>1</sup> -Rigid rye grass

افزایش تنش خشکی ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی، درصد جوانه‌زنی به صورت سیگموئیدی کاهش یافت (شکل ۲، جدول ۳). در پتانسیل‌های صفر و ۰/۲- مگاپاسکال، بیوتیپ‌های حساس و مقاوم حداکثر جوانه‌زنی را داشتند. کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به بیوتیپ Al-Ss در پتانسیل اسمزی ۱- مگاپاسکال بود که اختلاف معنی‌داری با سایر بیوتیپ‌ها در این پتانسیل نداشت. از پتانسیل ۰/۴- تا ۱- مگاپاسکال روند جوانه‌زنی در کلیه بیوتیپ‌ها کاهش پیدا کرد. در مقایسه هر بیوتیپ مقاوم با بیوتیپ حساس همان منطقه مشخص شد که در پتانسیل‌های رطوبتی پایین درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم مشابه بود ولی با افزایش آن، درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس با شیب بیشتری کاهش پیدا کرد. به طور کلی، بیوتیپ Ag-Ss نسبت به دو بیوتیپ Al-Ss و G-Ss پتانسیل رطوبتی بیشتر را بهتر تحمل می‌نماید به طوری که بیوتیپ Ag-Ss در ۰/۵- مگاپاسکال با کاهش ۵۰ درصدی جوانه‌زنی مواجه شد در حالی که در بیوتیپ‌های Al-Ss و G-Ss پتانسیل‌های رطوبتی کمتر، این کاهش ۵۰ درصدی مشاهده شد. این موضوع نشان می‌دهد که بیوتیپ‌های حساس نسبت به تنش خشکی حساس‌تر از بیوتیپ‌های مقاوم هستند.

افزایش تنش خشکی ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی، درصد جوانه‌زنی به صورت سیگموئیدی کاهش یافت (شکل ۲، جدول ۳). در پتانسیل‌های صفر و ۰/۲- مگاپاسکال، بیوتیپ‌های حساس و مقاوم حداکثر جوانه‌زنی را داشتند. کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به بیوتیپ Al-Ss در پتانسیل اسمزی ۱- مگاپاسکال بود که اختلاف معنی‌داری با سایر بیوتیپ‌ها در این پتانسیل نداشت. از پتانسیل ۰/۴- تا ۱- مگاپاسکال روند جوانه‌زنی در کلیه بیوتیپ‌ها کاهش پیدا کرد. در مقایسه هر بیوتیپ مقاوم با بیوتیپ حساس همان منطقه مشخص شد که در پتانسیل‌های رطوبتی پایین درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم مشابه بود ولی با افزایش آن، درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس با شیب بیشتری کاهش پیدا کرد. به طور کلی، بیوتیپ Ag-Ss نسبت به دو بیوتیپ Al-Ss و G-Ss پتانسیل رطوبتی بیشتر را بهتر تحمل می‌نماید به طوری که بیوتیپ Ag-Ss در ۰/۵- مگاپاسکال با کاهش ۵۰ درصدی جوانه‌زنی مواجه شد در حالی که در بیوتیپ‌های Al-Ss و G-Ss پتانسیل‌های رطوبتی کمتر، این کاهش ۵۰ درصدی مشاهده شد. این موضوع نشان می‌دهد که بیوتیپ‌های حساس نسبت به تنش خشکی حساس‌تر از بیوتیپ‌های مقاوم هستند.

تنش خشکی ممکن است جوانه‌زنی را به تاخیر بیندازد، کاهش دهد و یا به طور کامل از آن جلوگیری کند (Oliveira et al., 2006). نتایج بدست آمده توسط برخی دیگر، بیانگر کاهش خطی درصد جوانه‌زنی بذور گالیوم (Galium tricornatum) با کاهش پتانسیل اسمزی بود (Chauhan et al., 2006;

### تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی بذور

تنش شوری به صورت معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های خردل وحشی تأثیر گذاشت به طوری که با افزایش تنش شوری، درصد جوانه‌زنی به صورت سیگموئیدی کاهش یافت. در پتانسیل‌های صفر و ۰/۲- مگاپاسکال، بیوتیپ‌های حساس و مقاوم خردل وحشی حداکثر جوانه‌زنی را داشتند. بیوتیپ Ag-Sr در پتانسیل اسمزی ۱/۴- مگاپاسکال برتری خود را نسبت به سایر بیوتیپ‌ها نشان داد. در بیوتیپ‌های مقاوم در پتانسیل اسمزی ۰/۶- مگاپاسکال به بالا ۵۰٪ کاهش جوانه‌زنی رخ داد ولی در بیوتیپ‌های حساس (به استثنای Ag-Ss) در پتانسیل اسمزی ۰/۴- و ۰/۵- مگاپاسکال نیمی از جوانه‌زنی کاهش یافت (شکل ۳، جدول ۴).

شوری خاک یا آب یکی از مهم‌ترین عوامل تنش‌زا در کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا می‌باشد (Jamil et al, 2006). در آزمایشی که توسط ری و همکاران (Ray et al, 2005) انجام شد، خاکشیر تلخ (*Sisymbrium irio*) تا پتانسیل اسمزی ۱/۲- مگاپاسکال جوانه‌زنی داشت. بوید و ون آکر (Boyd and Van Acker, 2003) پتانسیل اسمزی ۰/۱-، ۰/۵- و ۱- مگاپاسکال را بر روی جوانه‌زنی کلزا (*Brassica napus*) و

جوانه‌زنی کاهش پیدا کرد به طوری که در pH ۴ و ۹ به ترتیب ۳۱ و ۴۸٪ جوانه‌زنی را گزارش کردند. نتایج به دست آمده حاکی از حساسیت بیشتر بیوتیپ‌های حساس خردل وحشی به pH اسیدی نسبت به بیوتیپ‌های مقاوم است.

#### نتیجه‌گیری

آگاهی از دمای جوانه‌زنی در مدیریت بهتر علف‌های هرز بسیار موثر است. در این آزمایش، با افزایش دما از حد بهینه، درصد جوانه‌زنی در بیوتیپ‌های حساس و مقاوم کاهش پیدا کرد. به این ترتیب، در بیوتیپ‌های حساس و مقاوم به دلیل عدم اختلاف معنی‌دار بین دمای پایه، جوانه‌زنی هر دو بیوتیپ در اوایل فصل رشد مشابه می‌باشد. به هر حال، دمای بهینه در بیوتیپ حساس پایین‌تر است و احتمال استقرار این بیوتیپ‌ها بیشتر خواهد بود. بیوتیپ مقاومی که بومی منطقه آق‌قلا بود مقاومت بالاتری به شوری بالا نشان دادند. در آزمون pH، هم بالاترین درصد جوانه‌زنی را داشت.

آگاهی از خصوصیات بیولوژیکی بیوتیپ‌های مقاوم (Crooks, 2005) و هم چنین مکانیزم‌هایی که موجب مقاومت شده‌اند (Vila-Aiub *et al.*, 2005) ممکن است در مدیریت آن‌ها مفید باشد.

اندازه‌گیری تفاوت شایستگی علف‌های هرز مقاوم و حساس به علف‌کش نیز امکان‌پذیر است. روند تکامل مقاومت به علف‌کش و طراحی راهبردهای مدیریتی به منظور بهره‌برداری از صفاتی که منجر به کاهش نمود اکولوژیکی بیوتیپ‌های مقاوم می‌شود، را فراهم می‌نماید (Vila-Aiub *et al.*, 2005; Gill, 1996).

خردل وحشی مورد ارزیابی قرار داده و نتیجه گرفتند که در هر دو گیاه با کاهش پتانسیل آب، جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد و این کاهش برای خردل وحشی بیشتر بود.

با توجه به شاخص X<sub>50</sub> در (جدول ۴) بیوتیپ‌های Al-Ss و G-Ss زودتر وارد فاز کاهش درصد جوانه‌زنی شده که نشان دهنده حساسیت بیشتر آن‌ها به شوری نسبت به بیوتیپ‌های مقاوم است. به طور کلی با توجه به شواهد موجود، بیوتیپ‌های مناطق گرم و خشک (آق‌قلا) توان تطابق پذیری بالاتری در مقایسه با بیوتیپ‌های مناطق معتدل به تنش شوری دارند.

#### تأثیر pH بر جوانه‌زنی بدور

درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم خردل وحشی در pH مختلف دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول ۵). درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس در اسیدیته ۴ تا ۶ اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی بین بیوتیپ‌های مقاوم در این دامنه بیشترین درصد جوانه‌زنی در اسیدیته ۶ مشاهده شد. در کلیه بیوتیپ‌های حساس و مقاوم، درصد جوانه‌زنی در pH خنثی افزایش پیدا کرد. با افزایش pH به سمت قلیایی درصد جوانه‌زنی مجدداً کاهش پیدا کرد. بیشترین درصد جوانه‌زنی در محدوده قلیایی در pH مساوی ۸ در بیوتیپ Ag-Sr دیده شد هر چند اختلاف معنی‌داری با سایر بیوتیپ‌ها نداشت. کاهش درصد جوانه‌زنی در pH قلیایی ۹ با اختلاف معنی‌داری همراه بود.

زو و آهرنس (Zhou and Ahrens, 2005) بیشترین درصد جوانه‌زنی تاجریزی را در محدوده pH ۶ تا ۸ گزارش کردند. در خارج از این دامنه

قابل استفاده نباشند، فراوانی بوته‌های مقاوم در جمعیت احتمالاً کاهش نخواهد یافت، در این صورت مدیریت بلند مدت گیاهان مقاوم نیازمند اتخاذ راهبردهایی است که موجب کاهش شدت گزینش که برای گیاهان مقاوم مطلوب است و همچنین تلفیق راهبردهای مدیریتی دیگر است. این راهبردها شامل کاربرد منطقی علف‌کش، بهره‌برداری از جنبه‌های بیولوژیکی منحصر به فرد علف‌های هرز مقاوم و دستکاری سامانه‌های زراعی به منظور به حداکثر رساندن اثربخشی مدیریت شیمیایی و غیرشیمیایی علف‌کش است.

و بر اساس آن، پس از وقوع مقاومت در جمعیت علف‌هرز برای کاهش اثرات آن جای امیدواری وجود دارد (Wiederholt, 1996).

با توجه به این که بیوتیپ‌های حساس و مقاوم خردل وحشی در طیف وسیعی از درجه حرارت قادر به جوانه‌زنی بوده احتمال گسترش این بیوتیپ‌ها در منطقه وجود دارد. در صورت حذف فشار گزینش علف‌کش اگر شایستگی گیاهان مقاوم کمتر از گیاهان حساس باشد، با گذشت زمان گیاهان حساس یک جمعیت جایگزین گیاهان مقاوم می‌شوند. اما اگر این اختلافات قابل توجه یا

جدول ۱- مشخصات مناطقی که بذور بیوتیپ‌های خردل وحشی حساس و مقاوم جمع‌آوری شده‌اند

Table 1 - Profile of areas in which seeds of susceptible and resistant biotypes of wild mustard have collected

Row	Location and Type	Biotype code	Longitude	Latitude	Altitude
1	Aghghala Resistant	Ag-Sr	54.16	36.20	150
2	Aghghala susceptible	Ag-Ss	54.21	36.58	150
3	Aliabad Resistant	Al-Sr	54.53	36.38	178
4	Aliabad susceptible	Al-Ss	54.46	36.54	178
5	Gorgan Resistant	G-Sr	54.40	36.29	27
6	Gorgan susceptible	G-Ss	54.37	36.55	27

جدول ۲- ضرایب برآورد شده مدل دو تکه‌ای واکنش سرعت جوانه زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم خردل وحشی به درجه حرارت

Table 2- Estimated parameters of fitted segmented model to germination velocity of susceptible and resistant wild mustard biotypes in response to temperature

P	R <sup>2</sup>	T <sub>c</sub>	F <sub>0</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>b</sub>	Biotype
<0.0001	0.98	40.1987(0.292)	30.2711(0.471)	26.2991(0.315)	2.79 (0.333)	<b>Ag-Sr</b>
<0.0001	0.98	40.1987(0.268)	30.502(0.437)	26.4044(0.288)	2.0964 (0.306)	<b>Ag-Ss</b>
<0.0001	0.97	40.8450(0.612)	31.8606(0.788)	21.9904(0.482)	2.0708 (0.409)	<b>Al-Sr</b>
<0.0001	0.96	40.1515(0.571)	26.5225(0.705)	23.0134(0.511)	2.1252 (0.524)	<b>Al-Ss</b>
<0.0001	0.96	38.2527(0.481)	30.5547(0.762)	25.94(0.525)	2.1208 (0.568)	<b>G-Sr</b>
<0.0001	0.98	39.8682(0.357)	19.300(0.321)	19.999 (0.323)	2.4287 (0.271)	<b>G-Ss</b>

Standard errors are in parentheses

اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد تخمین ضرایب رگرسیون است.



جدول ۳- ضرایب برآورد شده معادله سیگموئیدی سه پارامتره برای توصیف روند تغییرات درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم خردل وحشی در مقابل پتانسیل‌های رطوبتی مختلف

Table 3- Estimated coefficients of three parameter-sigmoidal equation to describe changes in germination percentage of resistant and susceptible wild mustard biotypes at different water potentials

P-value	R <sup>2</sup>	G <sub>rate</sub>	X <sub>50</sub>	G <sub>max</sub>	Biotype
0.0003	0.99	0.1464(0.171)	-0.5813(0.021)	103.6928(3.710)	Ag-Sr
0.0007	0.99	0.1483(0.023)	-0.5028(0.031)	106.0393(6.043)	Ag-Ss
0.0002	0.99	0.1396 (0.013)	-0.5712(0.016)	103.0155(3.025)	Al-Sr
0.0006	0.99	0.1406(0.021)	-0.4949(0.028)	106.1772(6.601)	Al-Ss
<0.0001	0.99	0.1354(0.010)	-0.5550(0.013)	103.2335(3.462)	G-Sr
0.0006	0.99	0.1388(0.022)	-0.4868(0.028)	106.2140(6.834)	G-Ss

اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد تخمین ضرایب رگرسیون است. Standard errors are in parentheses

جدول ۴- ضرایب برآورد شده معادله سیگموئیدی سه پارامتره برای توصیف روند تغییرات درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم خردل وحشی در مقابل پتانسیل‌های اسمزی مختلف

Table 4- Estimated coefficients of three parameter-sigmoidal equations to describe changes in germination percentage of resistant and susceptible wild mustard biotypes at different osmotic potential

P-value	R <sup>2</sup>	G <sub>rate</sub>	X <sub>50</sub>	G <sub>max</sub>	Biotype
<0.0001	0.99	0.2346(0.026)	-0.6752(0.037)	104.7387(5.330)	Ag-Sr
<0.0001	0.99	0.2042(0.023)	-0.6091(0.032)	105.2975(5.077)	Ag-Ss
<0.0001	0.98	0.2155(0.031)	-0.6716(0.042)	106.4844(6.193)	Al-Sr
<0.0001	0.98	0.2415(0.046)	-0.5109(0.078)	113.4554(13.247)	Al-Ss
<0.0001	0.98	0.244(0.036)	-0.6359(0.054)	106.4107(7.884)	G-Sr
<0.0001	0.98	0.2358(0.048)	-0.4886(0.082)	113.1713(14.400)	G-Ss

اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد تخمین ضرایب رگرسیون است. Standard errors are in parentheses

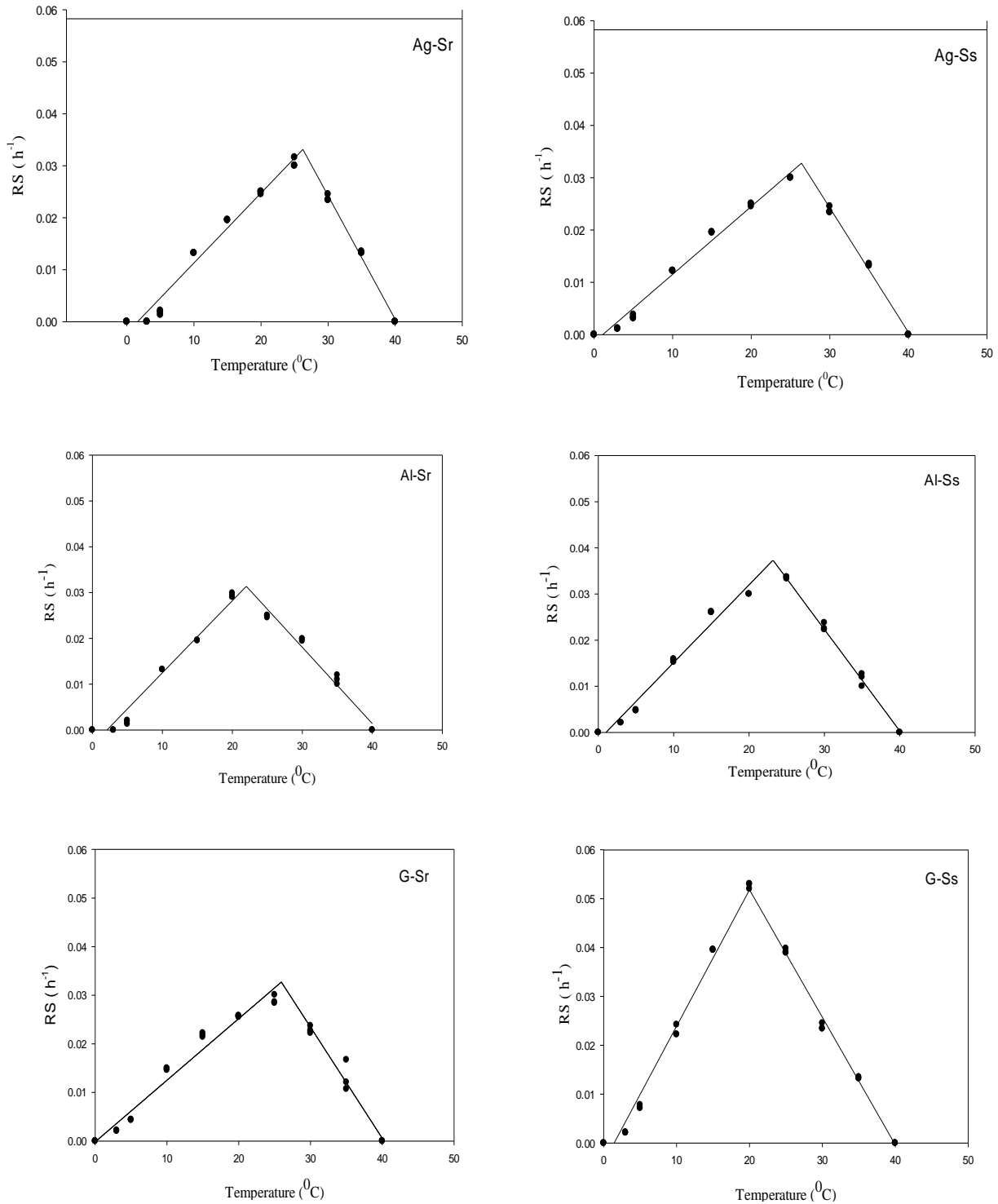
جدول ۵- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم خردل وحشی در pH های مختلف

Table 5- Mean comparison of seed germination of resistant and susceptible wild mustard biotypes at different pH

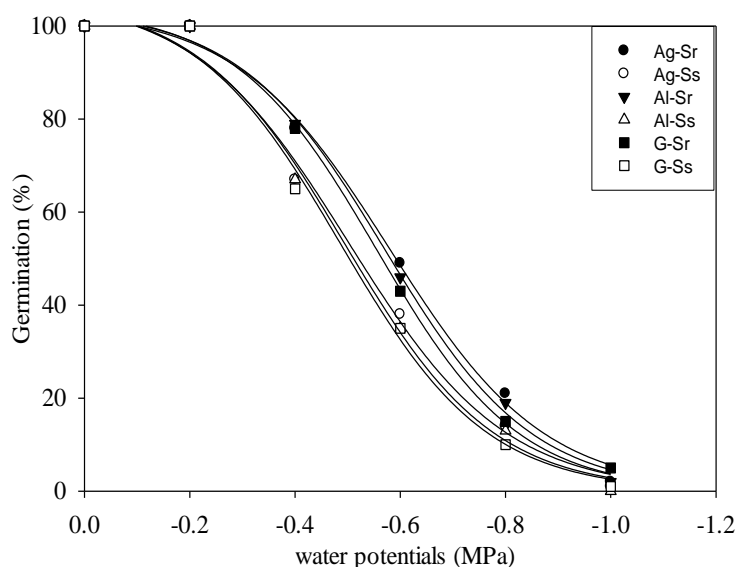
G-Ss	G-Sr	Al-Ss	Al-Sr	Ag-Ss	Ag-Sr	pH
0 c	1 d	0 c	3 d	2 c	4 cd	4
1 c	4 d	0 c	5 cd	1 c	6 cd	5
4 c	9 c	2 c	8 c	4 c	9 c	6
92 a	100 a	85 a	100 a	87 a	97 a	7
41 b	54 b	46 b	61 b	52 b	63 b	8
0 c	2 d	0 c	1 d	0 c	1 d	9

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح ۵٪ به روش LSD تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

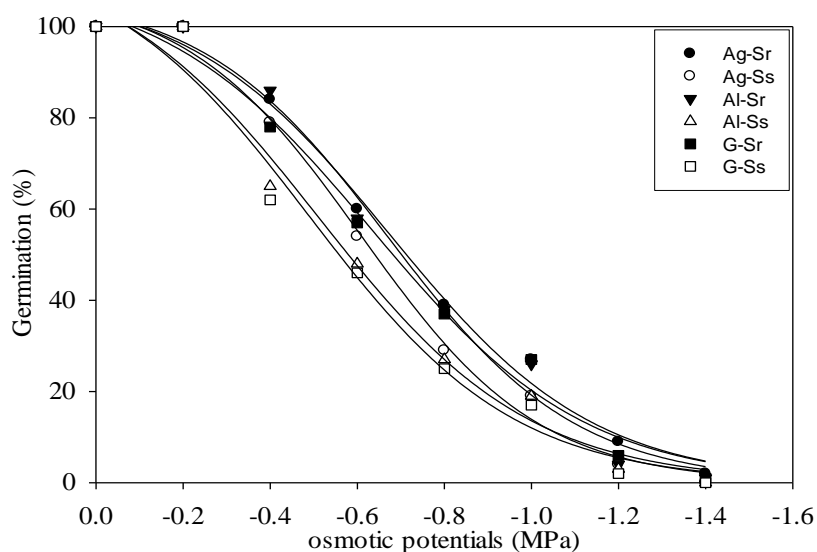
Within each column, values followed by the same letter are not significantly different at P = 0.05 level according to LSD multiple range test.



شکل ۱- برازش مدل دوتکه‌ای به سرعت جوانه زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم خردل وحشی نسبت به درجه حرارت  
 Figure 1- Fitting the segmented model to germination velocity of susceptible and resistant wild mustard biotypes in response to temperature



نمودار ۲- روند تغییرات درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم خردل وحشی در پتانسیل‌های رطوبتی مختلف  
Figure 2-Trend of changing in seed germination percentage of resistant and susceptible wild mustard biotypes at different water potentials



نمودار ۳- روند تغییرات درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم خردل وحشی در پتانسیل‌های اسمزی مختلف  
Figure 3- Trend of changing in seed germination percentage of resistant and susceptible wild mustard biotypes at different osmotic potentials.

## Reference

## فهرست منابع

- Abdollahipour, M., J. Gherekhloo, and N. Bagherani, 2012.** Effects of different treatments on breaking of dormancy and germination of susceptible and resistant biotypes of bastardcabbage (*Rapistrum rugosum*). 20<sup>th</sup> Iranian plant protection congress. 26-29 August 2012. Shiraz University.
- Almansouri, M., J. M. Kinet, and S. Lutts. 2001.** Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum*). *Plant and Soil*, 231: 243–254.

- Alvarado, V. and K. J. Bradford.** 2002. A hydrothermal time model explains the cardinal temperature for seed germination. *Plant, Cell and Environment*, 25: 1061-1069.
- Bhagirath, S., B. S. Chauhan, E. David. and M. A. K. Johnson.** 2008. Seed Germination and Seedling Emergence of Giant Sensitive plant (*Mimosa invisa*). *Weed Sci.* 56:244–248.
- Boyd, N. S. and R. C. Van Acker.** 2003. The effect of depth and fluctuating soil moisture on the emergence of eight annual and six perennial plant species. *Weed Sci.* 51: 725-730.
- Bradford, K. J.** 2002. Application of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Sci.* 50: 248-260.
- Chauhan, B. S., G. Gill. and C. Preston..** 2006. Factors affecting seed germination of three horn bedstraw (*Galium tricornatum*) in Australia. *Weed Sci.* 54:471-477.
- Crooks, H. L., M. G. Burton, A.C. York, and C. Brownie.** 2005. Vegetative growth and competition cocklebur resistant and susceptible to Acetolactate Synthase- inhibiting herbicides. *Cotton Sci.* 9: 229 – 237.
- Forcella, F., R. A. Benech-Arnold, Sanchez, and C. M. Ghera.** 2000. Modelling seedling emergence. *Field Crops Res.* 67: 123-139.
- Gherekhlou, J. and Zand, E.** 2010. Short review on conducted herbicide-resistance researches in Iran. 11<sup>th</sup> Iranian Crop Science Congress. 24-26 July. Tehran. (In Persian with English Summary).
- Gill, G. S. R.D. Cousens, and M.R. Allan.** 1996. Germination, growth and development of herbicide resistant and susceptible populations of rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). *Weed Sci.* 44: 252-256.
- Ghorbani, R., W. Seel. and C. Leifert.** 1999. Effects of environmental factors on germination and emergence of *Amaranthus retroflexus*. *Weed Sci.* 47: 505-510.
- Hilhorst, H. W. M.** 1998. The regulation of secondary dormancy. The membrane hypothesis revisited. *Seed Science Research*, 8: 77-90.
- Holm, L., J. Doll, E. Holm, J. Pancho, and J. Herberger.** 1997. World weeds, Natural histories and distribution, John Wiley & Sons, Inc. New York. 1129pp.
- Ismail. B. S., T.S. Chuah, S. Salmijah, Y.T. Teng, and R.W. Schumacher.** 2002. Germination and seedling emergence of glyphosate- resistant and susceptible biotypes of goosegrass (*Eleusine indica* [L.] Gaertn). *Weed Bio & Manag.* 2: 177-185.
- ISTA.** 2009. International rules for seed testing. The International Seed Testing Association (ISTA).
- Jamil, M., D. B. Lee, K.Y. Jung, M. Ashrafh, S.C. Lee. and E.S. Rha.** 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth four vegetables species. *Journal of Central European Agriculture*, 7:273-281.
- Michel, B. E.** 1983. Evaluation of water potential of solution of polyethylene glycol 8000 both in absence and presence of other solutes. *Plant Phy.* 72:66-70.
- Minbash moeini, M., Baghestani, M. A., Ahmadi, A. M., Abtali, Y., Esfandiari, H., Dim, H., Barjaste, A., Bagherani, N., Yones abadi, M., Pourazar, R., Jahedi, A., Jafarzade, N., Jamali, M. R., Hoseini, M., Noroz zade, SH., Alreza dalghandi, M., Ramezani, M.K., Lak, M. R., Sarani, M., Soheili, B., Sarihi, S., Mosavi, K., Shahverdi, M., Sabahi, N., Salahi ardakani, A., Tabatabaee, R., Ghojigh, H., Ghasemi, M.T., Mohamadi, H. A., Mirvakili, M., Makani, A., Nazer kakhaki, H., Narimani, V., Mirshekari, A., Veisi, M., Agha beigi, F., Sajedi, S., Javadi, B. & Mosavi, M.** 2007. An approach to weed management in irrigated wheat fields. Key paper of 2<sup>th</sup> Iranian Weed Science Congress. p. 90 (In Farsi).

- Norsworthy, J. K. and M. J. Oliveria.** 2005. Coffee senna (*Cassia occidentalis*) germination and emergence is affected by environmental factors and seeding depth. *Weed Sci.* 53:657–662.
- Norsworthy, J. K. and M. J. Oliveira.** 2006. Sicklepod (*Senna obtusifolia*) germination and emergence as affected by environmental factors and seeding depth. *Weed Sci.* 54: 903-909.
- Oliveira, M. J. and J. K. Norsworthy.** 2006. Pitted morningglory (*Ipomoea lacunose*) germination and emergence as affected by environmental factors and seeding depth. *Weed Sci.* 54: 910-916.
- Park, K.W., C.A. Mallory-Smith, D.A. Ball, and G.W. Mueller- Warrant.** 2004. Ecological fitness of acetolactate synthase inhibitor- resistant and – susceptible downy brome (*Bromus tectorum*) biotypes. *Weed Sci.* 52: 768 – 773.
- Powles, S. B., C. Peterson, I. B. Bryan, and A.R. Jutsum.** 1997. Herbicide resistance: Impact and management. *Advanced Agron.* 58:57-93.
- Ray, J., R.Creamer, J. Schroeder. and L. Murray.** 2005. Moisture and Temperature requirements for London rocket (*Sisymbrium irio*) emergence. *Weed Sci.* 53:187–192.
- Schonfeld, M. A., R.C. Johnson, B.F. Carver, and D. W. Mornhinweg,** 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Sci.* 28: 526-531.
- Soltani, A.** 2009. *Mathematical Modeling in Field Crops.* Publications Mashhad.
- Susko, D.J., J.P. Mueller. and J.F. Spears.,** 1999. Influence of environmental factors on germination and emergence of *Pueraria lobata*. *Weed Sci.* 47:585-588.
- Vila-Aiub, M. M., P. Neve, K.J. Steadman, and S.B. Powels.** 2005. Ecological fitness of a multiple herbicide-resistant *Lolium rigidum* population: dynamics of seed germination and seedling emergence of resistant and susceptible phenotypes. *Journal of Applied Eco.* 42: 288-298.
- Warwick, S. I. and J. K. Anderson.** 1993. Guide to the wild germplasm of Brassica and allied crops. Part II. Chromosome numbers in the tribe Brassicaceae (Cruciferae). Agriculture Canada Research Branch Tech. Bull. 1993-15E, Ottawa, Ontario. 22 pp.
- Wiederholt, R. J. and D.E. Stolenber.** 1996. Similar fitness between large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) accessions resistant or susceptible to Acetyl – COA Carboxilase inhibitors. *Weed Tec.* 10: 42- 49.
- Zhou, J. Deckard, E. and Ahrens, W. H.** 2005. Factor affecting germination of hairy nightshade (*Solanum sarrachoides*) seeds. *Weed Sci.* 53: 41-45.

"ارزیابی شایستگی بیوتیپ‌های علف‌هرز خردل وحشی..."