"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰
(ص ۱۳-۱)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 10, No.: 2, Summer 2021
(pp: 1-13)
DOI: 10.22034/ijsst.2020.341568.1324
Research Article

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

احمد زارع[1*]، زینب پورعامری[2]

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 بذرها 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-، 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٪)، ۲۵(۱۰۰٪)، ۳۰ (۱۰۰٪)، ۳۵ (۱۰۰٪) و ۴۰ درجه سلسیوس (۴۲٪) بود. جوانه‌زنی انگل سس وابسته به نور نبود. کاهش ۵۰ ٪ صفات درصد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در۱۵۴/۸۹، 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، 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[1*], Z. Porameri[2]

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@asnrukh.ac.ir

مقدمه

علف‌هرز سس با نام علمی (*Cuscuta Campestris*) و نام انگلیسی (Field dodder) متعلق به خانواده (Convolvulaceae) به عنوان یک علف‌هرز انگل در اکوسیستم‌های گرم و گرمسیری گسترش یافته است و محصولات زراعی و علف های هرز مختلفی را پارازیته می کند (Dawson *et al.,* 1994; Holm *et al.,* 1997). و به گیاهان تک لپه کمتر اتصال دارد (Haidar *et al.,* 1997).

در دنیا ۲۰۰ گونه و در ایران نیز ۱۸ گونه انگل سس شناسایی شده‌اند (Mosavi and Shimi, 1997) انگل سس در ۵۵ کشور دنیا و بروی ۲۵ محصول زراعی مختلف دارای فعالیت انگلی می‌باشد (Costea and Tardif, 2006).

گزارش میزان خسارت انگل سس روی محصولات مختلف گوجه‌فرنگی 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 تقریبا هر بوته انگل سس ۳۰۰۰ بذر تولید می کند، خواب بذرها به مدت طولانی (تقریبا ۲۰ سال) گزارش شده و انتظار براین است که تعداد اندکی از بذرها در سال اول قادر به جوانه‌زنی و اتصال به گیاه میزبان باشند (Irum *et al*., 2011). جوانه‌زنی 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 جوانه‌زنی و اتصال به گیاه میزبان می‌باشد (Benvenuti *et al.,* 2002).

پوسته سخت بذر انگل سس (خواب فیزیکی) مهمترین عامل خوب بذر می‌باشد 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 میکروارگانیسم‌ها و سرمای خاک در طی فصل زمستان دارد (Albert *et al.,* 2008). علاوه بر پوسته بذر، دما به عنوان مهمترین عامل در جوانه‌زنی بذر انگل سس مورد توجه می‌باشد (Sarić-Krsmanović *et al.,* 2013). تنش‌های محیطی به مانند شوری و خشکی نیز از عواملی می‌باشند که بر میزان جوانه‌زنی واستقرار گیاهان تاثیرگذار می‌باشد، چرا که گیاهانی که در شرایط تنش دارای تحمل بیشتری با شند، در مراحل بعدی ر شد نیز در رقابت دارای قدرت رقابت بیشتری هستند (Ghanbari *et al.,* 2012). برای موفقیت به برنامه مدیریت علف‌های هرز، آگاهی از مکانیسم شکست خواب، جوانه‌زنی، بقا و سبزشدن گیاهچه می‌تواند لازمه برنامه‌های پیش رو باشد (Leblanc *et al.,* 2003). همچنین با تاثیر فاکتور های محیطی بر جوانه‌زنی انگل سس می‌توان میزان شدت آلودگی مزرعه را پیش‌بینی نمود (Bert *et al.,* 2006).

با توجه به عدم نیاز به میزبان برای جوانه‌زنی و وابستگی به اندوخته غذایی در مرحله جوانه‌زنی، عوامل خاکی به مانند تنش شوری و خشکی می‌تواند بر میزان جوانه‌زنی انگل سس و به تبع آن بر میزان اتصال و پارازیته کردن میزبان تاثیرگذار می‌باشد.

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

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 زمان های 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 52°44'46.23"E) و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۹۸ متر 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. بذرهای انگل سس بر اساس مدت زمان‌های فوق در ظرف‌های شیشه‌ای قرار داده شدند و پس از اتمام زمان‌های مربوطه با آب معمولی وآب 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 بذرهای جوانه‌زده روزانه و تا ۱۵ روز ادامه و معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به میزان ۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد (Goldwasser *et al.*, 2016).

آزمایش دوم: اثر دما، نور و تیمار شکست خواب (اسید سولفوریک) بر جوانه‌زنی انگل سس

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً 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 بذرهای 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 سانتی متری 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 درنظر 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-،

۰/۸-، 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 (مرک آلمان) استفاده گردید. جهت اعمال تنش خشکی از پتری دیش‌های شیشه‌ای بدون کاغذ صافی استفاده گردید. در ابتدا برای هر پتری‌دیش 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 نمودار ها با استفاده از نرم افزار سیگماپلات (Sigma plot 14) انجام گردید.

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

Germination=a/ (1+exp (-(x-x_0)/b))

a = ماکزیمم جوانه‌زنی

B=شیب خط

X_0 = 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.

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

a =برابر است با ماکزیمم صفات در تیمار شاهد (عدم شوری و خشکی)

b =شیب خط

X_{50} = 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.

MGT = y_0+b*x

Y_0 عرض مبدا و b معادل شیب خط می‌باشد.

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

Beta =(((Tc-T)/ (Tc-To))*(((T-Tb)/ (To-Tb))^ ((To-Tb)/ (Tc-To))))/fo

Segmented=if (T=<To, ((T-Tb)/ (To-Tb))/fo, (1-(T-To)/ (Tc-To))/fo

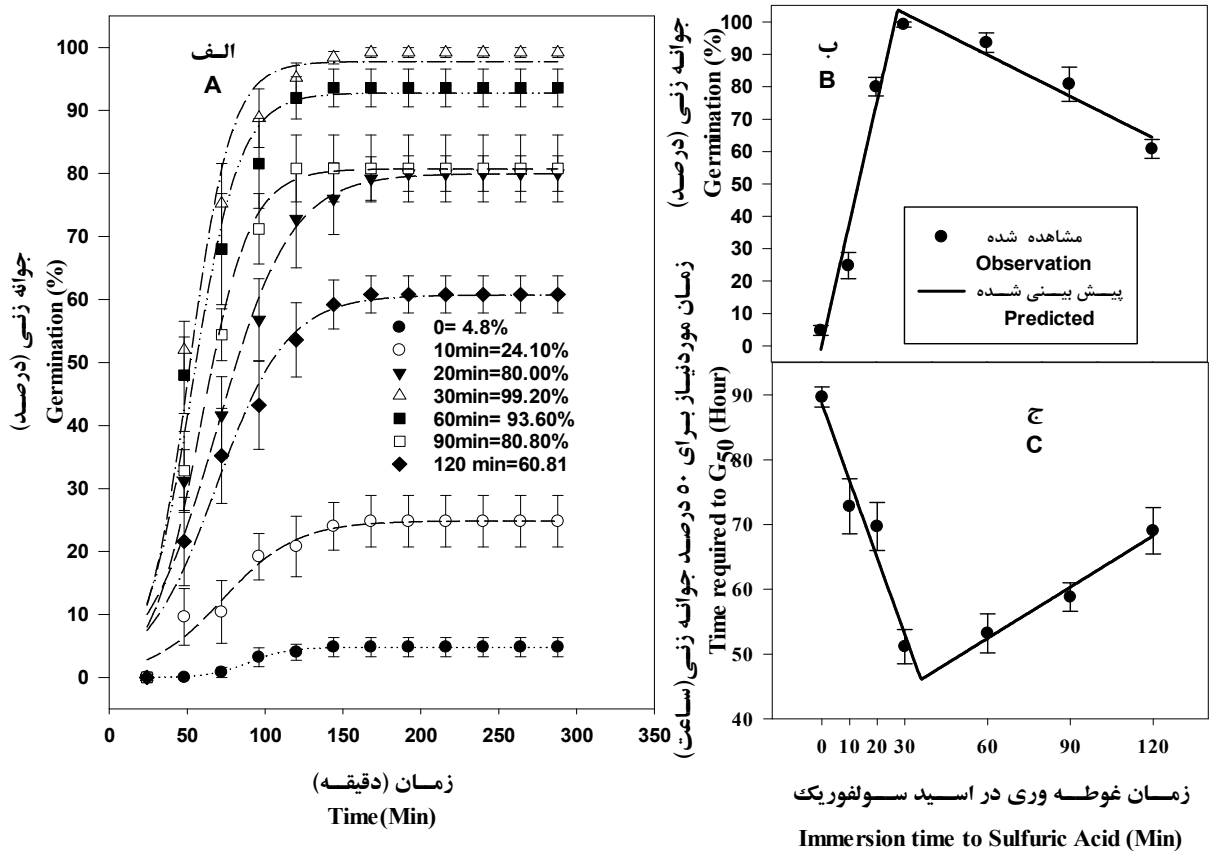
در معادلات فوقTb (دمای پایه)، To (دمای اپتیمم)، Tc(دمای حداکثر یا دمای سقف) و fo ضریب ثابت یا ضریب رگرسیونی و T دمای آزمایش می‌باشند.

نتایج و بحث

آزمایش اول: شکست خواب (اسید سولفوریک)

با افزایش مدت زمان قرارگیری بذر ها 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 ۳۰دقیقه 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 (شکل۱-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 (شکل۱-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(شکل۱-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

دقیقه منجر به کاهش جوانه‌زنی گردید، که دلیل کاهش احتمالا ورود اسید سولفوریک به داخل بذر و آسیب به جنین می‌تواند درنظر گرفته شود. با افزایش زمان قرارگیری بذرها، 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 و ۳۰ دقیقه به ترتیب برابر با ۷۲ ، ۶۹ و ۵۱ ساعت بود. نکته قابل توجه افزایش زمان مورد نیاز به٪۵۰ جوانه‌زنی در تیمارهایی بالاتر از ۶۰ دقیقه قرارگیری بذرها در اسید سولفوریک بود که در زمان‌های ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه به ترتیب برابر ۵۳، ۵۸ و ۶۹ ساعت به دست آمد (شکل۱-C). قرارگیری بذرها در اسید سولفوریک نسبت به بذر گیاهان مختلف متفاوت می‌باشد و قرارگیری بذرها 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 بذرها در ۱۲۰ دقیقه منجر به کاهش جوانه‌زنی گردید و مدت زمان کمتر برای بهبود جوانه‌زنی می تواند 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 بذرها جوانه‌زنی داشتند (Mensah and Ekeke, 2016).



شکل ۱- اثر زمان غوطه وری 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 Dodder in Sulfuric acid seed on germination (A and B) and G50 (time required to 50% germination) (C)

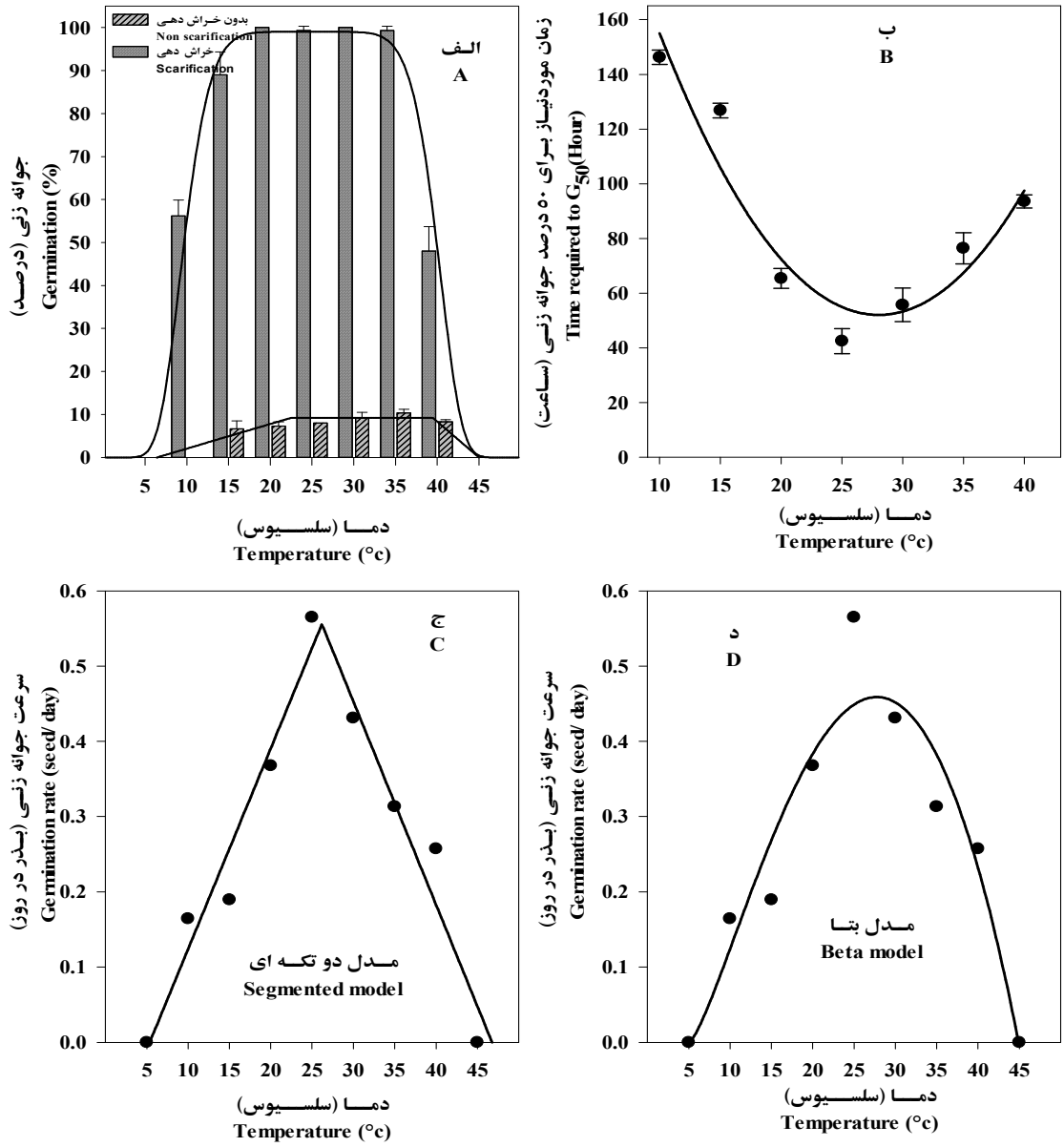
تحقیقات پراتر و تیرل (Prather and Tyrl, 1993) بروی انگل سس گونه *Cuscuta attenuate* نشان داد که کاربرد اسید سولفوریک به میزان ۳۰ دقیقه منجر به افزایش جوانه‌زنی گردید و در شرایط عدم کاربرد اسید سولفوریک تنها ٪۱۳ بذرها جوانه‌زنی داشتند و در شرایط قرارگیری بذرها در ۱۵ دقیقه اسید سولفوریک تنها٪۵۹ جوانه‌زنی 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 (شکل۲-A). در دماهای ۲۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس در شرایط بذرهای خراش داده شده با اسید سولفوریک درصد جوانه‌زنی ٪۱۰۰ بود (شکل۲-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 (شکل۲-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 بذرها قادر به جوانه‌زنی بودند (شکل۲-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 (شکل۲- 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 ۱۴۶/۲۳ ساعت بود (شکل۱-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 دما های ۱۰، ۱۵، ۲۱ و ۳۵ در جه سلسیوس درصد جوانه‌زنی به ترتیب ۷، ۳۱، ۲۳ و٪۲۲ بود. همچنین قرارگیری بذرها 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 که بذر انگل سس در دمای پنج درجه سلسیوس٪۶/۲۵ و در دماهای ۱۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس بین ۹۶/۴ تا ٪۱۰۰ بذرها 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

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 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).



شکل۲-پاسخ انگل سس به دماهای مختلف و تیمار اسید سولفوریک بر جوانه‌زنی (الف) زمان رسیدن به۵۰٪ جوانه‌زنی (ب) و تعیین دمای کاردینال بر اساس مدل های دو تکه‌ای (Segmented) (ج) و بتا (Beta) (د)

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

نتایج تحقیقاتتحقیقات 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 پیش بینی 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 کنترل های مختلف بیشتر آسیب پذیر می باشد (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 هرزی که دارای پوسته سخت هستند، احتمالا 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 درنظر 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(جدول۱). همچنین نتایج نشان داد که دمای مطلوب جوانه‌زنی این علف‌هرز در محدوده ۲۶تا 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 می گردد. دلیل عدم معنی‌دارشدن مدل بتا برآورد خطای استاندارد در دمای پایه است که بیشتر از دمای پایه می‌باشد (جدول۱).

جدول۱- پارامترهای برآورد شده مدل های 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 رگرسیونی 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.

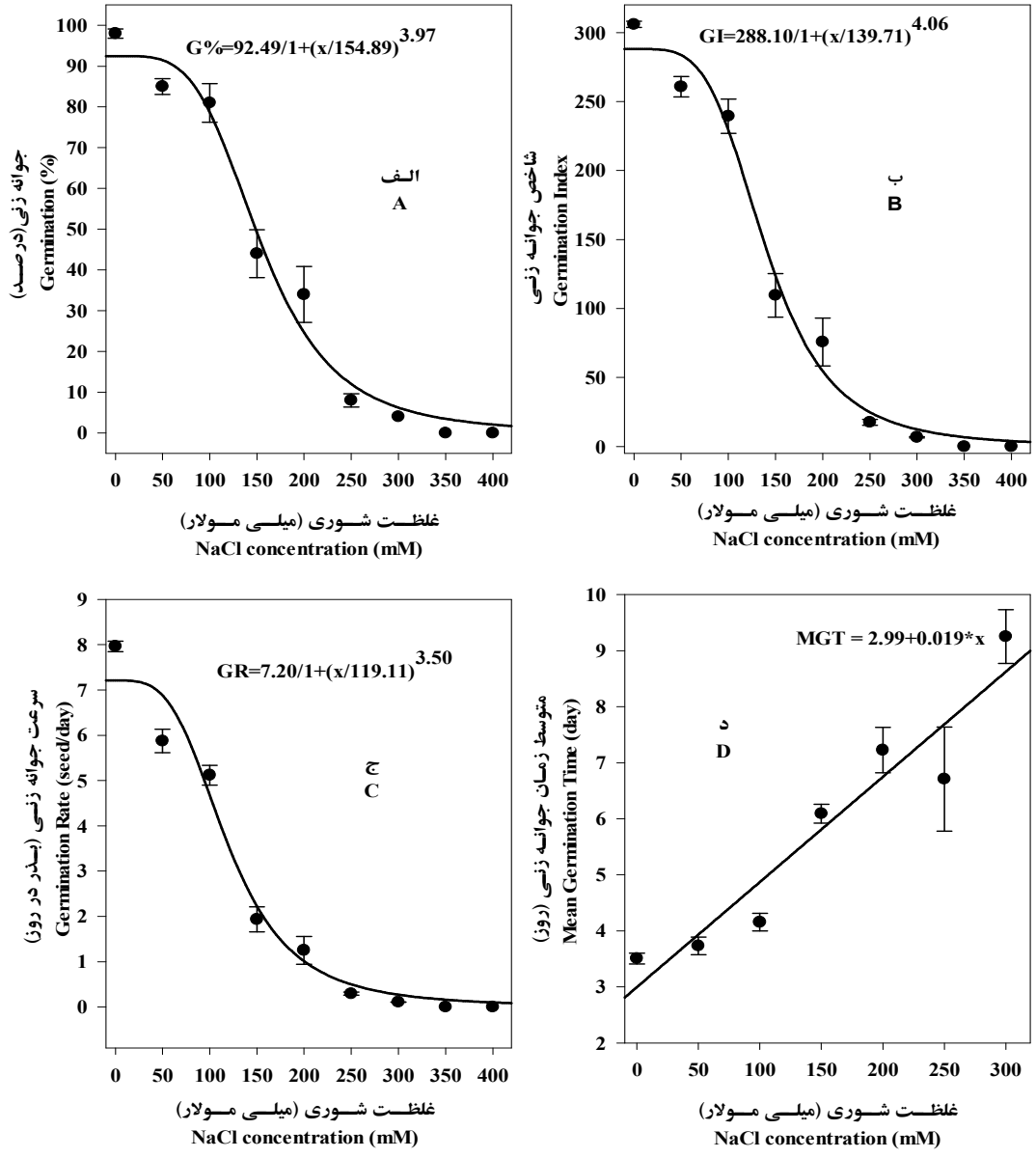
اعداد داخل پرانتز نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشد.

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

پاسخ انگل سس به تنش شوری

در سطوح شوری بالاتر از ۲۵۰ میلی‌مولار درصد جوانی‌زنی انگل سس به شدت کاهش و در سطح شوری ۳۵۰ میلی‌مولار جوانه‌زنی به طور کامل متوقف گردید (شکل۳-A). درصد جوانه‌زنی در سطوح شوری ۳۰۰ و

۲۵۰ ، ۲۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار به ترتیب ۴، ۸، ۳۴، ۴۴ و٪ ۸۱ بود. کاهش٪۵۰ جوانه‌زنی در ۱۵۴/۸۹ میلی‌مولار پیش‌بینی شد (شکل۳-A). با افزایش سطوح شوری، شاخص جوانه‌زنی کاهش و در شوری‌های بالاتر از ۱۰۰ میلی‌مولار شیب کاهش شاخص جوانه‌زنی بسیار مشهود 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 (شکل۳-B).



شکل۳- 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

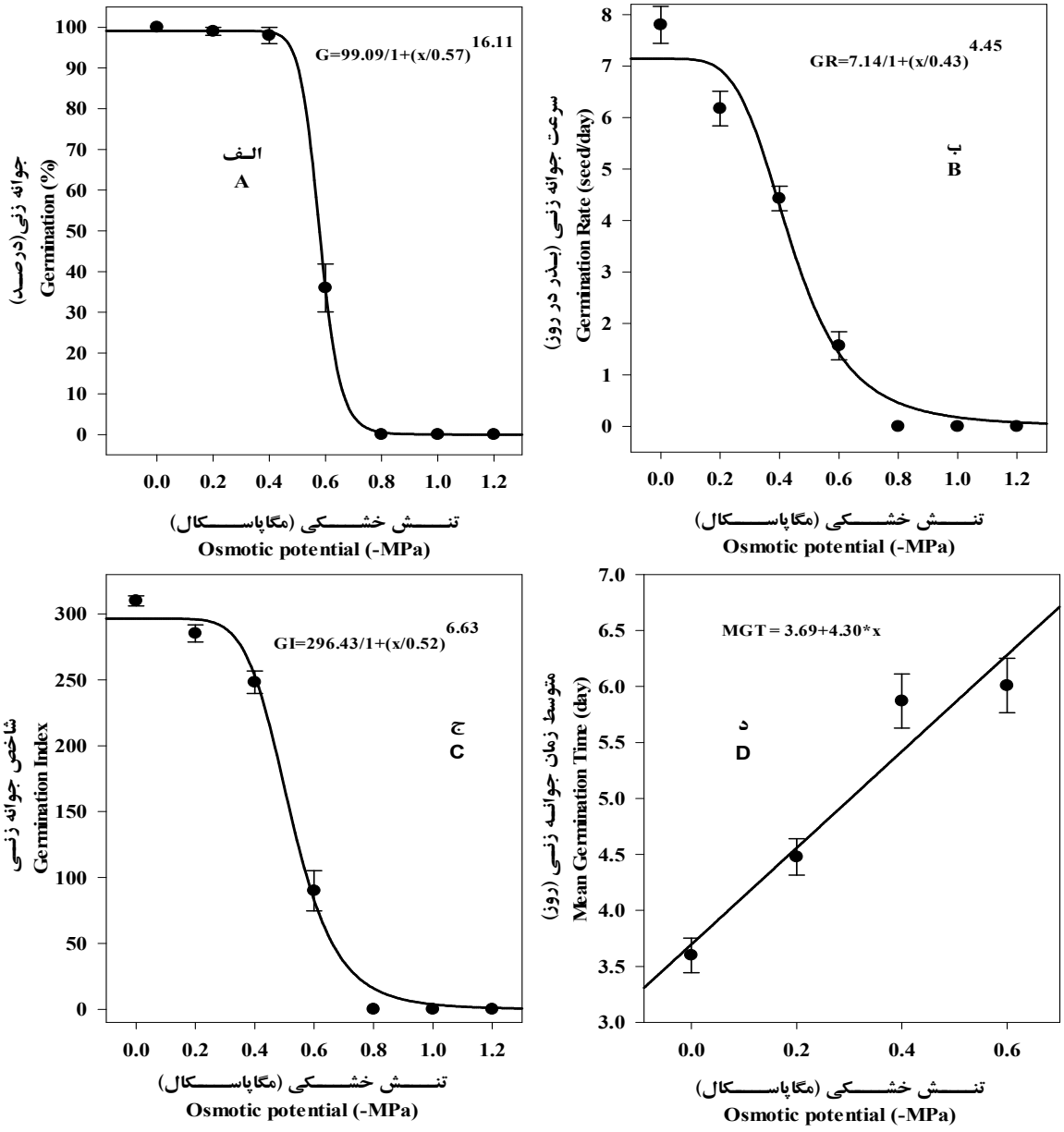
سرعت جوانه‌زنی نیز با افزایش شوری کاهش و در شرایط عدم شوری سرعت جوانه‌زنی ۷/۲ بذر در روز پیش‌بینی و با افزایش شوری به ۵۰ میلی‌مولار سرعت جوانه‌زنی به ۵/۸۵ بذر در روز ر سید. کاهش ٪۵۰ سرعت جوانه‌زنی در ۱۱۹/۱۱ میلی‌مولار پیش‌بینی گردید (شکل۳-C). متوسط زمان جوانه‌زنی با افزایش شوری افزایش و در شرایط عدم شوری کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی (۲/۹۹ روز) و در شرایط شوری ۳۰۰ میلی‌مولار به نه روز ر سید. 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 (شکل۳-C). 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 می‌توانند تا شوری ۱۰۰ میلی‌مولار را به راحتی تحمل کند و در شوری های 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 ۹مگاپاسکال درصد جوانه‌زنی به کمتر از ٪۲۰ و در ۱/۲- مگا پاسکال جوانه‌زنی به طور کامل متوقف گردید. همچنین نتایج محققین نشان داد که سرعت جوانه‌زنی نسبت به در صد 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 ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi *et al.*, 2011) بروی انگل سس درختی نشان داد که جوانه‌زنی تا ۱۶۰ میلی‌مولار بدون هیچ گونه تغیری دنبال شد و در غلظت ۶۴۰ میلی‌مولار جوانه‌زنی کاملا 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-A). سرعت جوانه‌زنی با فزایش تنش خشکی کاهش و در شرایط عدم تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی برابر با ۷/۸۰ بذر در روز و در۰/۶- مگاپاسکال به ۱/۵۶ بذر در روز رسید. کاهش ۵۰ ٪ سرعت جوانه‌زنی در ۰/۴۳- مگاپاسکال پیش‌بینی گردید (شکل ۴-B). شاخص جوانه‌زنی با افزایش تنش خشکی کاهش و ۵۰ ٪ کاهش شاخص جوانه‌زنی در ۰/۵۲- مگاپاسکال به دست آمد (شکل ۴- C). 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 (شکل۴-C).

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

جوانه‌زنی در تنش خشکی ۰/۶- به دست آمد. در تیمار شاهد سرعت جوانه‌زنی انگل سس 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 سس 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 سس درختی ۸۰٪ بود که با افزایش تنش خشکی به ۰/۶- مگاپاسکال به ۲۰٪ رسید.



شکل۴- اثر سطوح مختلف خشکی بر درصد جوانه‌زنی (الف)، سرعت جوانه‌زنی(ب)، شاخص جوانه‌زنی(ج) و متوسط زمان جوانه‌زنی (د) انگل سس

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 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 اقلیم‌ها ی 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 می‌تواندتحمل مناسبی را داشته باشد، اگرچه به نظر می‌رسد میزان تحمل به تنش شوری نسبت به خشکی بیشتر باشد. با توجه به نتایج تحمل به شوری و خشکی حضور انگل سس در زمین‌های شور ودر 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.

سپاسگزاری

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

منابع

Reference

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. Frrero, 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. epithymum* (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.