تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۰
۱۱۲۷-۱۱۳۷
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.3304.1843

مقاله پژوهشی

کمی‌سازی جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز خانواده براسیکاسه (Brassicaceae) تحت شرایط شوری و خشکی

احمد زارع[1*]، مائده ملک‌پور شهرکی[2]

۱. استادیار، مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، علوم علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، باوی، ملاثانی
۲. دانشجوی مهندسی گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، باوی، ملاثانی

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۱۱

چکیده

شناخت اکولوژی جوانه‌زنی علف‌های هرز در پاسخ به تنش‌های شوری و خشکی می‌تواند در پیش‌بینی پویایی جمعیت علف‌های هرز در آینده کمک نماید. به‌منظور بررسی اثرات شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار) و خشکی (صفر، ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶-، ۰/۸-، ۱- و ۱/۲- مگاپاسکال) بر جوانه‌زنی علف‌های هرز خانواده براسیکاسه (منداب (*Eruca sativa*)، خردل‌دروغین (*Hirschfeldia incana*)، خردل‌وحشی (*Sinapis arvensis*) و خاکشیر بدل (*Erysimum repandum*))، دو آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۱۳۹۸ انجام گرفت. با افزایش تنش خشکی، درصد جوانه‌زنی، شاخص ویگور (بنیه بذر) و سرعت جوانه‌زنی در چهار علف‌هرز کاهش یافت و در تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسکال هیچ‌گونه جوانه‌زنی مشاهده نشد. کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی در منداب، خردل‌دروغین، خردل‌وحشی و خاکشیر بدل به ترتیب در تنش خشکی ۱-، ۰/۴۹-، ۰/۷۶- و ۰/۴۱ مگاپاسکال پیش‌بینی گردید. در شرایط عدم تنش خشکی شاخص ویگور خردل-وحشی نسبت به سایر علف‌های هرز بیشتر بود. منداب و خردل‌دروغین به‌عنوان مقاوم و علف‌هرز خردل‌وحشی به‌عنوان حساس به تنش شوری معرفی گردید. شوری موردنیاز برای کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی برای منداب، خردل‌دروغین، خردل‌وحشی و خاکشیر بدل به ترتیب ۲۶۷، ۱۶۲، ۳۹ و ۴۶ میلی‌مولار پیش‌بینی شد. با افزایش شوری و خشکی متوسط زمان جوانه‌زنی افزایش و بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی به خاکشیر بدل اختصاص یافت و دلیل این افزایش فاز تأخیری جوانه‌زنی بود. با توجه به نتایج در اراضی شور گسترش منداب و خردل‌دروغین بیشتر مورد انتظار و در شرایط تنش خشکی و در زراعت دیم حضور منداب نسبت به خردل‌وحشی مشهودتر است.

واژه‌های کلیدی: **خاکشیر بدل، خردل‌دروغین، خردل وحشی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص ویگور، منداب**

مقدمه

گیاهان در شرایط مزرعه در معرض تنش‌های محیطی مختلفی مانند دمای زیاد یا کم، خشکی و شوری قرار می‌گیرند، بنابراین گیاهان معمولاً دو یا تعداد بیشتری از تنش‌ها نظیر خشکی و شوری را تجربه خواهند کرد (Zhang et al., 2014). پیش‌بینی تغییرات جهانی آب‌وهوا مبنی بر افزایش دما و خشک‌سالی طولانی‌مدت شدید در برخی از نقاط جهان، تأثیر چشمگیری بر رشد گیاهان و میزان تولیدات آن‌ها خواهد داشت (Trenberth et al., 2014).

تنش خشکی و شوری از عوامل محدودکننده تولیدات محصولات کشاورزی محسوب می‌شوند، به‌طوری‌که تقریباً ۷ درصد از سطح نواحی زمین تحت تأثیر شوری می‌باشند (Rozema and Flowers, 2008). همچنین ۶۰ و ۱۰/۵ میلیون کیلومترمربع از خاک‌های کشاورزی تحت تأثیر

* نگارنده پاسخگو: احمد زارع. پست الکترونیک: Ahmadzare@asnrukh.ac.ir

خشکی و شوری می‌باشند (Zhang et al., 2014). با توجه به افزایش جمعیت، از دست دادن زمین‌های قابل کشاورزی به دلیل شوری و خشکی به‌عنوان مهم‌ترین چالش برای تأمین غذای جمعیت دنیا است (Zhang et al., 2014). علاوه بر تنش‌های غیرزیستی نظیر شوری و خشکی، تنش‌های زیستی نظیر حضور علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها یکی از عوامل محدودکننده تولید در بخش کشاورزی می‌باشند. در بین تنش‌های زیستی علف‌های هرز به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده به شمار می‌آیند.

در بین خانواده علف‌های هرز، خانواده شب‌بو یا براسیکاسه (Brassicaceae) بسیاری از گونه‌های علف‌های هرز را در بر می‌گیرد که محصولات زراعی و باغی را آلوده می‌کنند و منجر به کاهش عملکرد محصول و اختلال در زمان برداشت می‌گردند (Long et al., 2011)؛ بنابراین، باوجود تداخل، کنترل علف‌های هرز خانواده براسیکاسه در تولیدات محصولات کشاورزی بسیار ضروری است (Cheam et al., 2008).

تیره براسیکاسه دارای ۳۳۸ جنس و ۳۷۰۰ گونه است (Shankar et al., 2019). به دلیل تولید و باروری بذر زیاد، دارا بودن بذرهای ریز که احتیاجات جوانه‌زنی خاصی دارند و خصوصیات ویژه خفتگی که برای بقا و پایداری به مدت طولانی موردتوجه است می‌تواند علف‌هرز بودن بسیاری از گونه‌های خانواده براسیکاسه را تسهیل نماید (Lutman et al., 2002; Malik et al., 2010). در زمان انتشار بذر، بسیاری از علف‌های هرز خانواده براسیکاسه خفتگی فیزیولوژیک دارند که منجر به محدودیت جوانه‌زنی حتی زمانی که شرایط محیطی برای رشد مناسب باشد، می‌گردد (Baskin and Baskin, 2006) و حتی بذرهای این خانواده در بانک بذر خاک به‌صورت خفته، بسیار متغیر بوده و در زمان‌های مختلف سبز می‌شوند (Chauhan et al., 2006).

حضور علف‌های هرز خانواده براسیکاسه در اراضی کشاورزی و به‌خصوص در گندم (*Triticum aestivum*) و کلزا (*Brassica napus*) بسیار مشهود است. در بین علف‌های هرز پهن‌برگ مشکل‌زا، خردل‌وحشی (*Sinapis arvensis*) به‌عنوان سومین علف‌هرز در مزارع گندم معرفی شده است (Minbashi et al., 2008) و حضور ۳۲ بوته خردل‌وحشی در مترمربع منجر به کاهش ۳۶/۸۷ درصدی عملکرد دانه گندم گردید (Mennan, 2003).

خردل‌دروغین (*Hirschfeldia incana*) به‌عنوان علف‌هرز کنار جاده‌ها، حوزه شهری (Castro et al., 2016) و به‌عنوان یک علف‌هرز مهاجم (Marushia et al., 2012) معرفی شده است و توانایی تولید ۱۴۰۰۰ بذر در بوته را دارا است (Hani et al., 2017). همچنین علف‌هرز خردل‌دروغین به‌عنوان علف‌هرز مزارع کلزای استان فارس و به‌عنوان گونه ناخودسازگار گزارش شده است که توانایی هیبرید با خردل‌وحشی و تربچه‌وحشی (*Raphanus raphanistrum* L.) را دارد (Salimi and Faridoonpour, 2013).

منداب (*Eruca sativa*) به‌عنوان علف‌هرز مزارع گندم گزارش شده است و حضور ۲۵ بوته در مترمربع در گندم منجر به کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گندم رقم طبسی گردید (Jamnezhad et al., 2009). خاکشیر بدل (*Erysimum repandum*) نیز به‌عنوان یک علف‌هرز سه کربنه در مزارع گندم گزارش شده است (Zand et al., 2009).

جوانه‌زنی به‌عنوان کلید حیاتی در استقرار علف‌های هرز و توان رقابتی در طی فصل رشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. جوانه‌زنی، ظهور گیاهچه و رشد تحت تأثیر شوری و خشکی قرار می‌گیرد (Chauhan and Johnson, 2009). دانش و اطلاعات اکولوژی جوانه‌زنی علف‌های هرز می‌تواند به چارچوب گزینه‌های مدیریت علف‌های هرز کمک شایانی نماید (Chauhan et al., 2006). قرار گرفتن بذر علف‌های هرز در محیط‌های اقلیمی مختلف و همچنین مدیریت رایج کشاورزی، به‌طور معنی‌داری بر جوانه‌زنی و سبز شدن علف‌های هرز تأثیرگذار است (Ahmed et al., 2015)؛ بنابراین بسیار محتمل است که پاسخ جمعیت‌های علف‌های هرز به فاکتورهای زیستی و غیرزیستی متفاوت باشد.

از نتایج تحقیقات مبنی بر پاسخ خردل‌وحشی و منداب به تنش شوری و خشکی (Lotfifar et al., 2015؛ Nejadhasan et al., 2017)، هیدروترمال تایم (دما و پتانسیل اسمز) خردل‌وحشی (Soltani et al., 2013) و تنش خشکی بر خردل‌دروغین (Salimi and Faridoonpour, 2017) اطلاعاتی در دسترس است. در برخی گونه‌ها به‌مانند خردل‌دروغین تنها اثر تنش خشکی اطلاعاتی در دسترس است و در مورد خاکشیر بدل هیچ‌گونه تحقیقی صورت نگرفته است. میزان آلودگی مزارع کشاورزی استان خوزستان در آینده به علف‌های هرز خانواده براسیکاسه تحت شرایط شوری و تنش خشکی می‌تواند قابل پیش‌بینی

باشد؛ بنابراین با توجه به توضیحات پیش‌زمینه؛ هدف از انجام تحقیق، مقایسه چهار گونه‌علف‌هرز خانواده براسیکاسه به تنش‌های غیرزیستی به‌مانند شوری و خشکی است.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری بذرها

در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۸ از مزارع کشاورزی استان خوزستان بوته‌های علف‌های هرز شناسایی و بوته‌های رسیده برداشت شدند. بذرها در پاکت‌هایی به آزمایشگاه علوم علف‌های هرز دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انتقال داده شدند. در ابتدا بذرها به مدت سه روز در دمای اتاق خشک و سپس با الک‌های مختلف، جداسازی و خالص شدند. آزمون جوانه‌زنی از بذرها انجام گردید و سه علف‌هرز منداب، خردل-دروغین و خردل‌وحشی دارای جوانه‌زنی و خاکشیر بدل دارای خواب بود. بذرها به مدت چهار ماه در دمای اتاق نگهداری شدند و در پاییز آزمایش‌های شوری و خشکی انجام گردید. قبل از اجرای آزمایش، بذرها مورد آزمون جوانه‌زنی قرار گرفتند که بذرهای منداب و خردل‌دروغین دارای جوانه‌زنی بودند و دو علف‌هرز خردل‌وحشی و خاکشیر بدل دارای جوانه-زنی ضعیفی بودند. بذرهای خردل‌وحشی و خاکشیر بدل، به مدت ۲۴ ساعت در جیبرلیک ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام پیش تیمار شدند و آزمون جوانه‌زنی مجدداً انجام شد و جوانه‌زنی افزایش یافت، به‌طوری‌که درصد جوانه‌زنی خردل‌وحشی به بیش از ۹۵ و خاکشیر بدل به ۸۰ درصد رسید.

آزمایش خشکی

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتور اول شامل چهار علف‌هرز (منداب، خردل‌دروغین، خردل‌وحشی و خاکشیر بدل) و فاکتور دوم سطوح مختلف تنش خشکی (صفر، ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶-، ۰/۸-، ۱- و ۱/۲- مگاپاسکال) بود. به‌منظور تهیه محلول خشکی از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ ساخت شرکت مرک آلمان استفاده شد. قبل از انجام آزمایش‌های شوری و خشکی، آزمایش مربوط به تعیین دمای کاردینال انجام و میزان پلی‌اتیلن گلایکول در هر سطح تنش خشکی بر اساس دمای کاردینال (دمای مطلوب سرعت جوانه‌زنی) و بر اساس معادله کافمن و میشل (Michel and Kaufmann, 1973) انتخاب شد، به‌طوری‌که برای منداب، خردل‌دروغین و خردل-وحشی محلول بر اساس دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در خاکشیر بدل در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود.

در ابتدا پتری دیش‌های شیشه‌ای جهت استریل در اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس‌ازآن درون هر پتری‌دیش ۳۰ عدد بذر قرار داده شد. به ازای هر پتری‌دیش در ابتدا ۵ میلی‌لیتر محلول اضافه گردید. شمارش بذرها در روزهای اولیه هر ۱۲ ساعت و در روزهای بعدی روزانه تا ۱۵ روز ادامه داشت (Salimi and Faridoonpour, 2017). معیار جوانه‌زنی خروج دو تا سه میلی‌متر ریشه‌چه بود (Soltani et al., 2013). بعد از ۱۵ روز طول گیاه‌چه اندازه‌گیری شد.

آزمایش شوری

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتور اول شامل چهار علف‌هرز خانواده براسیکاسه (منداب، خردل‌دروغین، خردل‌وحشی و خاکشیر بدل) و فاکتور دوم سطوح مختلف شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار) بود. در ابتدا پتری دیش‌ها به قطر ۱۰ سانتی‌متر انتخاب و با الکل ضدعفونی شدند و در ادامه روی دو لایه کاغذ صافی واتمن ۳۰ عدد بذر قرار داده شد. در شروع برای تأمین رطوبت به ازای هر پتری‌دیش ۵ میلی‌لیتر از محلول‌های شوری اضافه گردید. در تیمار شاهد تنها آب مقطر اضافه گردید. شمارش بذرها در روزهای اول به‌صورت هر ۱۲ ساعت و در روزهای بعد روزانه تا ۱۵ روز ادامه داشت. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به مقدار دو یا سه میلی‌متر بود. جهت تهیه محلول شوری از کلرید سدیم شرکت مرک آلمان با خلوص ۹۹/۹۹ درصد استفاده گردید. قابل‌ذکر است که دمای مناسب برای جوانه‌زنی برای سه علف‌هرز منداب، خردل‌دروغین و خردل-وحشی ۲۵ درجه سانتی‌گراد و برای خاکشیر بدل ۱۵ درجه سانتی‌گراد بر اساس آزمایش دمای کاردینال (دمای مطلوب سرعت جوانه‌زنی) در نظر گرفته شد. در آزمایش شوری به دلیل اثرات شوری بر طول گیاه‌چه پس از ۱۵ روز امکان اندازه‌گیری طول گیاه‌چه نبود و ازاین‌رو در آزمایش شوری طول گیاه‌چه اندازه‌گیری نشد و درنتیجه صفت بنیه بذر (شاخص ویگور) نیز محاسبه نشد.

برای محاسبه درصد جوانه‌زنی (رابطه ۱)، شاخص ویگور (رابطه ۲)، سرعت جوانه‌زنی (رابطه ۳) و متوسط زمان جوانه-زنی (رابطه ۴) استفاده گردید (Pasandideh et al., 2014).

$$G=\sum\frac{n}{N}\times 100 \quad [۱]$$

$$VI=G\times SL \quad [۲]$$

$$GR=\sum\left(\frac{n}{t}\right) \quad [۳]$$

$$MGT=\frac{\sum dn}{N} \quad [۴]$$

در معادلات فوق، N برابر است با تعداد بذرها، n برابر است با تعداد بذرهای جوانه‌زده، SL برابر با طول گیاهچه، D تعداد روزها از شروع جوانه‌زنی و t تعداد روز پس از شروع آزمایش هستند.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار سیگماپلات ۱۴ انجام شد. برای برازش صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص ویگور از معادله لجستیک سه پارامتره (رابطه ۵) و صفت متوسط زمان جوانه‌زنی از معادله خط استفاده شد (رابطه ۶).

$$Y=\frac{a}{1+(\frac{x}{x_{50}})b} \quad [۵]$$

که در آن A =حداکثر صفات در تیمار شاهد (عدم شوری و خشکی)، b =شیب خط و X50 = ۵۰ درصد کاهش صفات در سطوح مختلف شوری و خشکی

$$MGT = y_0 + b \times x \quad [۶]$$

که در آن Y_0 = عرض مبدأ و b معادل شیب خط است.

نتایج و بحث

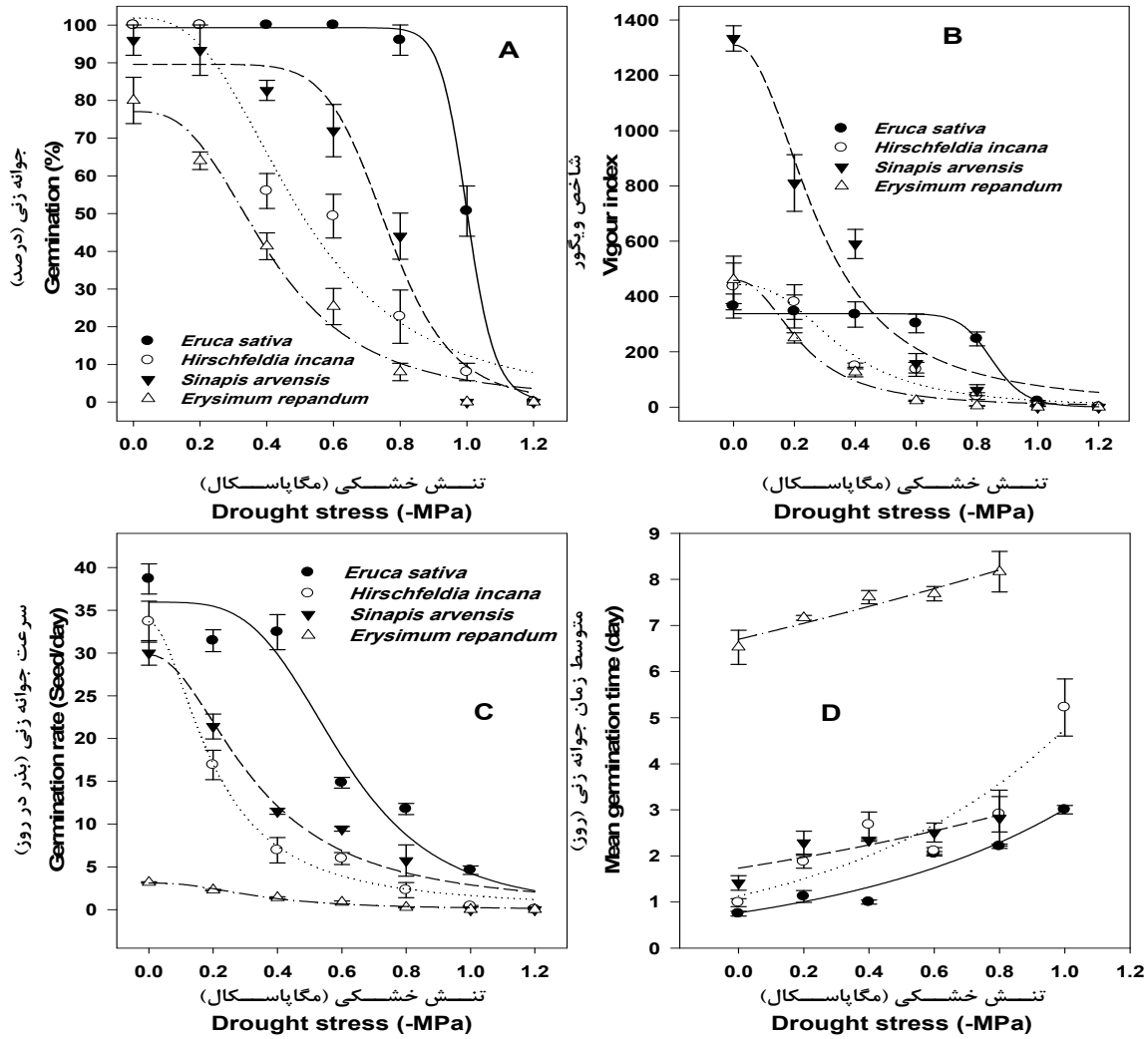
تنش خشکی

درصد جوانه‌زنی

با افزایش تنش خشکی در چهار علف‌هرز موردمطالعه، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت، اما پاسخ به سطوح مختلف تنش خشکی متفاوت بود (شکل ۱-A). درصد جوانه‌زنی منداب تا تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسکال ۱۰۰ درصد و در تنش خشکی ۰/۸- مگاپاسکال ۹۶ درصد بود (شکل ۱-A). نکته قابل‌توجه کاهش درصد جوانه‌زنی در تیمار تنش ۰/۸-مگاپاسکال از ۹۶ به ۵۰ درصد در تیمار ۱- مگاپاسکال بود و در تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسکال جوانه‌زنی منداب به‌طور کامل متوقف گردید (شکل ۱-A).

نتایج خردل‌دروغین نیز نشان داد که این علف‌هرز تا سطح تنش خشکی ۰/۲- مگاپاسکال نسبت به شاهد تغییری در درصد جوانه‌زنی نداشت، اما با افزایش تنش خشکی به ۰/۴- و ۰/۶- مگاپاسکال درصد جوانه‌زنی به ۵۶ و ۴۹ درصد رسید (شکل ۱-A). در تنش خشکی ۱- مگاپاسکال خردل-دروغین دارای ۸ درصد جوانه‌زنی بود و در تنش ۱/۲- مگاپاسکال جوانه‌زنی مشاهده نشد. در سطح تنش خشکی ۰/۲- مگاپاسکال خردل‌وحشی نسبت به شاهد کاهش معنی-داری نداشت، اما با افزایش تنش خشکی به ۰/۴- و ۰/۶- مگاپاسکال جوانه‌زنی از ۹۶ درصد در تیمار شاهد به ۸۲ و ۷۲ درصد رسید. جوانه‌زنی خردل‌وحشی در ۰/۸- مگاپاسکال ۴۴ درصد بود. در شرایط عدم تنش خشکی درصد جوانه‌زنی خاکشیر بدل ۸۰ درصد بود که با افزایش تنش خشکی به ۰/۲- مگاپاسکال به ۶۴ و در سطح تنش خشکی ۰/۴- مگاپاسکال به ۴۱ درصد رسید (شکل ۱-A). توانایی جوانه‌زنی این علف‌هرز در شرایط تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسکال ۲۵ درصد بود. در بین علف‌های هرز موردمطالعه مقاوم‌ترین و حساس‌ترین علف‌های هرز به تنش خشکی به ترتیب منداب و خاکشیر بدل بودند.

پیش‌بینی آلودگی و گستردگی در بین علف‌های هرز نشان داد که در شرایط تنش خشکی حضور منداب، خردل-وحشی و خردل‌دروغین نسبت به خاکشیر بدل بیشتر در مزارع کشاورزی مورد انتظار است. نتایج تحقیقات لطفی‌فر و همکاران (Lotfifar et al., 2015) نشان داد که با افزایش تنش خشکی درصد جوانه‌زنی خردل‌وحشی جمع‌آوری‌شده از مزارع آبی استان کرمانشاه کاهش یافت و در سطح تنش خشکی ۱- مگاپاسکال جوانه‌زنی خردل‌وحشی متوقف و در تنش خشکی ۰/۸- مگاپاسکال درصد جوانه‌زنی به ۷ درصد رسید. مطالعه نژاد حسن و همکاران (Nejadhasan et al., 2017) مبنی بر پاسخ منداب، توده جمع‌آوری‌شده از شهرستان بافت استان یزد نشان داد که این علف‌هرز به تنش خشکی بسیار مقاوم بوده و در تنش ۱/۶- مگاپاسکال جوانه-زنی متوقف گردید و در تنش ۱- مگاپاسکال جوانه‌زنی منداب نسبت به شاهد تغییری نداشت.



شکل ۱. اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی (A)، شاخص ویگور (B)، سرعت جوانه‌زنی (C) و متوسط زمان جوانه‌زنی (D) علف‌های هرز خانواده براسیکاسه

Fig. 1. Effect of different levels of drought stress on germination percentage (A), vigour index (B), germination rate (C), and mean germination time (D) of Brassicaceae family weeds

برآورد پارامترهای معادله لجستیک سه پارامتره نشان داد که مقدار تنش خشکی برای کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی در بین علف‌های هرز موردمطالعه متفاوت بود (پارامتر X_{50}). در بین علف‌های هرز بیشترین درصد جوانه‌زنی در شرایط عدم تنش خشکی (پارامتر a) مربوط به منداب و خردل‌دروغین و کمترین مربوط به خاکشیر بدل بود (جدول ۱). مقدار تنش خشکی لازم برای کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی در منداب، خردل‌دروغین، خردل‌وحشی و خاکشیر بدل به ترتیب ۱-، ۰/۴۹-، ۰/۷۶- و ۰/۴۱- مگاپاسکال بود، به‌طوری‌که منداب نسبت به خردل‌دروغین، خردل‌وحشی و خاکشیر بدل به ترتیب ۲/۰۴، ۱/۳۱ و ۲/۴۳ برابر مقاوم‌تر بود. منداب به‌عنوان مقاوم‌ترین بذر به تنش خشکی در این آزمایش بود و بعدازآن خردل‌وحشی، خردل‌دروغین و خاکشیر بدل به ترتیب در رده‌بندی‌های بعدی قرار گرفتند. دراین‌ارتباط گزارش شده که ۵۰ درصد کاهش جوانه‌زنی منداب توده یزد در تنش خشکی ۱/۳۳- مگاپاسکال پیش‌بینی گردید (Nejadhasan et al., 2017).

شاخص ویگور

شاخص ویگور نتایج بسیار متفاوتی نسبت به درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت، به‌طوری‌که در شرایط بدون تنش بیشترین شاخص ویگور مربوط به خردل‌وحشی که با سایر علف‌های هرز اختلاف چشمگیری داشت و دلیل این اختلاف مربوط به طول گیاه‌چه در شرایط عدم تنش خشکی بود، چراکه شاخص

ویگور تابع درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه است و کمترین مربوط به منداب بود (شکل ۱-B). به‌طوری‌که شاخص ویگور در منداب تا سطح تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسکال به‌مانند تیمار شاهد بود و در تنش ۰/۸- مگاپاسکال شاخص ویگور کاهش شدیدی نشان داد (شکل ۱-B). در شرایط عدم تنش خشکی شاخص ویگور در خردل‌دروغین و خاکشیر بدل نسبت به منداب بیشتر و با افزایش تنش خشکی روند کاهش شاخص ویگور در منداب کمتر مشاهده شد. بیشترین شاخص ویگور در شرایط عدم تنش خشکی (پارامتر a) مربوط به خردل-وحشی و کمترین مربوط به منداب بود (جدول ۲). مقدار تنش خشکی لازم برای کاهش ۵۰ درصد شاخص ویگور در منداب، خردل‌دروغین، خردل‌وحشی و خاکشیر بدل به ترتیب برابر با ۰/۸۵-، ۰/۳۵-، ۰/۲۸- و ۰/۲۲- مگاپاسکال بود (جدول ۲).

نکته قابل‌توجه کاهش شدید شاخص ویگور خردل‌وحشی با افزایش تنش خشکی بود که نسبت به منداب در سطح تنش خشکی بسیار پایین‌تری به ۵۰ درصد کاهش رسید. به‌طوری‌که در شرایط عدم تنش خشکی و در شرایط فراهم بودن منابع رقابت به‌ویژه رطوبت حضور علف‌هرز خردل‌وحشی در مزارع گندم و کلزا می‌تواند یک رقابت کننده جدی باشد، به‌طوری‌که با دارا بودن شاخص ویگور بسیار بالا می‌تواند منجر به کاهش کمی عملکرد محصولات گردد. از طرف دیگر با افزایش طول گیاهچه می‌تواند در رقابت زیرزمینی با افزایش طول ریشه‌چه و گسترش ریشه‌چه در خاک و همچنین افزایش سطح برگ در رقابت روی‌زمینی منجر به افزایش ماده خشک تولیدی نسبت به گیاهان زراعی گردد و این نکته قابل‌توجه است که با افزایش تراکم این علف‌هرز کاهش عملکرد در مقادیر بالا می‌تواند بسیار قابل پیش‌بینی باشد. از طرف دیگر در زراعت دیم حضور منداب و خردل‌دروغین نسبت به خردل‌وحشی بیشتر مشهود باشد.

جدول ۱. برآورد پارامترهای معادله لجستیک بر درصد جوانه‌زنی علف‌های هرز

Table 1. Estimation of logistic equation parameters on germination percentage of weeds

English name	نام علف‌هرز	Scientific name	a	b	X_{50}	R^{sqr}(adj)
Rocket	منداب	*Eruca sativa*	99.28 (±0.78)	24.20 (±7.20)	1.00 (±0.002)	0.99
Hoary Mustard	خردل دروغین	*Hirschfeldia incana*	99.98 (±8.12)	2.82(±0.71)	0.49 (±0.05)	0.94
Wild Mustard	خردل وحشی	*Sinapis arvensis*	90.58 (±4.88)	7.99 (±2.55)	0.76 (±0.03)	0.95
Treacle Mustard	خاکشیر بدل	*Erysimum repandum*	77.04 (±4.18)	2.84 (±0.55)	0.41 (±0.039)	0.97

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

Numbers in parentheses indicate the standard error.

جدول ۲. برآورد پارامترهای معادله لجستیک بر شاخص ویگور (بنیه بذر) علف‌های هرز

Table 2. Estimation of logistic equation parameters on vigour index of weeds

English name	نام علف‌هرز	Scientific name	a	b	X_{50}	R^{sqr}(adj)
Rocket	منداب	*Eruca sativa*	337.94 (±11.25)	15.88 (±4.17)	0.85 (±0.02)	0.97
Mustard Hoary	خردل دروغین	*Hirschfeldia incana*	442.64 (±33.89)	2.72 (±0.60)	0.35 (±0.04)	0.96
Wild Mustard	خردل وحشی	*Sinapis arvensis*	1308.78 (±113.63)	2.19 (±0.51)	0.28 (±0.04)	0.94
Treacle Mustard	خاکشیر بدل	*Erysimum repandum*	458.21 (±22.84)	2.34 (±0.37)	0.22 (±0.019)	0.98

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند

Numbers in parentheses indicate the standard error.

سرعت جوانه‌زنی

کمترین سرعت جوانه‌زنی در شرایط عدم تنش خشکی مربوط به خاکشیر بدل و بیشترین مربوط به منداب بود (شکل ۱-C). سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی بیشتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت، در شرایط عدم تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی خردل دروغین نسبت به خردل وحشی بیشتر بود (شکل ۱-C). سرعت جوانه‌زنی در خردل‌وحشی از ۳۰ بذر در روز در شرایط تیمار شاهد به ۵ بذر در روز در تنش خشکی ۰/۸- مگاپاسکال رسید. سرعت جوانه‌زنی خردل-دروغین از ۳۳ بذر در روز در تیمار شاهد به ۲ بذر در روز در تنش خشکی ۰/۸- مگاپاسکال رسید. نکته قابل‌توجه، سرعت جوانه‌زنی خاکشیر بدل بود که در شرایط عدم تنش خشکی

نیز دارای سرعت بسیار پایینی بود و برابر با ۳/۱۷ بذر در روز بود. یکی از دلایل سرعت جوانه‌زنی پایین این علف‌هرز، دوره فاز تأخیری در جوانه‌زنی است، به‌طوری‌که با اتمام دوره جوانه‌زنی سه علف‌هرز منداب، خردل‌دروغین و خردل‌وحشی در همان روزهای اول (کمتر از ۷۲ ساعت) جوانه‌زنی این علف‌هرز آغاز نگردید و برای تکمیل جوانه‌زنی نیازمند روزهای بیشتری بود. سرعت جوانه‌زنی منداب در شرایط تنش خشکی ۰/۴- مگاپاسکال نسبت به‌سرعت جوانه‌زنی خردل‌وحشی در شرایط عدم تنش خشکی تا حدودی بالاتر بود (شکل ۱-C). سرعت جوانه‌زنی بذر تحت تأثیر عوامل مختلفی مثل اندوخته غذایی موجود در بذر، میزان هورمون‌های موجود در بذر، پوسته بذر، اندازه بذر و شرایط گیاه مادری در زمان بالغ شدن بذر است (Fenner, 1991). حداکثر سرعت جوانه‌زنی بر اساس پارامتر (a) مربوط به منداب و کمترین مربوط به خاکشیر بدل بود (جدول ۳). مقدار تنش لازم برای کاهش ۵۰ درصد سرعت جوانه‌زنی در خردل‌وحشی، خاکشیر بدل، خردل‌دروغین و منداب به ترتیب ۰/۳۳-، ۰/۳۴-، ۰/۲۰- و ۰/۵۹- بود (جدول ۳). در کل سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی بیشتر تحت تأثیر پتانسیل اسمز قرار گرفت.

متوسط زمان جوانه‌زنی

با افزایش تنش خشکی متوسط زمان جوانه‌زنی در چهار علف-هرز افزایش یافت. نتایج نشان داد که کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی مربوط به منداب و بیشترین مربوط به خاکشیر بدل بود (شکل ۱-D). متوسط زمان جوانه‌زنی در منداب در تیمار شاهد ۰/۷۶ روز و با افزایش تنش خشکی به ۱- مگاپاسکال به ۳ روز افزایش یافت. متوسط زمان جوانه‌زنی خردل‌دروغین در تیمار شاهد ۰/۹۸ روز بود و در سطح تنش خشکی ۱- مگاپاسکال به ۵/۲۲ روز رسید. متوسط زمان جوانه‌زنی خردل‌وحشی نسبت به دو علف‌هرز منداب و خردل‌دروغین با شیب کمتری افزایش یافت به‌طوری‌که در تیمار شاهد ۱/۴۱ روز و در تنش خشکی ۰/۸- مگاپاسکال به ۲/۸۲ روز رسید. خاکشیر بدل دارای بیشترین متوسط جوانه‌زنی بود و در شرایط تیمار شاهد این مقدار برابر با ۶/۵ روز و در تنش خشکی ۰/۸- مگاپاسکال ۸/۱۶ روز بود (جدول ۴).

نتایج مطالعه چوهان و همکاران (Chauhan et al., 2006) روی علف‌هرز خردل آفریقایی (*Brassica tournefortii*) نشان داد که در ۰/۶- مگاپاسکال جوانه‌زنی به‌طور کامل متوقف گردید.

جدول ۳. برآورد پارامترهای معادله لجستیک بر سرعت جوانه‌زنی علف‌های هرز

Table 3.Estimation of logistic equation parameters on germination rate of weeds

English name	نام علف‌هرز	Scientific name	a	b	X_{50}	R^{sqr}(adj)
Rocket	منداب	*Eruca sativa*	35.94 (±2.71)	3.92 (±1.12)	0.59 (±0.05)	0.94
Mustard Hoary	خردل دروغین	*Hirschfeldia incana*	33.64 (±1.35)	1.86 (±0.24)	0.20 (±0.01)	0.98
Wild Mustard	خردل وحشی	*Sinapis arvensis*	29.77 (±2.30)	2.02 (±0.40)	0.33 (±0.04)	0.95
Treacle Mustard	خاکشیر بدل	*Erysimum repandum*	3.10 (±0.19)	2.37 (±0.03)	0.34 (±0.03)	0.97

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند.

Numbers in parentheses indicate the standard error

جدول ۴. برآورد پارامترهای معادله خط بر متوسط زمان جوانه‌زنی علف‌های هرز

Table 4. Estimation of Linear Equation Parameters on mean germination time of weeds

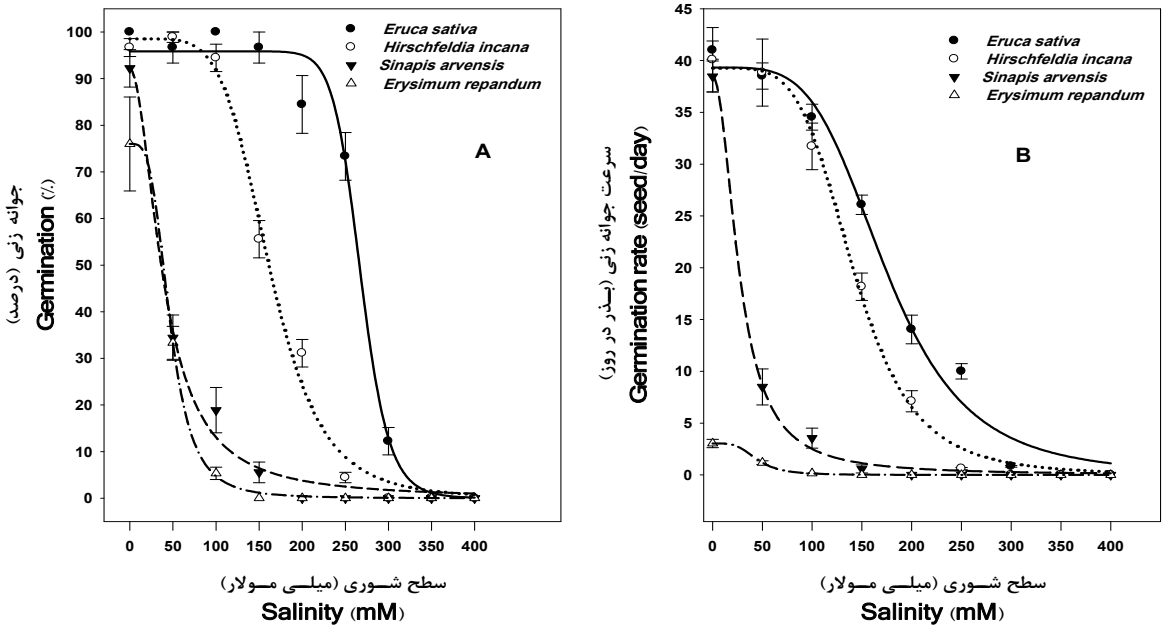
English name	نام علف‌هرز	Scientific name	a	b	R^{sqr}(adj)
Rocket	منداب	*Eruca sativa*	0.76 (±0.11)	1.37 (±0.19)	0.92
Mustard Hoary	خردل دروغین	*Hirschfeldia incana*	1.12 (±0.31)	1.44 (±0.33)	0.80
Wild Mustard	خردل وحشی	*Sinapis arvensis*	1.73 (±0.18)	0.63 (±0.19)	0.73
Treacle Mustard	خاکشیر بدل	*Erysimum repandum*	6.69 (±0.13)	0.25 (±0.03)	0.91

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند

Numbers in parentheses indicate the standard error

تنش شوری

با افزایش سطح شوری، درصد جوانه‌زنی در چهار علف‌هرز خانواده براسیکاسه کاهش یافت. نکته قابل‌توجه مربوط به منداب بود که تا سطح تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار، درصد جوانه‌زنی کاهش مشهودی نداشت، اما در خردل‌دروغین از سطح تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی روند کاهشی نشان داد. دو علف‌هرز خردل‌وحشی و خاکشیر بدل نسبت به منداب و خردل‌دروغین نسبت به شوری حساس‌تر بودند و در شوری کمتر از ۱۰۰ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی با شیب شدیدی کاهش یافت (شکل ۲-A).



شکل ۲. اثر سطوح مختلف شوری بر درصد جوانه‌زنی (A) و سرعت جوانه‌زنی (B) علف‌های هرز خانواده براسیکاسه

Fig. 2. Effect of different levels of salinity on germination percentage (A) and germination rate (B) of *Brassicaceae* family weeds

منداب در سطح شوری ۲۵۰ میلی‌مولار دارای ۷۰ درصد جوانه‌زنی بود و با افزایش شوری به ۳۰۰ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی به کمتر از ۱۵ درصد رسید (شکل ۲-A). خاکشیر بدل تا سطح شوری ۱۰۰، خردل وحشی تا ۱۵۰، منداب تا ۳۰۰ و خردل دروغین تا سطح شوری ۲۵۰ میلی‌مولار دارای جوانه‌زنی بودند (شکل ۲-A). بیشترین کاهش درصد جوانه‌زنی به ازای افزایش شوری مربوط به خردل‌وحشی بود که در شرایط تیمار شاهد دارای ۹۲ درصد جوانه‌زنی و در سطح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی به ترتیب ۳۳ و ۱۸ درصد بود. افزایش شوری از طریق فشار اسمز منجر به کاهش جذب آب می‌گردد و با کاهش ورود آب به بذر میزان فعالیت‌های آنزیمی درون بذر کاهش و جوانه‌زنی کند یا متوقف می‌گردد. همچنین شوری از طریق ایجاد سمیت براثر یون‌های سدیم و کلر جوانه‌زنی بذرها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Zeinali et al., 2002). سرعت جوانه‌زنی در سطوح مختلف شوری در بین چهار علف‌هرز متفاوت بود. دو علف‌هرز منداب و خردل‌دروغین در تمامی سطوح شوری دارای بیشترین سرعت جوانه‌زنی بودند (شکل ۲-B). با افزایش شوری در چهار علف‌هرز، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. نکته قابل‌توجه کاهش شدید سرعت جوانه‌زنی در خردل‌وحشی بود که در شرایط عدم شوری سرعت جوانه‌زنی مانند منداب و خردل‌دروغین بود و با افزایش شوری به ۵۰ میلی‌مولار سرعت جوانه‌زنی از ۳۸ بذر در روز به ۸ بذر در روز رسید (شکل ۲-B). سرعت جوانه‌زنی در منداب در تیمارهای شاهد، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار به ترتیب ۴۱، ۳۸ و ۳۴ بذر در روز و در خردل‌دروغین ۴۰، ۳۸ و ۳۱ بذر در روز بود. در سطح شوری ۲۵۰ میلی‌مولار تنها دو علف‌هرز منداب و خردل‌دروغین دارای سرعت جوانه‌زنی بودند که به ترتیب برابر با ۱۰ و ۰/۶۱ بذر در روز بود (شکل ۲-B). اثر تنش شوری بر سرعت جوانه‌زنی خردل‌وحشی نشان داد که در تنش شوری ۱۰ بار، سرعت

جوانه‌زنی به کمترین مقدار خود رسید و در تنش شوری ۲- بار سرعت جوانه‌زنی کمتر از ۱۲ بذر در روز بود (Lotfifar et al., 2015) همچنین درصد جوانه‌زنی در تنش ۱۰ بار معادل ۳۱ درصد بود و این در حالی بود که در سطح شوری ۶- بار درصد جوانه‌زنی ۵۴ درصد بود. پاسخ علف‌هرز خردل-آفریقایی به سطوح مختلف شوری نشان داد که در شرایط تاریکی درصد جوانه‌زنی بیشتر از روشنایی بود. این علف‌هرز در شرایط روشنایی در ۱۶۰ میلی‌مولار جوانه‌زنی نداشت و این در حالی بود که در شرایط روشنایی ۱۸ درصد جوانه‌زنی داشت. در شرایط روشنایی در شرایط عدم شوری جوانه‌زنی ۵۰ درصد و با افزایش تنش شوری به ۵۰ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی به کمتر از ۱۵ درصد رسید (Chauhan et al., 2006)

پیش‌بینی پارامترهای معادله لجستیک برای کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی در علف‌های هرز متفاوت بود (جدول ۵). در شرایط عدم شوری (پارامتر a) درصد جوانه‌زنی در بین سه گونه متفاوت بود، به‌طوری‌که در شرایط عدم شوری کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به خاکشیر بدل و در سه علف‌هرز دیگر بیش از ۹۰ درصد جوانه‌زنی بود (جدول ۵). مقدار شوری لازم برای کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی در منداب، خردل-دروغین، خردل‌وحشی و خاکشیر بدل به ترتیب ۲۶۷، ۱۶۲، ۳۹ و ۴۶ میلی‌مولار پیش‌بینی شد. این نتایج بیانگر آن است که منداب و خردل‌وحشی به ترتیب متحمل‌ترین و حساس-ترین گونه به شوری در این آزمایش می‌باشند. قابل‌ذکر است که خاکشیر بدل نیز نسبت به دو گونه منداب و خردل‌دروغین در سطح شوری کمتری به ۵۰ درصد جوانه‌زنی رسید (جدول ۵). خردل‌دروغین نسبت به منداب در ۱۰۵ میلی‌مولار شوری کمتر به ۵۰ درصد جوانه‌زنی رسید. با توجه به نتایج، انتظار بر این است که در زمین‌هایی که شوری آن بیشتر از ۱۰۰ میلی‌مولار باشد؛ حضور علف‌های هرز منداب و خردل‌دروغین قابل پیش‌بینی باشد و گسترش خردل‌وحشی و خاکشیر بدل در زمین‌های شور کمتر باشد. پیش‌بینی ۵۰ درصد کاهش جوانه‌زنی در منداب در تحقیقات نژاد حسن و همکاران (Nejadhasan et al., 2017) 266 میلی‌مولار به دست آمد.

جدول ۵. برآورد پارامترهای معادله لجستیک بر درصد جوانه‌زنی علف‌های هرز در آزمایش شوری

Table 5. Estimation of logistic equation parameters on germination percentage of weeds in salinity experiment

English name	نام علف‌هرز	Scientific name	a	b	X_{50}	R^{sqr}(adj)
Rocket	منداب	*Eruca sativa*	95.86 (±2.28)	16.36 (±2.88)	267.76 (±4.15)	0.98
Mustard Hoary	خردل دروغین	*Hirschfeldia incana*	98.52 (±2.82)	5.36 (±0.69)	162.28 (±4.84)	0.99
Wild Mustard	خردل وحشی	*Sinapis arvensis*	92.08 (±3.24)	1.95 (±0.29)	39.86 (±4.00)	0.98
Treacle Mustard	خاکشیر بدل	*Erysimum repandum*	75.99 (±0.57)	3.55 (±0.17)	46.69 (±0.49)	0.99

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند

Numbers in parentheses indicate the standard error

پارامترهای برآورد شده برای سرعت جوانه‌زنی نشان داد که سه علف‌هرز منداب، خردل‌دروغین و خردل‌وحشی دارای بیشترین سرعت جوانه‌زنی و خاکشیر بدل دارای کمترین سرعت جوانه‌زنی بودند. مقدار شوری لازم برای کاهش ۵۰ درصد سرعت جوانه‌زنی برای منداب، خردل‌دروغین، خردل-وحشی و خاکشیر بدل به ترتیب ۱۷۴، ۱۲۴، ۲۷ و ۴۴ میلی-مولار بود (جدول ۶). کاهش ۵۰ درصد سرعت جوانه‌زنی منداب با ۲۶۷ میلی‌مولار پیش‌بینی گردید (Nejadhasan et al., 2017) و این در حالی بود که در این تحقیق ۵۰ درصد کاهش سرعت جوانه‌زنی در ۱۷۴ میلی‌مولار به دست آمد. پاسخ گونه‌های مختلف علف‌های هرز یک خانواده، یک گونه و حتی یک جمعیت می‌تواند به عوامل بسیاری بستگی داشته باشد. نتایج پاسخ علف‌هرز شلمی (*Repistrum rugosum*). به شوری نشان داد که ۵۰ درصد بازدارندگی در دو توده در ۷۹ و ۸۳ میلی‌مولار شوری به دست آمد (Manalil et al., 2018).

جدول ۶. برآورد پارامترهای معادله لجستیک بر سرعت جوانه‌زنی علف‌های هرز در آزمایش شوری

Table 6. Estimation of logistic equation parameters on germination rate of weeds in salinity experiment

Weed name	نام علف‌هرز	Scientific name	a	b	X_{50}	R^{sqr}(adj)
Rocket	منداب	*Eruca sativa*	39.31 (±1.43)	4.26 (±0.59)	174.74 (±7.44)	0.98
Mustard Hoary	خردل دروغین	*Hirschfeldia incana*	39.25 (±0.88)	4.70 (±0.43)	142.09 (3.65)	0.99
Wild Mustard	خردل وحشی	*Sinapis arvensis*	38.45 (±0.59)	2.06 (±0.26)	27.52 (±2.78)	0.99
Treacle Mustard	خاکشیر بدل	*Erysimum repandum*	3.03 (0.013)	3.81 (±0.14)	44.44 (±0.33)	0.99

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند

Numbers in parentheses indicate the standard error

نتیجه‌گیری نهایی

تحقیق حاضر نشان داد که پاسخ به سطوح مختلف شوری و خشکی در بین گونه‌های علف‌هرز خانواده براسیکاسه متفاوت است. در دو آزمایش شوری و خشکی منداب به‌عنوان مقاوم‌ترین علف‌هرز شناخته شد. در شرایط شوری خردل‌وحشی و خاکشیر بدل به‌عنوان حساس‌ترین گونه‌ها معرفی شدند. در شرایط زراعت دیم گستردگی دو علف‌هرز منداب و خردل‌وحشی بیشتر مورد انتظار است. همچنین با گسترش شوری در اراضی کشاورزی خوزستان، آلودگی مزارع به علف‌های هرز خردل‌وحشی و خاکشیر بدل کمتر خواهد بود با توجه حضور علف‌های هرز خانواده براسیکاسه در مزارع غلات و کلزا، میزان رقابت در شرایط تنش شوری و خشکی در علف‌های هرز منداب و خردل‌دروغین می‌تواند نسبت به گیاه زراعی بیشتر باشد.

قدردانی

بدینوسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان بابت مساعدت و استفاده از امکانات جهت انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Ahmed, S., Opena, J.L., Chauhan, B.S., 2015. Seed germination ecology of dove weed (*Murdannia nudiflora*) and its implication for management in dry-seeded rice. Weed Science. 63, 491-501.

Baskin, C.C., Baskin, J.M., 2006. The natural history of soil seed banks of arable land. Weed Science. 54, 549–557.

Castro, S.A., Figueroa, J.A., Escobedo, V., 2016. Effect of the harvest year and cultivation temperature on the germination of *Hirschfeldia incana* (Brassicaceae): inferences on its invasiveness in Chile. Brazilian Journal of Botany. 39, 193-196.

Chauhan, B.S., Gill, G., Preston, C., 2006. African mustard (*Brassica tournefortii*) germination in southern Australia. Weed Science. 54, 891–897.

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

Chauhan, B.S., Johnson, D.E., 2009. Seed germination ecology of jungle rice (*Echinochloa colona*): a major weed of rice. Weed Science. 57, 235-240.

Cheam, A.H., Storrie, A.M., Koetz, E.A., Holding, D.J., Bowcher, A.J., Barker, J.A., 2008. Managing wild radish and other brassicaceous weeds in Australian cropping systems. Adelaide, Australia: CRC for Australian Weed Management.

Fenner, M. 1991. The effects of parent environment on seed germinability. Seed Science Research. 1, 75–84.

Hani, M., Lebazda, R., Fenni, M., 2017. Studies of morphological characteristics and production of seeds weeds of species of family Brassicaceae (cruciferous) in Setifian high plateau, Algeria. Annual Research & Review in Biology. 12, 1-9.

Jamnezhad, M., Baghestani, M.A., Zand, E., Bihamta, M.R., 2009. Possibility of controlling the wild rocket, *Eruca sativa* Mill. using low doses of 2, 4-D and competitive wheat

varieties. Journal of New Agricultural Science, 5. 1-9. [In Persian with English Summary].

Long, R.L., Stevens, J.C., Griffiths, E.M., Adamek, M., Gorecki, M.J., Powles, SB., Merritt, D.J., 2011. Seeds of Brassicaceae weeds have an inherent or inducible response to the germination stimulant karrikinolide. Annals of Botany. 108, 933-944.

Lotfifar, O., Alahdadi, I., Zand, E., Akbari, G.A., Motaghi, S., 2015. Effects of salinity and drought stresses due to Nacl and poly ethylene glycol on germination characteristics and seedling growth of wild mustard (*sinapis arvensis*). Iranian Journal of Seed Science and Technology. 97-108. [In Persian with English Summary].

Lutman, P.J.W., Cussans, J.W., Wright. K.J., Wilson, B.J., Wright, G.M., Lawson, H.M., 2002. The persistence of seeds of 16 weed species over six years in two arable fields. Weed Research. 42, 231–241.

Malik, M.S., Norsworthy, J.K., Riley, M.B., Bridges, W., 2010. Temperature and light requirements for wild radish (*Raphanus raphanistrum*) germination over a 12-month period following maturation. Weed Science. 58, 136–140.

Manalil, S., Ali, H.H., Chauhan, B.S., 2018. Germination ecology of turnip weed (*Rapistrum rugosum* L.) All) in the northern regions of Australia. PloS one. 13, 1-12.

Marushia, R.G., Brooks, M.L., Holt, J.S., 2012. Phenology, growth, and fecundity as determinants of distribution in closely related nonnative taxa. Invasive Plant Science Management. 5, 217–229.

Mennan, H., 2003. Economic thresholds of Sinapis arvensis (Wild Mustard) in winter wheat fields. Pakistan Journal of Agronomy. 2, 34-39.

Michel, B.E., Kaufmann, M.R., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology. 51, 914-916.

Minbashi, M., Baghestani, M.A., Rahimi, H., Aleefard, M., 2008. Weed mapping for irrigated wheat fields of Tehran province using Geographic Information System (GIS). Iranian Journal. Weed Science. 4, 97-118. [In Persian with English Summary].

Nejadhasan, B., Zeinali, E., Siahmarguee, A., Ghaderifar, F., Soltani, E., 2017. Studying the response of seed germination of neglected plant arugula (*Eruca sativa* mill.) to some environmental factors: Journal of Plant Production Research 77-91. [In Persian with English Summary].

Pasandideh, H., Seyed-Sharifi, R., Hamidi, A., Mobasser, S., Sedghi, M., 2014: Relationship of seed germination and vigour indices of commercial soybean [*Glycine max* L. Merr.] cultivars with seedling emergence in field. Iranian Journal of Seed Science and Research. 1, 29-50. [In Persian with English Summary].

Rozema, J., Flowers, T., 2008. Crops for a salinized world. Science. 322, 1478–1480.

Salimi, H., Faridoonpour, M.,.2013. Investigating the effect of environmental factors on seed germination of *Hirschfeldia incana* L.) Lagr.-Foss. Weed Research Journal. 5, 71-84. [In Persian with English Summary].

Shankar, S., Segaran, G., Sundar, R.D.V., Settu, S., Sathiavelu, M., 2019. Brassicaceae-A Classical Review on Its Pharmacological Activities. International. Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, 55, 107-113.

Soltani, E., Soltani, A., Galeshi, S., Ghaderi, F.F., Zeinali, E., 2013. Seed germination modeling of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) as affected by temperature and water potential: hydrothermal time model. Journal of Plant Production. 20, 19-33. [In Persian with English Summary].

Trenberth, K.E., Dai, A., Van der Schrier, G., Jones, P.D., Barichivich, J., Briffa, K.R., Sheffield, J., 2014. Global warming and changes in drought. Trenberth, Kevin E., et al. "Global warming and changes in drought. Nature Climate Change. 4, 17–22.

Zand, E., Baghestani, M.A., Nezamabadi, N., Minbashi-Moeini, M., Hadizadeh, M.H., 2009. A review on the last list of herbicides and the most important weeds of Iran. Weed Research Journal. 1, 83-99. [In Persian with English Summary].

Zeinali, E., Soltani, A., Galeshi, S., 2002. Response of germination components to salinity in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Agricultural Science. 33, 137-145. [In Persian with English Summary].

Zhang, X., Lu, G., Long, W., Zou, X., Li, F., Nishio, T., 2014. Recent progress in drought and salt tolerance studies in Brassica crops. Breeding science. 64, 60-73.