

## شکست خواب فیزیکی و ارزیابی عوامل محیطی بر جوانه‌زنی بذر انگل سس (*Cuscuta Campestris*)

احمد زارع<sup>۱\*</sup>، زینب پورعامری<sup>۲</sup>

۱. استادیار، مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، باوی، ملاثانی، ایران

۲. دانشجوی گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، باوی، ملاثانی، ایران

(دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۵)

### چکیده

به منظور شناخت خواب و جوانه‌زنی بذر انگل سس به عوامل مختلف (اسید سولفوریک (خواب فیزیکی)، نور، دما، شوری و خشکی) به صورت چهار آزمایش جداگانه در سال ۱۳۹۷ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی به ترتیب شامل مدت غوطه‌ور کردن بذر در اسید سولفوریک ۹۶٪ (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه)، جوانه‌زنی در دماهای مختلف (پنج، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ سلسیوس)، شرایط نور (روشنایی/تاریکی و تاریکی)، سطوح تنش شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار) و تنش خشکی (صفر، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱/۰، ۱/۱ و ۱/۲ مگاپاسکال) بود. غوطه‌وری بذر به مدت ۳۰ دقیقه منجر به افزایش جوانه‌زنی (۱۰۰٪) گردید و با افزایش مدت زمان به ۱۲۰ دقیقه جوانه‌زنی به ۶۰٪ کاهش یافت. درصد جوانه‌زنی در دماهای ۱۰ (۵۳٪)، ۲۰ (۸۸٪)، ۳۰ (۱۰۰٪)، ۳۵ (۱۰۰٪)، ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس (۴۲٪) بود. جوانه‌زنی انگل سس وابسته به نور نبود. کاهش ۵۰٪ صفات درصد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در ۱۳۹/۷۱ و ۱۱۹/۱۱ میلی‌مولار شوری پیش‌بینی گردید. همچنین پاسخ بذر سس به تنش خشکی نشان داد کاهش ۵۰٪ صفات درصد جوانه‌زنی، شاخص و سرعت جوانه‌زنی بر اساس معادله لجستیک در سطوح ۰/۵۷، ۰/۴۳ و ۰/۵۲ مگاپاسکال خشکی پیش‌بینی گردید.

**کلمات کلیدی:** اسید سولفوریک، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شوری، معادله لجستیک، نور

## Breaking of physical dormancy and evaluation of environmental factors on seed germination of field dodder parasite (*Cuscuta Campestris*)

A. Zare<sup>1\*</sup>, Z. Porameri<sup>2</sup>

1. Assistant Professor of Plant Production and Genetics Department, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. Bavi, Mollasani, Iran.

2. B. Sc. Student of Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. Bavi, Mollasani, Iran

(Received: Jan. 16, 2020 – Accepted: May. 04, 2020)

### Abstract

In order to knowledge the dormancy and seed germination of field dodder in response to environmental factors (sulfuric acid (physical dormancy), light, temperature, salinity and drought stress) four separate experiments were conducted at Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. Treatments of sulfuric acid (96%) immersion (0, 10, 20, 30, 60, 90 and 120 m exposure to sulfuric acid), temperature (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45°C). Light (light/dark and darkness), salinity (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 and 400 mM) and drought stress (0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1 and -1.2 MPa) were considered. Seed immersion for 30 m increased germination up to 100% while by increasing of seed immersion in sulfuric acid to 120 minutes, germination decreased to 60%. Seed germination were at 10°C (53%), 20 (88%), 25 (100%), 30 (100%), 35 (100%) and 40°C (42%). Germination of field dodder wasn't dependent on light. The salinity required to 50% inhibition for traits germination percentage, germination index and germination rate were predicted 154.89, 139.71 and 119.11mM respectively. From the results of drought stress indicated that for 50% inhibition of germination percentage, germination index and germination rate (logistic equation) were predicted -0.57, -0.43 and 0.52 MPa respectively.

**Key words:** Sulfuric acid, germination percentage, germination rate, light, salinity

\* Email: Ahmadzare@asnruk.ac.ir

## مقدمه

علف هرز سس با نام علمی (*Cuscuta Campestris*) و نام انگلیسی (Field dodder) متعلق به خانواده (Convolvulaceae) به عنوان یک علف هرز انگل در اکوسیستم های گرم و گرمسیری گسترش یافته است و محصولات زراعی و علف های هرز مختلفی را پارازیت می کند (Dawson et al., 1994; Holm et al., 1997). به گیاهان تک لپه کمتر اتصال دارد (Haidar et al., 1997). در دنیا ۲۰۰ گونه و در ایران نیز ۱۸ گونه انگل سس شناسایی شده اند (Mosavi and Shimi, 1997) انگل سس در ۵۵ کشور دنیا و بروی ۲۵ محصول زراعی مختلف دارای فعالیت انگلی می باشد (Costea and Tardif, 2006).

گزارش میزان خسارت انگل سس روی محصولات مختلف گوجه فرنگی ۵۰٪ - ۷۲٪ (Lanini, 2004; Lanini and Kogan, 2005) ، هویج ۷۰٪ تا ۹۰٪ (Bewick et al., 1988) ، پیاز ۸۰٪ - ۱۰۰٪ (Rubin, 1990) ، یونجه ۶۰٪ - ۷۰٪ (Cudney et al., 1992) ، نخود ۸۶٪ و عدس ۸۷٪ گزارش شده است (Mishra, 2009). پتانسیل تولید بذر انگل سس فراوان و تقریباً هر بوته انگل سس ۳۰۰۰ بذر تولید می کند، خواب بذر ها به مدت طولانی (تقریباً ۲۰ سال) گزارش شده و انتظار براین است که تعداد اندکی از بذر ها در سال اول قادر به جوانه زنی و اتصال به گیاه میزبان باشند (Irum et al., 2011). جوانه زنی انگل سس بر خلاف انگل ریشه گل جالیز وابسته به ترشحات گیاه میزبان (استرایگول) نبوده و در صورت شکست خواب ناشی از پوسته سخت بذر و فراهم بودن شرایط محیطی به ویژه دما قادر به جوانه زنی و اتصال به گیاه میزبان می باشد (Benvenuti et al., 2002).

پوسته سخت بذر انگل سس (خواب فیزیکی) مهمترین عامل خوب بذر می باشد و این خواب ممکن است بسیار طولانی باشد (Lyshed, 1992). میزان سختی پوسته بذر انگل سس و عوامل موثر بر شکست پوسته بذر در شرایط

خاک بستگی به میزان سائیدگی در خاک، فعالیت میکروارگانیسم ها و سرمای خاک در طی فصل زمستان دارد (Albert et al., 2008). علاوه بر پوسته بذر، دما به عنوان مهمترین عامل در جوانه زنی بذر انگل سس مورد توجه می باشد (Sarić-Krsmanović et al., 2013). تنش های محیطی به مانند شوری و خشکی نیز از عواملی می باشد که بر میزان جوانه زنی و استقرار گیاهان تاثیر گذار می باشد، چرا که گیاهانی که در شرایط تنش دارای تحمل بیشتری باشند، در مراحل بعدی رشد نیز در رقابت دارای قدرت رقابت بیشتری هستند (Ghanbari et al., 2012). برای موفقیت به برنامه مدیریت علف های هرز، آگاهی از مکانیسم شکست خواب، جوانه زنی، بقا و سبز شدن گیاهچه می تواند لازمه برنامه های پیش رو باشد (Leblanc et al., 2003). همچنین با تاثیر فاکتور های محیطی بر جوانه زنی انگل سس می توان میزان شدت آلودگی مزرعه را پیش بینی نمود (Bert et al., 2006).

با توجه به عدم نیاز به میزبان برای جوانه زنی و وابستگی به اندوخته غذایی در مرحله جوانه زنی، عوامل خاکی به مانند تنش شوری و خشکی می تواند بر میزان جوانه زنی انگل سس و به تبع آن بر میزان اتصال و پارازیت کردن میزبان تاثیر گذار می باشد.

لازمه کنترل موفق در مدیریت تلفیقی علف های هرز به ویژه گیاهان انگل شناخت جنبه های اکولوژی آن می باشد. چرا که گلد و اسر و همکاران (Goldwasser et al., 2016) تفاوت در رفتار جوانه زنی انگل سس در تحقیقات مختلف را به بیوتیپ های مختلف، سن و بلوغ بذر، شرایط انبارداری و همچنین اثر تیمارهای مختلف نسبت دادند. باتوجه به تحقیقات اندک در مورد شناخت جنبه های بیولوژیک انگل سس هدف از انجام این تحقیق ارزیابی جنبه های خواب فیزیکی، اثر نور، دما، شوری و خشکی بر خصوصیات جوانه زنی انگل سس (توده استان فارس - جمع آوری شده از مزارع آلوده یونجه) می باشد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۷ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به صورت چهار آزمایش جداگانه انجام گردید.

### آزمایش اول: شکست خواب (اثر زمان‌های مختلف اسید سولفوریک بر شکست خواب)

در ابتدا بوته‌های انگل سس به همراه بذر در پاییز سال ۱۳۹۷ از مزارع یونجه واقع در استان فارس (شهرستان مرودشت) با مشخصات جغرافیایی (29°59'24.28"N) و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۹۸ متر (52°44'46.23"E) جمع‌آوری گردید. سپس بذرها به آزمایشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انتقال و در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس به مدت دو هفته) خشک گردید. کپسول‌های حاوی بذر کوبیده شدند و با استفاده از غربال‌های مختلف بذرها خالص سازی شدند. برای بررسی شکست خواب انگل سس از هفت زمان قرارگیری بذرها در اسید سولفوریک غلیظ (۹۶٪) استفاده گردید که شامل (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه) در پنج تکرار بر اساس طرح کاملاً تصادفی بود. بذرها انگل سس بر اساس مدت زمان‌های فوق در ظرف‌های شیشه‌ای قرار داده شدند و پس از اتمام زمان‌های مربوطه با آب معمولی و آب مقطر (پنج بار) شسته شدند و در دمای اتاق خشک گردیدند. پتری دیش‌های ۱۰ سانتی‌متری انتخاب و در هر پتری دو لایه کاغذ صافی واتمن استفاده گردید. درون هری پتری ۲۵ عدد بذر انگل سس قرار داده شد و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. شمارش بذرهاى جوانه‌زده روزانه و تا ۱۵ روز ادامه و معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به میزان ۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد (Goldwasser et al., 2016).

تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (آزمایشگاه علوم علف‌های‌هرز و آزمایشگاه تکنولوژی بذر) انجام گرفت. فاکتور اول شامل نه دما (پنج، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس)، فاکتور دوم شامل اسیدشویی (کاربرد اسید سولفوریک به مدت ۳۰ دقیقه) (بر اساس نتایج آزمایش اول) و عدم کاربرد اسید سولفوریک) و فاکتور سوم شرایط نور (روشنایی-تاریکی (۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) و تاریکی) بود. درون پتری‌دیش‌های ۱۰ سانتی‌متری روی دو لایه کاغذ صافی واتمن ۲۵ عدد بذر قرار داده شد. برای فراهم نمودن شرایط تاریکی از فویل آلومینیومی با پیچیدن دور پتری‌ها استفاده گردید. شمارش روزانه و در صورت نیاز آب به پتری‌دیش‌ها اضافه گردید در شرایط تاریکی به خصوص در دماهای بالا آب مورد نیاز پتری‌ها در شب و در زیر نور سبز انجام گردید.

**آزمایش سوم: اثر شوری بر جوانه‌زنی انگل سس**  
آزمایش شوری با نه تیمار شامل (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار) از محلول نمک کلراید سدیم (مرک آلمان) در چهار تکرار انجام گرفت. در ابتدا بذرهاى انگل سس بر اساس آزمایش اول به مدت ۳۰ دقیقه در اسید سولفوریک غلیظ قرار داده شدند. سپس با آب مقطر شسته و سپس خشک شدند. پتری‌های ۱۰ سانتی‌متری انتخاب و با قرار دادن دو عدد کاغذ صافی واتمن، درون هر پتری‌دیش ۲۵ عدد بذر در نظر گرفته شد. محلول‌های شوری بر اساس تیمارها مورد نظر آماده و برای هر پتری در ابتدا پنج میلی‌لیتر در نظر گرفته شد. قابل ذکر است با توجه به تعیین بهترین دمای جوانه‌زنی بر اساس سرعت جوانه‌زنی، این آزمایش در دمای ۲۵ درجه سلسیوس انجام شد. شمارش روزانه و تا ۱۵ روز ادامه داشت.

**آزمایش چهارم: اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی انگل سس**  
هفت سطح تنش خشکی (شاهد، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، -۰/۶، -۰/۴، -۰/۲)

**آزمایش دوم: اثر دما، نور و تیمار شکست خواب (اسید سولفوریک) بر جوانه‌زنی انگل سس**  
آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً

معادلات دو تکه‌ای و بتا جهت دمای کاردینال به شرح ذیل می‌باشد.

$$\text{Beta} = \left( \frac{(T_c - T)}{(T_c - T_o)} \right) * \left( \frac{(T - T_b)}{(T_o - T_b)} \right)^{\frac{(T_o - T_b)}{(T_c - T_o) / f_o}}$$

$$\text{Segmented} = \text{if } (T \leq T_o, ((T - T_b) / (T_o - T_b)) / f_o, (1 - (T - T_o) / (T_c - T_o)) / f_o)$$

در معادلات فوق  $T_b$  (دمای پایه)،  $T_o$  (دمای اپتیمم)،  $T_c$  (دمای حداکثر یا دمای سقف) و  $f_o$  ضریب ثابت یا ضریب رگرسیونی و  $T$  دمای آزمایش می‌باشند.

## نتایج و بحث

### آزمایش اول: شکست خواب (اسید سولفوریک)

با افزایش مدت زمان قرارگیری بذرها در اسید سولفوریک، روند جوانه‌زنی علف هرز انگل سس افزایش یافت، اما نتایج افزایش جوانه‌زنی روند خطی را به همراه نداشت. نتایج نشان داد که قرارگیری بذرهای انگل سس به مدت ۳۰ دقیقه منجر به افزایش جوانه‌زنی انگل سس (۹۹/۲۰٪) گردید و در شرایط عدم کاربرد اسید سولفوریک میزان جوانه‌زنی انگل سس بسیار ناچیز بود (۴/۸٪) بود (شکل ۱-B-A). قرارگیری بذرها به مدت ۱۰ دقیقه تنها منجر به جوانه‌زنی ۲۴٪ انگل سس گردید و با افزایش مدت زمان قرارگیری بذرها در اسید سولفوریک به میزان ۲۰ دقیقه جوانه‌زنی به ۸۰٪ افزایش یافت (شکل ۱-B-A). با کاربرد اسید سولفوریک به مدت ۹۰ دقیقه، درصد جوانه‌زنی انگل سس به مانند تیمار ۲۰ دقیقه بود (۸۰/۸۰٪). در ۱۲۰ دقیقه قرارگیری بذرها در اسید سولفوریک غلیظ جوانه‌زنی انگل سس به ۶۰٪ رسید و نتایج نشان داد که زمان قرارگیری برای شکست خواب انگل سس بسیار مهم می‌باشد (شکل ۱-B-A). قابل ذکر است که پوسته سخت بذر (تستا) عامل خواب بذر انگل سس می‌باشد و کاربرد اسید سولفوریک منجر به نرم شدن پوسته سخت بذر و در نهایت با جذب آب، جوانه‌زنی حادث گردید. قرارگیری بذرهای انگل سس بیش از ۶۰

۰/۸، -۱ و ۱/۲- مگا پاسکال) در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در نظر گرفته شد. برای محلول تنش خشکی از پل اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ (مرکب آلمان) استفاده گردید. جهت اعمال تنش خشکی از پتری دیش‌های شیشه‌ای بدون کاغذ صافی استفاده گردید. در ابتدا برای هر پتری دیش پنج میلی‌لیتر از هر محلول در نظر گرفته شد. شمارش بذرها روزانه و تا ۱۵ روز ادامه داشت. معیار خروج ریشه‌چه برابر با ۵ میلی‌متر بود. آنالیز داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار سیگما پلات (Sigma plot 14) انجام گردید.

معادله سیگموئیدی (سه پارامتره) جهت برازش درصد جوانه‌زنی در آزمایش مدت زمان غوطه‌وری اسید سولفوریک به شرح ذیل می‌باشد.

$$\text{Germination} = a / (1 + \exp(-(x - x_0) / b))$$

$$a = \text{ماکزیمم جوانه‌زنی}$$

$$B = \text{شیب خط}$$

$$X_0 = \text{زمان مورد نیاز برای رسیدن به ۵۰ درصد}$$

جوانه‌زنی

معادله لجستیک (سه پارامتره) جهت برازش صفات در صد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در آزمایشات شوری و خشکی به شرح ذیل می‌باشد.

$$Y = \frac{a}{1 + \left(\frac{x}{x_{50}}\right)^b}$$

$$a = \text{برابر است با ماکزیمم صفات در تیمار شاهد (عدم}$$

شوری و خشکی)

$$b = \text{شیب خط}$$

$$X_{50} = \text{سطحی از شوری یا خشکی که منجر به ۵۰}$$

درصد بازدارندگی صفات می‌گردد.

معادله خطی (Linear) جهت متوسط زمان جوانه‌زنی

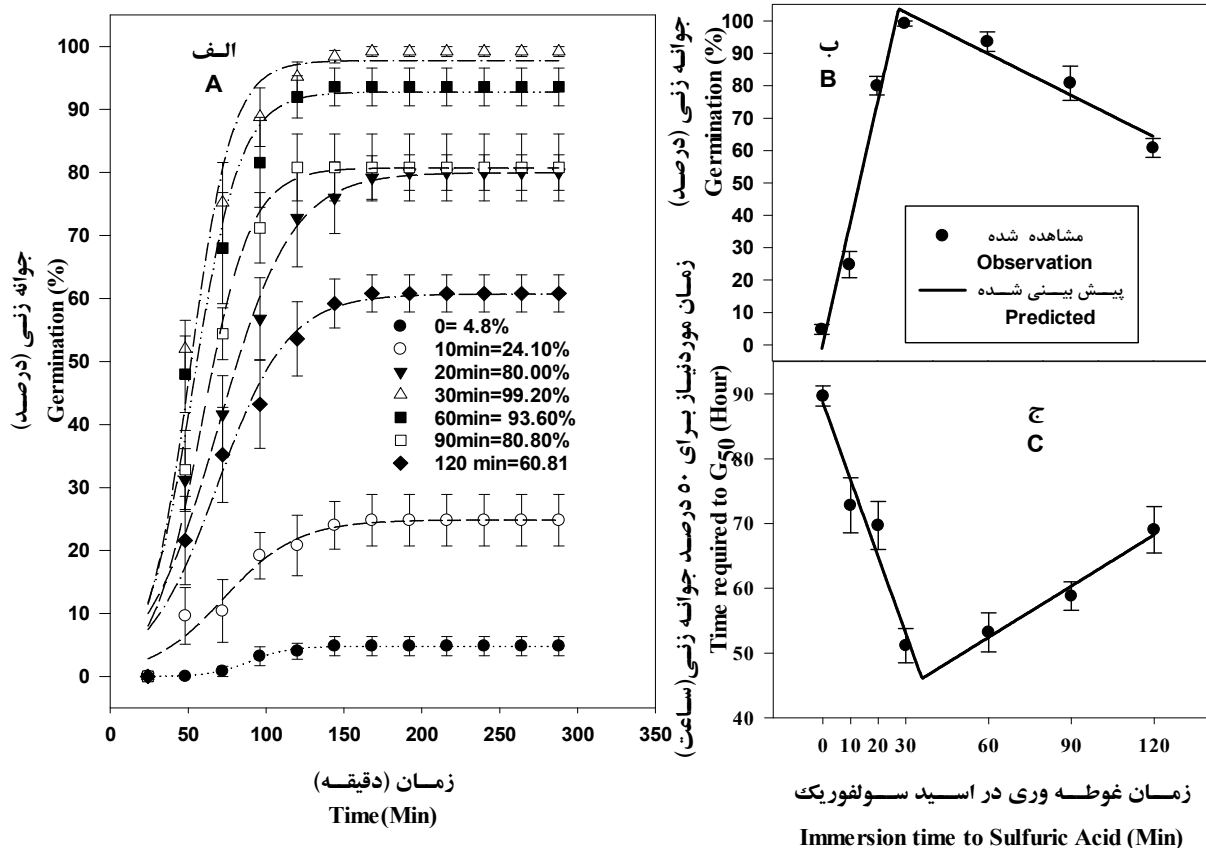
در آزمایشات شوری و خشکی استفاده گردید.

$$\text{MGT} = y_0 + b * x$$

$Y_0$  عرض مبدا و  $b$  معادل شیب خط می‌باشد.

به بذر گیاهان مختلف متفاوت می‌باشد و قرارگیری بذر در اسید سولفوریک به استحکام و ضخامت پوسته بذر بستگی دارد (de Paula *et al.*, 2012). نتایج تحقیقات خلوفی و همکاران (Kheloufi *et al.*, 2017) روی سه گونه اکاسیا که دارای پوست سخت می‌باشد، نشان داد که در دو گونه مدت زمان ۱۲۰ دقیقه منجر به افزایش جوانه‌زنی و در گونه دیگر قرارگیری بذر در ۱۲۰ دقیقه منجر به کاهش جوانه‌زنی گردید و مدت زمان کمتر برای بهبود جوانه‌زنی می‌تواند مناسب‌تر باشد. نتایج تحقیق بروی گیاه *Senna obtusifolia* نشان داد که مدت زمان اسید سولفوریک در دو دقیقه ۱۴٪ و در زمان ۱۵ دقیقه تمام بذرهای جوانه‌زنی داشتند (Mensah and Ekeke, 2016).

دقیقه منجر به کاهش جوانه‌زنی گردید، که دلیل کاهش احتمالاً ورود اسید سولفوریک به داخل بذر و آسیب به جنین می‌تواند در نظر گرفته شود. با افزایش زمان قرارگیری بذر، زمان مورد نیاز برای رسیدن به ۵۰٪ جوانه‌زنی به صورت خطی کاهش یافت. به طوری که در تیمار شاهد برای رسیدن به ۵۰٪ جوانه‌زنی نیاز به ۹۰ دقیقه و در زمان‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ دقیقه به ترتیب برابر با ۶۹، ۷۲ و ۵۱ ساعت بود. نکته قابل توجه افزایش زمان مورد نیاز به ۵۰٪ جوانه‌زنی در تیمارهایی بالاتر از ۶۰ دقیقه قرارگیری بذر در اسید سولفوریک بود که در زمان‌های ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه به ترتیب برابر ۵۳، ۵۸، ۶۹ ساعت به دست آمد (شکل ۱- C).



شکل ۱- اثر زمان غوطه‌وری بذر انگل سس در اسید سولفوریک بر جوانه‌زنی (الف و ب) و زمان رسیدن به ۵۰٪ جوانه‌زنی (ج)  
 Figure 1- Effect immersion time of Field Dodger in Sulfuric acid seed on germination (A and B) and G50 (time required to 50% germination) (C)

۱۴۶/۲۳ ساعت بود (شکل ۱-B).

پاسخ انگل سس به دماهای مختلف نتایج متفاوتی را به همراه داشته است، به طوری که تحقیقات انجام شده توسط کیت و تانگی (Keith and Tingey, 1968) نشان داد که در دمای کمتر از پنج درجه سلسیوس جوانه‌زنی وجود نداشت و در دماهای ۱۰، ۱۵، ۲۱ و ۳۵ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی به ترتیب ۷، ۳۱، ۲۳ و ۲۲٪ بود. همچنین قرارگیری بذرهای انگل سس در قوطی‌های مخصوص در دو فصل در مزرعه نیز نشان داد که جوانه‌زنی از ماه‌های مارس (March) تا آوریل (April) و زمانی که دمای به ۱۰ درجه سلسیوس رسید شروع شد و حداکثر جوانه‌زنی در ماه‌های می (May) و جون (June) مشاهده گردید، زمانی که دمای به ۲۰ درجه سلسیوس رسید. بذرهای انگل سس در دمای کمتر از ۱۵ درجه سلسیوس و دمای بالای ۳۹ درجه سلسیوس قادر به جوانه‌زنی نبودند و حداکثر جوانه‌زنی ۶۸٪ در دمای ۳۰ تا ۳۳ درجه سلسیوس مشاهده گردید (Hutchinson and Ashton, 1980). نتایج تحقیقات نیر و همکاران (Nir et al., 1996) نشان داد جوانه‌زنی انگل سس از ۱۰ و ۱۵ درجه سلسیوس آغاز و حداکثر در دمای ۳۰ درجه سلسیوس (۹۰٪) بود و در دمای ۴۰ درجه سلسیوس جوانه‌زنی به ۱۰٪ رسید. بنیوتی و همکاران (Benvenuti et al., 2005) نتیجه گرفتند که انگل سس در دماهای ۵ تا ۱۰ درجه سلسیوس دارای جوانه‌زنی بسیار کم و در دمای ۳۰ درجه سلسیوس حداکثر جوانه‌زنی (۹۰٪) و ۵۰٪ جوانه‌زنی بر اساس معادله سیگموئیدی در دمای ۱۸ درجه سلسیوس پیش‌بینی شد. نتایج تحقیقات گلد واسر و همکاران (Goldwasser et al., 2016) نشان داد که بذر انگل سس در دمای پنج درجه سلسیوس ۶/۲۵٪ و در دماهای ۱۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس بین ۹۶/۴ تا ۱۰۰٪ بذرهای جوانه‌زنی داشتند و در دمای ۴۰ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی ۶۲/۱۱٪ بود. سرعت جوانه‌زنی بین دمای ۱۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس متفاوت و در دمای پایین پنج و دمای بالا ۴۰ درجه

تحقیقات پراتر و تیرل (Prather and Tyrl, 1993) بروی انگل سس گونه *Cuscuta attenuate* نشان داد که کاربرد اسید سولفوریک به میزان ۳۰ دقیقه منجر به افزایش جوانه‌زنی گردید و در شرایط عدم کاربرد اسید سولفوریک تنها ۱۳٪ بذرهای جوانه‌زنی داشتند و در شرایط قرارگیری بذرهای ۱۵ دقیقه اسید سولفوریک تنها ۵۹٪ جوانه‌زنی وجود داشت.

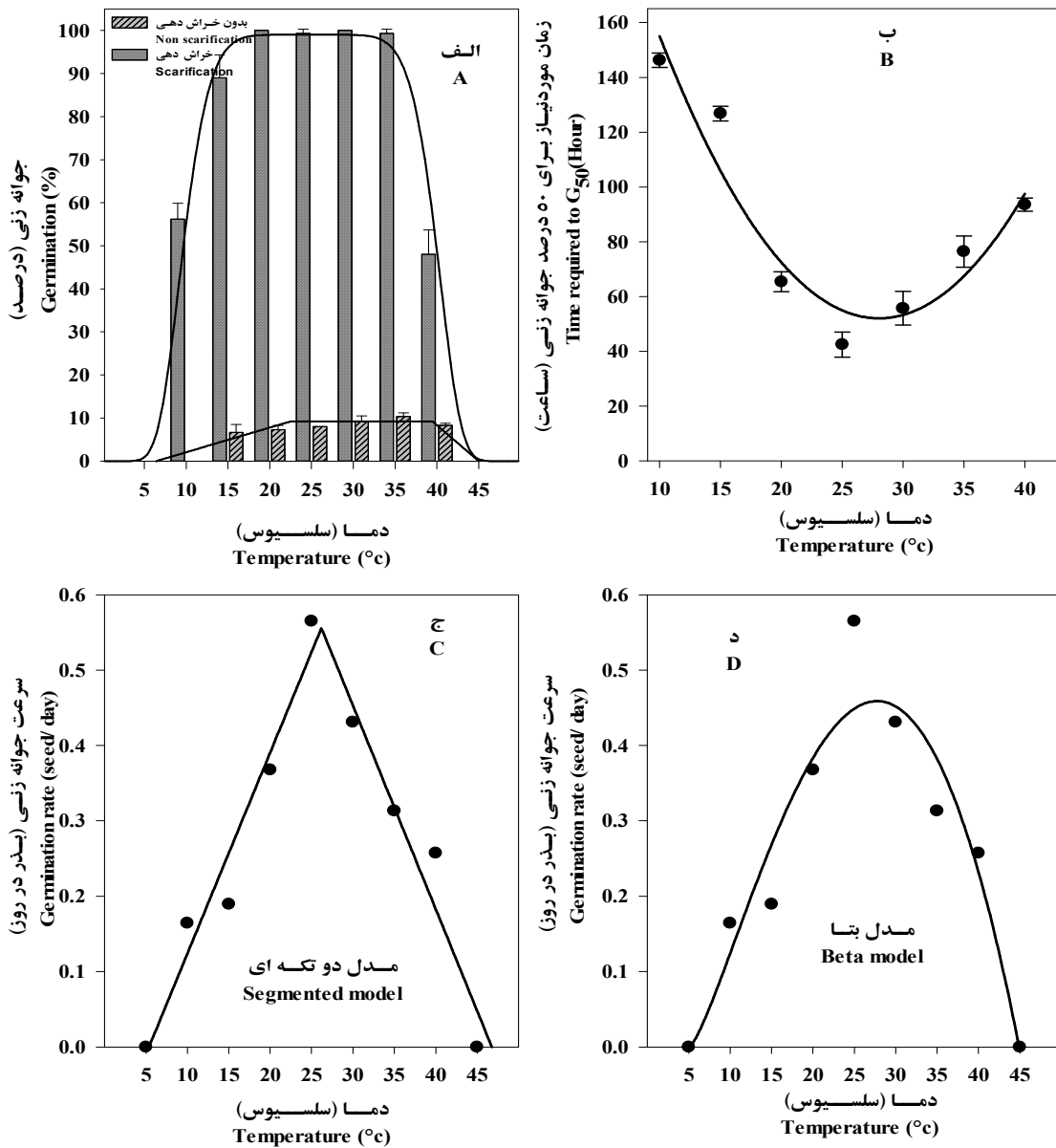
### آزمایش دوم: اثر اسید سولفوریک، نور و دما بر

#### جوانه‌زنی انگل سس

بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها، اثر دما و کاربرد اسید سولفوریک معنی‌دار و شرایط نور معنی‌دار نبود. همچنین در بین اثرات متقابل تنها اثر متقابل دما در شرایط اسید سولفوریک معنی‌دار بود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). کاربرد اسید سولفوریک منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی انگل سس در تمامی دماها شد (شکل ۲-A). در دماهای ۲۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس در شرایط بذرهای خراش داده شده با اسید سولفوریک درصد جوانه‌زنی ۱۰۰٪ بود (شکل ۲-A). در صد جوانه‌زنی بذرهای خراش داده شده (با اسید سولفوریک) در دو دمای ۱۰ و ۱۵ درجه سلسیوس به ترتیب برابر با ۵۳ و ۸۸ درصد بود (شکل ۲-A). همچنین در دمای ۴۵ درجه سلسیوس جوانه‌زنی انگل سس به طور کامل متوقف گردید و این در حالی بود که در دمای ۴۰ درجه سلسیوس بیش از ۴۲٪ بذرهای قادر به جوانه‌زنی بودند (شکل ۲-A). در شرایط عدم کاربرد اسید سولفوریک در دمای ۱۰ درجه سلسیوس جوانه‌زنی وجود نداشت و در دماهای ۲۰ تا ۴۰ درجه سلسیوس جوانه‌زنی مشاهده گردید و در دمای ۴۵ درجه سلسیوس جوانه‌زنی متوقف گردید (شکل ۲-A). زمان لازم برای ۵۰٪ جوانه‌زنی با افزایش دما، کاهش و کمترین زمان در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (۴۷/۴۲ ساعت) بود و با افزایش دما از ۲۵ درجه سلسیوس مجدداً مدت زمان لازم برای ۵۰٪ جوانه‌زنی افزایش و در دمای ۴۰ درجه سلسیوس به ۹۳/۵۶ ساعت رسید. در دمای ۱۰ درجه سلسیوس مدت زمان لازم برای ۵۰٪ جوانه‌زنی

جوانه‌زنی انگل سس می‌تواند به دلیل شرایط بیوتیپ‌های جمع‌آوری شده از مناطق مختلف، سن بذر و شرایط انبارداری بذرها مربوط گردد (Goldwasser *et al.*, 2016).

سلسیوس سرعت جوانه‌زنی بین ۱/۶۳ و ۳/۱۸ روز و در دماهای ۱۵ درجه سلسیوس نسبت به دماهای ۲۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس پایین‌تر بود. قابل ذکر است که تفاوت‌های



شکل ۲- پاسخ انگل سس به دماهای مختلف و تیمار اسید سولفوریک بر جوانه‌زنی (الف) زمان رسیدن به ۵۰٪ جوانه‌زنی (ب) و تعیین دمای کاردینال بر اساس مدل‌های دو تکه‌ای (ج) و بتا (د) (Beta)

Figure 2- Response of Field Dodder to different temperatures and sulfuric acid treatment on germination (A) and time required to 50% germination (B), and determination cardinal temperature base on segmented (C) and beta (D) models

هرزی که دارای پوسته سخت هستند، احتمالاً برای جوانه‌زنی نیاز به نور ندارند. با توجه به پوسته سخت انگل سس عدم نیازمندی به نور می‌تواند برای بقای این علف‌هرز در سال‌های بعدی در نظر گرفته شود.

برآورد پارامترهای برازش داده بر اساس دو مدل بتا و دو تکه‌ای نشان داد که دمای پایه برای جوانه‌زنی انگل سس در محدوده چهار تا شش درجه سلسیوس قابل پیش‌بینی می‌باشد و بنابراین در دمای بالاتر از پنج درجه سلسیوس این علف‌هرز قادر به جوانه‌زنی خواهد بود (جدول ۱). همچنین نتایج نشان داد که دمای مطلوب جوانه‌زنی این علف‌هرز در محدوده ۲۶ تا ۲۷ درجه سلسیوس و بر اساس شکل (۲) نیز بیشترین سرعت جوانه‌زنی در محدوده ۲۵ درجه سلسیوس به دست آمد. همچنین نتایج دمای بیشینه نیز نشان داد که در دمای ۴۴ تا ۴۶ درجه سلسیوس جوانه‌زنی این علف‌هرز متوقف می‌گردد. دلیل عدم معنی‌دار شدن مدل بتا برآورد خطای استاندارد در دمای پایه است که بیشتر از دمای پایه می‌باشد (جدول ۱).

نتایج تحقیقات تحقیقات پراتر و تیرل (Prather and Tyrl, 1993) بروی انگل سس گونه *Cuscuta attenuate* نشان داد که بهترین دما برای جوانه‌زنی بین ۲۵ تا ۲۸ درجه سلسیوس می‌باشد. بنابراین با توجه به اثر دما روی جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی می‌توان بیان نمود که پیش‌بینی زمان جوانه‌زنی انگل سس برای برآورد سنجش کنترل بسیار مهم می‌باشد و زمان کنترل می‌تواند بر یک زمان کوتاه متمرکز گردد و زمانی بایستی کنترل انجام گیرد که انگل هنوز به میزبان اتصال پیدا نکرده است و در این مرحله به دلیل کوچک بودن انگل و محدودیت منابع به کنترل‌های مختلف بیشتر آسیب پذیر می‌باشد (Goldwasser et al., 2016). پاسخ سس درختی (*Cuscuta monogyna Vahl*) به نور و دما نشان داد که بذرها در شرایط تاریکی و روشنایی دارای جوانه‌زنی می‌باشند. بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۵/۱۵ درجه سلسیوس (۹۸/۳٪) دست آمد و در دماهای ۳۵/۲۵ درجه سلسیوس جوانه‌زنی ۶۰٪ بود (Ebrahimi et al., 2011). تحقیقات چوهان (Chauhan et al., 2006)؛ Chauhan and Johnson, 2008 بیان کردند که بذرهای علف‌های

جدول ۱- پارامترهای برآورد شده مدل‌های دو تکه‌ای و بتا برای درصد جوانه‌زنی انگل سس

Table-1- Estimated parameters of beta and segmented models for seed germination of Field Dodder

مدل Model	دمای پایه Tb	دمای اپتیمم To	ضریب رگرسیون F	دمای بیشینه Tc	ضریب تبیین Rsqr (adj)	میانگین مربعات ریشه خطا RMSE	شاخص آکائیک AICc	مقدار احتمال p-Value
Beta	4.88 (5.42)	27.80 (2.04)	52.06 (4.78)	44.93 (1.26)	0.83	0.003	78.29	ns
Segmented	5.35 (1.75)	26.11 (1.62)	43.01 (3.36)	46.87 (2.25)	0.89	0.003	82.53	*

ns و \* به ترتیب نشان دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال خطای ۵ درصد می‌باشد.

اعداد داخل پرانتز نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشد.

ns and \*: Are non-significant difference, significant difference at the level of 5% probability, respectively. The numbers in parentheses indicate the standard error.

۳۵۰ میلی‌مولار جوانه‌زنی به طور کامل متوقف گردید (شکل ۳- A). درصد جوانه‌زنی در سطوح شوری ۳۰۰ و

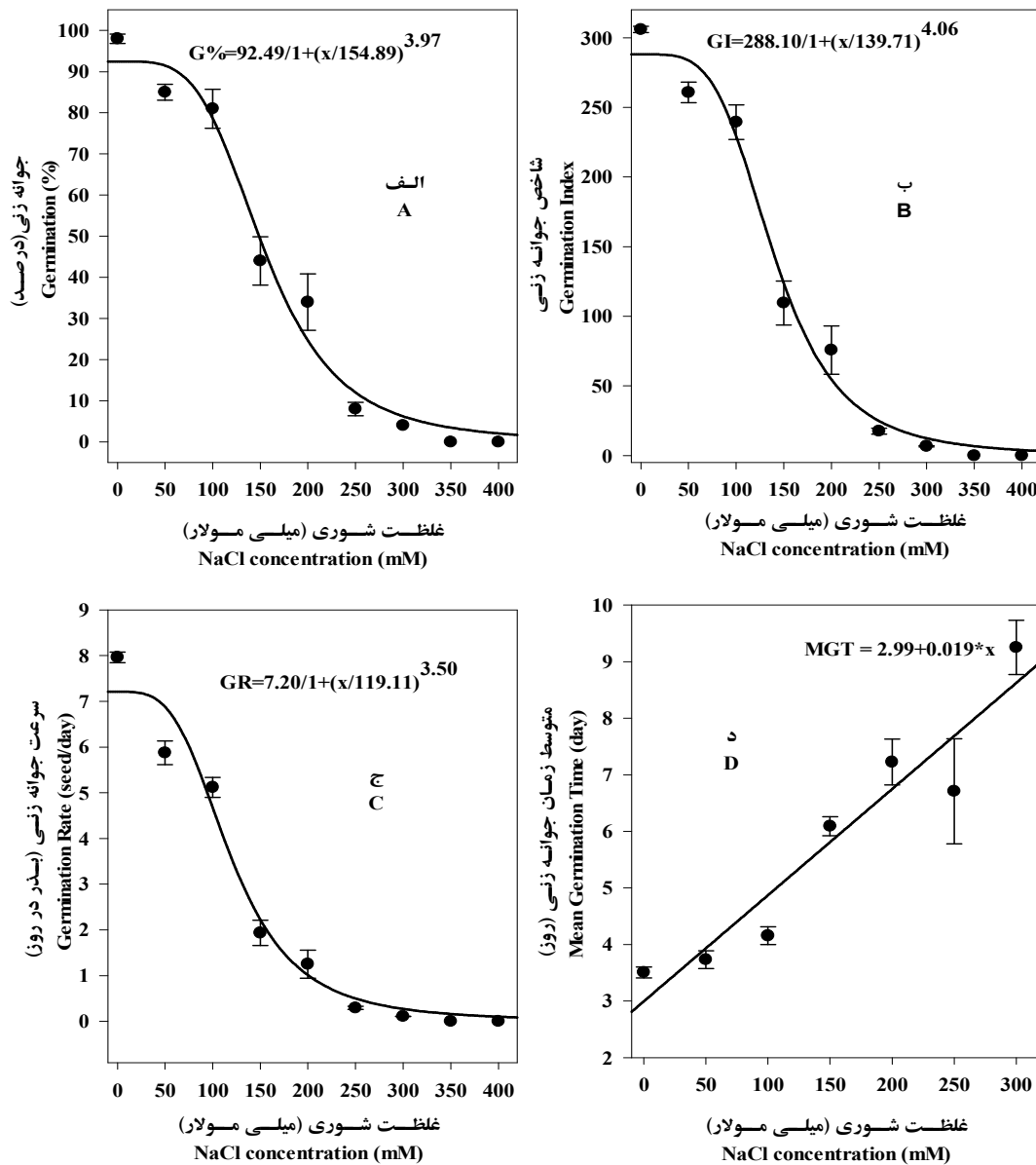
### پاسخ انگل سس به تنش شوری

در سطوح شوری بالاتر از ۲۵۰ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی انگل سس به شدت کاهش و در سطح شوری



بود. کاهش ۵۰٪ شاخص جوانه‌زنی در ۱۳۹/۷۱ میلی‌مولار به دست آمد و نسبت به درصد جوانه‌زنی در شوری پایین تری کاهش ۵۰٪ حادث شد (شکل ۳-ب).

۲۵۰، ۲۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار به ترتیب ۴، ۸، ۳۴، ۴۴ و ۸۱٪ بود. کاهش ۵۰٪ جوانه‌زنی در ۱۵۴/۸۹ میلی‌مولار پیش‌بینی شد (شکل ۳-ا). با افزایش سطوح شوری، شاخص جوانه‌زنی کاهش و در شوری‌های بالاتر از ۱۰۰ میلی‌مولار شیب کاهش شاخص جوانه‌زنی بسیار مشهود



شکل ۳- اثر سطوح مختلف شوری بر درصد جوانه‌زنی (الف)، شاخص جوانه‌زنی (ب)، سرعت جوانه‌زنی (ج) و متوسط زمان جوانه‌زنی (د) انگل سس  
 Figure 3- Effect of different salinity levels on germination percentage (A), germination index (B), germination rate (C) and mean germination time (D) of field Dodder

ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi et al., 2011) بروی انگل سس درختی نشان داد که جوانه‌زنی تا ۱۶۰ میلی‌مولار بدون هیچ گونه تغییری دنبال شد و در غلظت ۶۴۰ میلی‌مولار جوانه‌زنی کاملاً متوقف گردید و این در حالی است که تحقیق این مقاله نشان داد که انگل سس بذر ریز تا شوری ۱۰۰ میلی‌مولار را تحمل و سپس جوانه‌زنی کاهش یافته است.

### پاسخ انگل سس به تنش خشکی

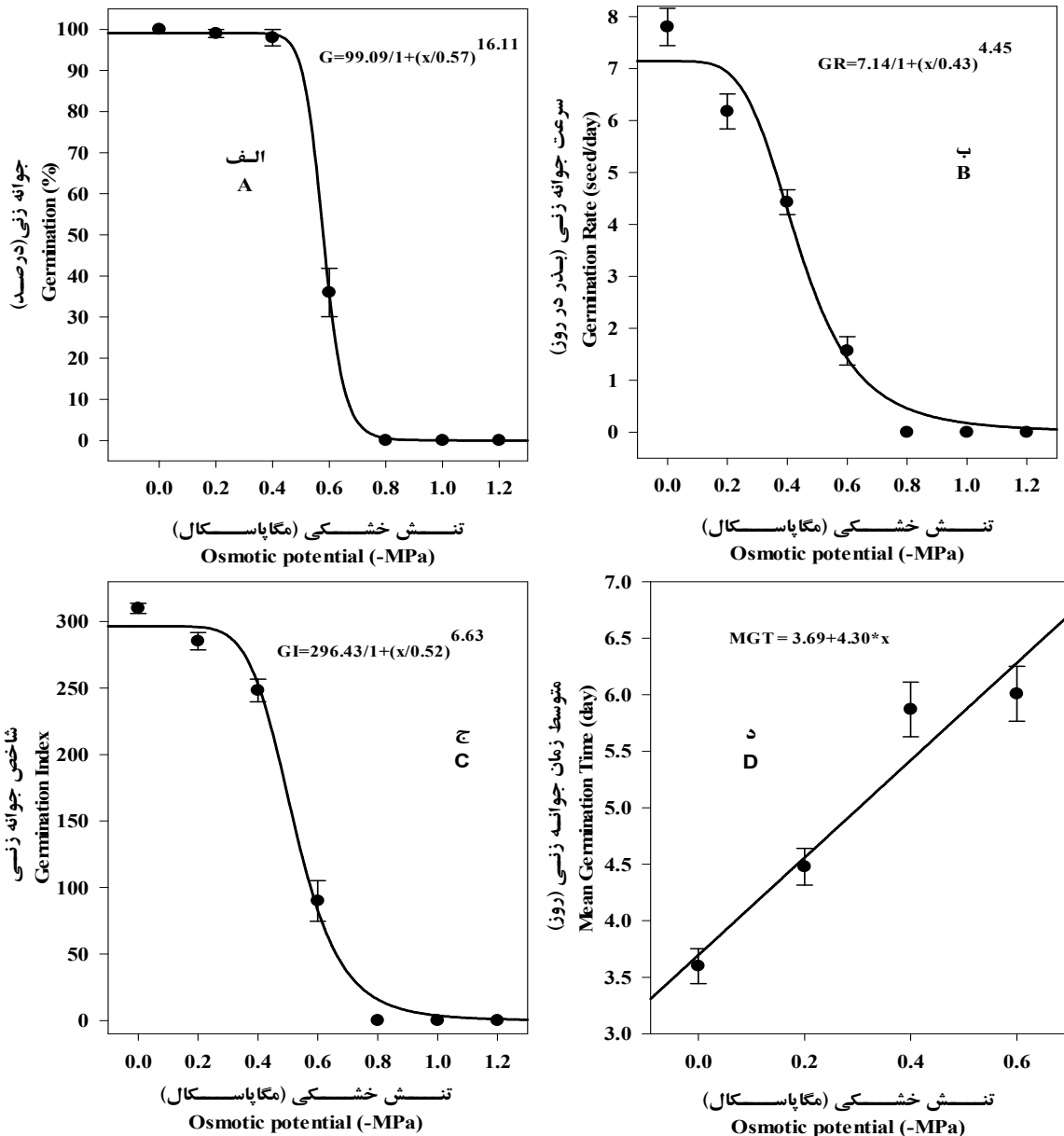
انگل سس به تنش خشکی بسیار حساس می‌باشد و در تنش ۰/۸ مگاپاسکال جوانه‌زنی این علف‌هرز به طور کامل متوقف گردید، اما در تنش‌های پایین تا ۰/۴- مگاپاسکال را به راحتی تحمل و از تنش ۰/۴- مگاپاسکال به تنش ۰/۶- مگاپاسکال درصد جوانه‌زنی از ۱۰۰ به ۳۶٪ رسید. ۵۰٪ جوانه‌زنی انگل سس در ۰/۵۷- مگاپاسکال بود (شکل ۴-۴). سرعت جوانه‌زنی با افزایش تنش خشکی کاهش و در شرایط عدم تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی برابر با ۷/۸۰ بذر در روز و در ۰/۶- مگاپاسکال به ۱/۵۶ بذر در روز رسید. کاهش ۵۰٪ سرعت جوانه‌زنی در ۰/۴۳- مگاپاسکال پیش‌بینی گردید (شکل ۴-۴). شاخص جوانه‌زنی با افزایش تنش خشکی کاهش و ۵۰٪ کاهش شاخص جوانه‌زنی در ۰/۵۲- مگاپاسکال به دست آمد (شکل ۴-۴). متوسط زمان جوانه‌زنی در سطوح مختلف تنش خشکی از رابطه خطی تبعیت نمود و نتایج نشان داد که کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی در شرایط عدم تنش (۳/۶۹ روز) و با افزایش تنش خشکی به ۰/۶- مگاپاسکال متوسط زمان جوانه‌زنی به ۶ روز رسید (شکل ۴-۴).

قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2012) گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی انگل سس کاهش و در تنش ۰/۹- مگاپاسکال جوانه‌زنی کمتر از ۲۰٪ و در ۱/۲- مگاپاسکال جوانه‌زنی به طور کامل متوقف گردید. ۵۰٪ کاهش درصد جوانه‌زنی در تنش ۰/۶- مگاپاسکال به دست آمد. همچنین نتایج سرعت جوانه‌زنی نشان داد که کمترین سرعت

سرعت جوانه‌زنی نیز با افزایش شوری کاهش و در شرایط عدم شوری سرعت جوانه‌زنی ۷/۲ بذر در روز پیش‌بینی و با افزایش شوری به ۵۰ میلی‌مولار سرعت جوانه‌زنی به ۵/۸۵ بذر در روز رسید. کاهش ۵۰٪ سرعت جوانه‌زنی در ۱۱۹/۱۱ میلی‌مولار پیش‌بینی گردید (شکل ۳-۳). متوسط زمان جوانه‌زنی با افزایش شوری افزایش و در شرایط عدم شوری کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی (۲/۹۹ روز) و در شرایط شوری ۳۰۰ میلی‌مولار به نه روز رسید. در واقع با افزایش شوری از صفر به ۳۰۰ میلی‌مولار متوسط زمان جوانه‌زنی سه برابر شد. به ازای یک واحد افزایش شوری بر اساس معادله خط ۰/۰۱۹ روز به متوسط زمان جوانه‌زنی افزوده شد (شکل ۳-۳). با توجه به زندگی انگل سس و وابستگی به گیاه میزبان، این علف‌هرز در زمین‌های که دارای شوری هستند، قادر به جوانه‌زنی خواهد بود. قابل ذکر است که تا قبل از اتصال انگل سس به میزبان وابسته به اندوخته غذایی خود می‌باشد، بنابراین تا قبل از تمام شدن اندوخته غذایی و یافتن میزبان می‌تواند تا شوری ۱۰۰ میلی‌مولار را به راحتی تحمل کند و در شوری‌های بیش از ۱۵۰ میلی‌مولار نیز حدود ۴۰٪ بذرهای انگل سس قادر به جوانه‌زنی خواهند بود. پاسخ جوانه‌زنی گونه‌های مختلف سس به شوری در تحقیقات اندکی که انجام شده است بسیار متفاوت بوده است به طوری که تحقیقات قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2012) نشان داد که در شوری ۹ مگاپاسکال درصد جوانه‌زنی به کمتر از ۲۰٪ و در ۱/۲- مگاپاسکال جوانه‌زنی به طور کامل متوقف گردید. همچنین نتایج محققین نشان داد که سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه‌زنی بیشتر تحت تاثیر قرار گرفت و در تنش ۳- مگاپاسکال نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت. شوری باعث آسیب دیدن غشاهای سلولی به ویژه غشای سیتوپلاسمی می‌گردد. جذب یون‌های نمک منجر به مسمومیت می‌گردد که در نهایت منجر به کاهش جوانه‌زنی و صفات مربوط به آن می‌گردد. نتایج تحقیقات

سبب درختی به سطوح مختلف خشکی نشان داد که در تنش ۱- مگاپاسکال جوانه‌زنی به طور کامل متوقف و در تنش ۰/۴- مگاپاسکال جوانه‌زنی انگل سبب درختی ۸۰٪ بود که با افزایش تنش خشکی به ۰/۶- مگاپاسکال به ۲۰٪ رسید.

جوانه‌زنی در تنش خشکی ۰/۶- به دست آمد. در تیمار شاهد سرعت جوانه‌زنی انگل سبب پنج بذر در روز بود که با افزایش تنش به ۰/۳- مگاپاسکال به دو بذر در روز رسید (Ghanbari et al., 2012). همچنین تحقیقات ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi et al., 2011) مبنی بر پاسخ انگل



شکل ۴- اثر سطوح مختلف خشکی بر درصد جوانه‌زنی (الف)، سرعت جوانه‌زنی (ب)، شاخص جوانه‌زنی (ج) و متوسط زمان جوانه‌زنی (د) انگل سبب  
 Figure 4- Effect of different drought stress levels on germination percentage (A), germination index (B), germination rate (C) and mean germination time (D) of field Dodder

## نتیجه گیری

نتایج تحمل به شوری و خشکی حضور انگل سس در زمین‌های شور و در شرایط تنش رطوبت در گیاهانی که به شوری و خشکی مقاوم هستند به عنوان میزبان می‌تواند مورد انتظار و منجر به گسترش و آلودگی مزارع کشاورزی و زمین‌های بایر گردد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بازدارندگی جوانه‌زنی توسط پوسته سخت بذور انگل سس با ۳۰ دقیقه تیمار اسید سولفوریک برطرف گردید. قابلیت جوانه‌زنی در دامنه ۱۰ تا ۴۰ درجه سلسیوس نشان دهنده توانایی و حضور این علف‌هرز در اقلیم‌های متنوع است. عدم وابستگی به نور برای جوانه‌زنی مکانیسمی برای بقا انگل سس در نظر گرفته می‌شود. همچنین میزان تحمل به تنش‌های محیطی (شوری و خشکی) نشان داد که انگل سس می‌تواند تحمل مناسبی را داشته باشد، اگرچه به نظر می‌رسد میزان تحمل به تنش شوری نسبت به خشکی بیشتر باشد. با توجه به

## سپاسگزاری

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان بابت همکاری در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

## Reference

## منابع

- Albert, M., X. Belastegui-Macadam, M. Bleischwitz, and R. Kaldenhoff. 2008. *Cuscuta* spp.: Parasitic plants in the spotlight of plant physiology, economy and Ecology. *Prog Bot.* 69: 267-277.
- Benvenuti, S., G. Dinelli, A. Bonetti, and P. Catizone. 2005. Germination ecology, emergence and host detection in *Cuscuta campestris*. *Weed Res.* 45: 270-278.
- Bert, A.M., G. Satin, A.M. Baldoni, A. Delpino, P. Frerero, M. Montemurron, F. Tel, P. Viggiani, and G. Zanin. 2006. Relationship between crop yield and weed time of emergence removal modeling and parameter stability. *Weed Res.* 48: 378-388.
- Bewick, T.A., L.K. Binning, and M.N. Dana. 1988. Post-attachment control of swamp dodder (*Cuscuta gronovii*) in cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) and carrot (*Daucus carota*). *Weed Technol.* 2: 166-169.
- Chauhan B.S., and D.E. Johnson. 2008. Seed germination and seedling emergence of giant sensitiveplant (*Mimosa invisa*). *Weed Sci.* 56: 244-248.
- Chauhan, B.S., G. Gill, and C. Preston. 2006. African mustard (*Brassica tournefortii*) germination in Southern Australia. *Weed Sci.* 54: 891-897.
- Costea, M., and F.J. Tardif. 2006. The biology of Canadian weeds. 133. *Cuscuta campestris* Yuncker, *C. gronorii* Willd. Exschult., *C. umbrosa* Beyr. Exhook., *C. epithimum* (L.) and *C. epilinum* Weihe. *Can. J. Plant Sci.* 86: 293-316.
- Cudney, D.W., S.B. Orloff, and J.S. Reints. 1992. An integrated weed management for the control of dodder (*Cuscuta indecora*) in alfalfa (*Medicago sativa*). *Weed Technol.* 6: 603-606.
- Dawson, J.H., L.J. Musselman, P. Wolswinkel, and I. Dörr. 1994. Biology and control of *Cuscuta*. *Rev. Weed Sci.* 6: 265-317.
- De Paula, A.S., C.M.L. Delgado, M.T.S. Paulilo, and M. Santos. 2012. Breaking physical dormancy of *Cassia leptophylla* and *Senna macranthera* (Fabaceae: Caesalpinioideae) seeds: water absorption and alternating temperatures. *Seed Sci. Res.* 22: 259-267.
- Ebrahimi, E.E., S.V. Eslami, and E. Zand. 2011. Effect of Environmental Factors on Germination and Emergence of Eastern Dodder (*Cuscuta monogyna*) *J. Plant Protec.* 25(1): 83-91. (In Persian, with English Abstract)

- Ganbari, A., M. Afshari, and S. Mijani. 2012.** Effect of drought and salinity stress on emergence of field dodder. Iran. J. Field Crops Res. 10: 311-320. (In Persian, with English Abstract)
- Goldwasser, Y., H. Miryamchik, B. Rubin, and H. Eizenberg. 2016.** Field Dodder (*Cuscuta campestris*)—A New Model Describing Temperature-Dependent Seed Germination. Weed Sci. 64(1): 53-60.
- Haidar, M.A., G.L. Orr, and P. Westra. 1997.** Effects of light and mechanical stimulation on coiling and prehaustoria formation in *Cuscuta* spp. Weed Res. 37: 219-228.
- Holm, L., J. Doll, E. Holm, J. Panch, and J. Herberger. 1997.** World Weeds: Natural Histories and Distribution. John Wiley & Sons, New York. 1129 pp.
- Hutchinson, J.M., and F.M. Ashton. 1980.** Germination of field dodder (*Cuscuta campestris*). Weed Sci. 28: 330-333.
- Irum, M., I. Khokhar, and S. Mushtaq. 2011.** *Cuscuta campestris* Yunck. A new pest of *Capsicum frutescens* L. (Hot chilli) in Lahor- Pakistan. Pak. J. Weed Sci. Res. 17: 103-110.
- Keith, R.A., and D. C. Tingey. 1968.** Germination and spring emergence of dodder as influenced by temperature. Weeds. 12:45-48.
- Kheloufi, A., L.M. Mansouri, and F.Z. Boukhatem. 2017.** Application and use of sulphuric acid pretreatment to improve seed germination of three acacia species. Reforesta. (3): 1-10
- Sarić-Krsmanović, M., D. Božić, D. Pavlović, L. Radivojević, and S. Vrbničanin. 2013.** Temperature effects on *Cuscuta campestris* Yunk seed germination. Pestic. Fitomed. 28(3): 187-193.
- Lanini, W.T. 2004.** Economical Methods of Controlling Dodder in Tomatoes. Proc. Calif. Weed Sci. Soc. 56: 57-59.
- Lanini, W.T, and M. Kogan. 2005.** Biology and management of *Cuscuta* in crops. Int. J. Agric. Nat. Resour. 32(3): 127-141.
- Leblanc, M.L., D.C. Cloutier, K.A. Stewart, and C. Hamel. 2003.** The use of thermal time to model common lambsquarters (*Chenopodium album*) seedling emergence in corn. Weed Sci. 51(5): 718-724.
- Lyshed, B.O. 1992.** Studies of mature seeds of *Cuscuta pedicellata* and *C. campestris* by electron microscopy. Ann. Bot. 69: 365-371.
- Mensah, S.I., and C. Ekeke. 2016.** Effects of Different Pretreatments and Seed Coat on Dormancy and Germination of Seeds of *Senna obtusifolia* (L.) HS Irwin & Barneby (Fabaceae)." Int. J. Biol. 8(2): 77-84.
- Mishra, J.S. 2009.** Biology and management of *Cuscuta* species. Indian J. Weed Sci. 41: 1-11.
- Mosavi, M.R., and P. Shimi. 1997.** Parasitic weed of world. (Biology and Control). Varamin Azad University. 396 Pp.
- Nir, E., B. Rubin, and S.W. Zharasov. 1996.** On the biology and selective control of field dodder (*Cuscuta campestris*). Pages 809-816 in Moreno MT, Cuberu JI, Berner D, Joel D, MusselmanLJ, Parker C, eds. Advances in Parasitic Plant Research. Cordoba, Spain: Junita de Andalucia.
- Prather, A., and R.J. Tyrl. 1993.** The Biology of *Cuscuta attenuata* Waterfall (Cuscutaceae) . Proc. Okla. Acad. Sci. 73:7-13
- Rubin, B. 1990.** Weed competition and weed control in *Allium* crops. Vol. II. p. 63-84. In: H.D. Rabinowitch and J.L. Brewster (eds.) Onions and Allied Crops. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida.

