به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲٤ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱٤۰۱
صفحه‌های ٤۰-۳۱
DOI: 10.22059/jci.2021.311317.2458

مقاله پژوهشی:

ارزیابی جوانه‌زنی گیاه دارویی- روغنی چیا تحت شرایط تنش‌های محیطی

احمد زارع[1*]، آیدین خدایی جوقان[1]، زینب خضری‌پور[2]
۱. استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۲. دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۸/۱۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۱/۲۴

چکیده
به‌منظور پاسخ گیاه چیا به دما، تنش‌های غیر زنده (شوری و خشکی) سه آزمایش جداگانه بر مبنای طرح کاملاً تصادفی در آزمایشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در چهار تکرار در سال ۱۳۹۷ انجام شد. دما شامل (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ٤۰ و ٤۵ درجه سلسیوس)، شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار) و تنش خشکی (۲، ۰/۰- ،۰/٤- ،۰/٦- ،۰/۸- ،۱/- و ۱/۲- و ۱/٤- مگاپاسکال) در نظر گرفته شد. در پاسخ به دما، چیا در دامنه ۱۰ تا ٤۰ درجه سلسیوس قادر به جوانه‌زنی بود. دمای پایه (T_b)، دمای مطلوب جوانه‌زنی (T_o) و دمای سقف (T_c) به‌ترتیب ٦، ۲۸ و ٤٤ درجه سلسیوس پیش‌بینی شد. در پاسخ به شوری، درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی کاهش و در سطح شوری ٤۰۰ میلی‌مولار جوانه‌زنی کاملاً متوقف شد. شوری مورد نیاز برای کاهش ۵۰ درصد (پارامتر X_{50}) صفات درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی ۳٤۹ و ۲۳٦ میلی‌مولار به‌دست آمد. کاهش ۵۰ درصد صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی در تیمار تنش خشکی در سطح ۰/۹۲- و ۰/۷۹- مگاپاسکال مشاهده شد با توجه به پارامتر x_{50} چیا به تنش شوری و خشکی مقاوم می‌باشد. در شرایط خاک‌های شور و تنش رطوبتی چیا می‌تواند برای کشت و کار به کشاورزان توصیه شود.

کلیدواژه‌ها: خشکی، دمای پایه، دمای سقف، سرعت جوانه‌زنی، شوری.

Evaluation of Germination in Chia as a Medicinal-Oil Seed Plant under Environmental Stresses

Ahmad Zare[1*], AydinKhodaei Joghan[1], Zeinab Khezripoor[2]
1. Assistant Professor, Plant Production and Genetics Department, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
2. B.Sc. Student, Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
Received: November 4, 2020 Accepted: February 12, 2021

Abstract
In order to evaluate the response from chia (*Salvia hispanica* L.) to temperature, under abiotic stresses (salinity and drought) three separate experiments was carried out in the laboratory of Agricultural Sciences and Natural Resources at University of Khuzestan in four replications in 2018. Treatments included temperature (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45 °C), salinity (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, and 400 mM), and drought stress (-0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1, 1.2, and 1.4 MPa). In response to temperature, chia proved to be capable of germinating in the range of 10 to 40 °C. The base temperature, optimum temperature, and ceiling temperature were predicted to be 6, 28, and 44°C respectively. Germination percentage and germination rate decreased in response to salinity and at salinity of 400 mM, germination was completely inhibited. Salinity reduction of 50% in germination percentage and germination rate obtained at salinity 349 and 236 mM. 50% reduction in germination percentage and germination rate was observed at -0.92 and -0.79 MPa of drought stress. According to x50 parameter, chia is resistant to salinity and drought stresses. In conditions of saline soils and drought stress, it can be recommended for cultivation to farmers.

Keywords: Base temperature, ceiling temperature, drought stress, germination rate, salinity.

* نویسنده مسئول
Email: Ahmadzare@asnrukh.ac.ir

۱. مقدمه

جنس سالویا[1] متعلق به خانواده نعناعیان[2] شامل بیش از ۹۰۰ گونه در دنیا می‌باشد (Kamatou *et al*., 2010) چیا با نام علمی (*Salvia hispanica* L.) به‌عنوان یک گیاه علفی یک‌ساله، بومی جنوب مکزیک و شمال گواتمالا بوده و در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری استوا مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (Ixtaina *et al.,* 2008). روغن چیا به‌عنوان پایه‌ای برای رنگ‌های صورت و بدن و رنگ نقاشی‌های دیواری، ظروف لاکی و سفالی استفاده می‌شود (Kintzios, 2000). دانه چیا دارای پروتئین (۱۵–۲۵ درصد)، چربی (۳۰–۳۳ درصد)، کربوهیدرات (۲۶–۴۱ درصد)، فیبر غذایی بالا (۱۸–۳۰ درصد)، خاکستر (۴–۵ درصد)، مواد معدنی، ویتامین‌ها و ماده خشک (۹۰–۹۳) می‌باشد (Mohd Ali *et al.,* 2012).

دانه‌های چیا غنی از اسیدهای چرب ضروری (۲۰ درصد اسید لینولئیک، ۶۰ درصداسید لینولنیک) است (Kintzios, 2000). هم‌چنین در آب دانه‌های چیا یک موسیلاژ غنی از پلی‌ساکاریدها وجود دارد (Wilson, 1993). هم‌چنین چیا یک منبع عالی آنتی‌اکسیدان است و بخش عمده‌ای از فعالیت آنتی‌اکسیدانی دانه‌های روغنی به فلاونوئید، هیدروکسیلات سینامیک‌اسید مربوط می‌شود (Pratt, 1992).

اطلاعات دقیق در مورد الگوهای جوانه‌زنی نه تنها برای کشت موفقیت‌آمیز، بلکه برای درک استقرار گونه‌ها، تحمل به عوامل غیر زنده و پویایی آن‌ها در مناطق خشک بسیار مهم است (Gorai *et al.,* 2011) و استقرار موفقیت‌آمیز گیاهان تا حد زیادی به جوانه‌زنی بستگی دارد (Gorai & Neffati, 2007). جوانه‌زنی به‌عنوان یک مرحله حیاتی در چرخه زندگی گیاهان است و بسیار در فضا و زمان غیرقابل پیش‌بینی است. چندین عامل محیطی مانند دما، شوری، نور و رطوبت خاک به‌طور هم‌زمان بر جوانه‌زنی تأثیر می‌گذارد (El-Keblawy & Al-Rawai, 2005, 2006). استقرار اولیه یک گونه گیاهی در مناطق شور و خشک تحت تأثیر پاسخ جوانه‌زنی بذر به فاکتورهای محیطی می‌باشد و معمولاً استقرار اولیه، بقای یک گونه از جمعیت را تضمین می‌کند (Tobe *et al.,* 2000; Huang *et al*., 2003; Song *et al.,* 2005).

نتایج پژوهش دما، شوری و خشکی بر روی گونه (*Salvia limbata*) نشان داد که در دامنه دمایی ۱۲ تا ۲۱ درجه سلسیوس جوانه‌زنی روند ثابت و از دمای ۲۱ درجه تا ۲۵ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی روند نزولی داشت. هم‌چنین درصد جوانه‌زنی در پاسخ به شوری و خشکی نشان داد که شوری ۲٦٤ میلی‌مولار و تنش خشکی ۸- بار درصد جوانه‌زنی کاملاً متوقف شد (Saffariha *et al.,* 2020).

اثر دما، شوری و خشکی بروی گیاه سرشاخه گلدار[3] از خانواده نعناعیان نشان داد که که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس و در دمای ۳۵ درجه سلسیوس جوانه‌زنی کاملاً متوقف شد. هم‌چنین درصد جوانه‌زنی در پاسخ به شوری و خشکی نشان داد که در ۱۳٦ میلی‌مولار شوری و ۱- مگاپاسکال جوانه‌زنی متوقف شد (Dadach & Mehdadi, 2018).

اثر تنش خشکی روی دو گونه آویشن[4] از خانواده نعناعیان نشان داد با افزایش تنش خشکی درصد جوانه‌زنی در دماهای مختلف متفاوت و هم‌چنین پاسخ دو گونه نیز در شرایط تنش خشکی متفاوت بود (Abbad *et al.,* 2011).

با توجه به معرفی گیاه چیا به‌عنوان یک گیاه ارزشمند زراعی و دارویی (Seyedi *et al.,* 2019)

1. Salvia
2. Lamiaceae
3. *Ballota hirsuta*
4. Thymus

پژوهش‌ها در مورد این گیاه می‌تواند در افق کشاورزی کشور نقش مؤثری در بهبود تولید و افزایش سطح زیر کشت آن داشته باشد. از این‌رو، در گام اول جهت موفقیت یک گونه گیاهی شناخت ویژگی‌های اکولوژیکی مانند پاسخ به دماهای مختلف و تنش‌های غیرزنده به مانند شوری و خشکی ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر دماهای مختلف، سطوح مختلف شوری و خشکی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی گیاه چیا بود.

۲. مواد و روش‌ها

۲. ۱. آزمایش دما

آزمایش در سال ۱۳۹۷ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در آزمایشگاه‌های علوم علف‌های هرز و تکنولوژی بذر در چهار تکرار براساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد. دامنه دمایی شامل پنج، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ٤٥ درجه سلسیوس بود. در ابتدا بذرهای گیاه چیا (با همکاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) تهیه شد.

پتری‌های ۱۰ سانتی‌متری انتخاب و درون هر پتری دو عدد کاغذ صافی واتمن (شماره ۱) قرار داده شد. درون هر پتری ۳۰ عدد بذر در نظر گرفته شد و میزان پنج میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. بذرها در ژرمیناتور با دوره ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی قرار داده شدند. شمارش بذرها ١٤ روز ادامه داشت. در سه روز اول آزمایش، شمارش بذرها هر هشت ساعت و در روزهای بعد هر ٢٤ ساعت یک بار انجام شد. معیار جوانه‌زنی نمایان شدن نوک ریشه‌چه به میزان ۲-۳ میلی‌متر بود.

۲. ۲. آزمایش تنش خشکی

آزمایش برمبنای طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در نظر گرفته شد. سطوح مختلف تنش خشکی شامل صفر، ۰/۲-، ۰/٤-، ۰/٦-، ۰/۸-، ۱-، ۱/۲-، ۱/٤- مگاپاسکال بود. از پلی‌اتیلن‌گلایگول ٦۰۰۰ مرک آلمان جهت محلول تنش خشکی استفاده شد و معیار میزان پلی‌اتیلن‌گلایکول براساس معادل Michel & Kaufmann (1973) بود. بذرهای چیا درون پتری‌های شیشه‌ای و بدون کاغذ صافی به تعداد ۳۰ عدد بود. جهت تأمین رطوبت موردنیاز ۵ میلی‌لیتر از محلول‌های پلی اتیلن گلایکول اضافه شد. جهت جلوگیری از تبخیر، پتری‌ها با نایلون پوشیده شدند. شمارش بذرها به مانند آزمایش دما بود.

۲. ۳. آزمایش تنش شوری

ده سطح شوری بر مبنای طرح کاملاً تصادفی شامل (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰، ٤۰۰ و ٤٥۰ میلی‌مولار) از نمک کلریدسدیم بود. پتری‌هایی با قطر ۱۰ سانتی‌متری انتخاب و درون هر پتری ۳۰ عدد بذر روی دو عدد کاغذ صافی واتمن شماره (۱) قرار داده شد. برای هر پتری از محلول‌های شوری ۵ میلی‌لیتر در نظر گرفته شد. شمارش بذرها به مانند آزمایش خشکی بود.

برای اندازه‌گیری صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی از معادلات زیر استفاده شد.

$$\text{Germination\%} = \sum \frac{n}{N} \times 100$$ رابطه (۱)

N برابر است با تعداد کل بذر، n برابر است با تعداد بذر جوانه زده

$$\text{Germination rate} = \sum \left(\frac{n}{t}\right)$$ رابطه (۲)

n تعداد بذر جوانه زده و t زمان یا روز جوانه‌زنی

$$Mean\ \text{germination time} = \frac{\sum dn}{N}$$ رابطه (۳)

Dn: برابر است با مجموع تعداد بذر جوانه زده ضرب در روز جوانه‌زنی

N: برابر است با کل بذر

رابطه (٤) $\text{Germination index} = \sum(14 \times n1) + (13 \times n2) + \cdots (1 \times n14)$

n_1، n_2، ... و n_{14} به‌ترتیب تعداد بذرهای جوانه زده در روز

هم‌چنین برای روز اول ضریب ١٤ و برای روز آخر ضریب ١ در نظر گرفته شد.

هم‌چنین برای تعیین دمای کاردینال از مدل دو تکه‌ای استفاده شد که به شرح ذیل می‌باشد.

رابطه (٥)
$f(T)=(T-T_b)/(T_o-T_b)$ if $T_b< T \leq T_o$
$f(T)=(Tc-T)/(Tc-To)$ if $T_o< T < T_c$
$f(T)=0$ if $T \leq T_b$ or $T \geq Tc$

Tb معادل دمای پایه، T_o معادل دمای مطلوب، T_c معادل دمای حداکثر یا دمای سقف و T دمای آزمایش می‌باشند (Zaferanieh *et al*., 2020).

هم‌چنین برای برازش داده‌های مربوط به شاخص جوانه‌زنی (معادله گوسین- رابطه ٦)، متوسط زمان جوانه‌زنی (معادله کوادراتیک- رابطه ٧) و صفات اندازه‌گیری‌شده در آزمایشات شوری و خشکی از معادله لجستیک سه پارامتره (رابطه ٨) استفاده شد (Xiong *et al.*, 2018).

رابطه (٦) معادله گوسین

$$GI = a \times \exp(-0.5 \times abs(\frac{T-Tmax}{b})\text{^}c$$

a حداکثر شاخص جوانه‌زنی؛ b شیب خط؛ T_{MAX} دمای که در آن حداکثر شاخص جوانه‌زنی حادث شد؛ c: ضریب معادله.

رابطه (٧) $MGT = yo + ax$

Y_0 برابر است با عرض از مبدا یا مقادیر در شرایط تیمار شاهد؛ a شیب خط.

رابطه (٨) معادله لجستیک (سه پارامتره)

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

a برابر است با بیش‌ترین مقادیر صفات اندازه‌گیری‌شده در تیمار صفر (شاهد)؛ b شیب خط؛ X_{50} شوری یا خشکی مورد نیاز برای رسیدن به کاهش ٥٠ درصد صفات اندازه‌گیری‌شده.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار سیگماپلات انجام شد.

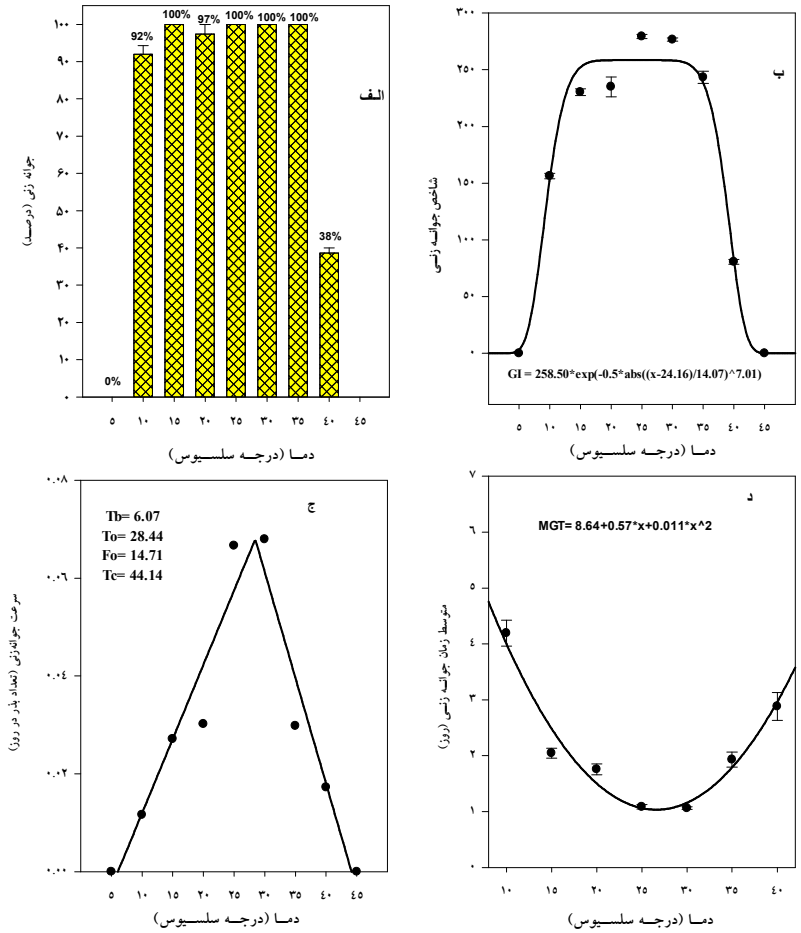
٣. نتایج

٣. ١. دما

پاسخ چیا به دما نشان داد که این گیاه در دامنه ١٠ تا ٤٠ درجه سلسیوس قادر به جوانه‌زنی می‌باشد. در دمای ٤٠ درجه سلسیوس این گیاه قادر به ٣٨ درصد جوانه‌زنی بود و در دمای ٤٥ درجه سلسیوس جوانه‌زنی کاملاً متوقف شد (شکل ١-الف). در دماهای ١٠ تا ٣٥ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی بیش از ٩٠ درصد بود (شکل ١-الف). در دمای ٥ درجه سلسیوس چیا قادر به جوانه‌زنی نبود. نتایج شاخص جوانه‌زنی نشان داد که با افزایش دما شاخص جوانه‌زنی چیا افزایش و بیش‌ترین شاخص جوانه‌زنی در دو دمای ٢٥ و ٣٠ درجه سلسیوس مشاهده شد (شکل ١-ب).

برآورد پارامتر برازش داده‌شده معادله گوسین نشان داد که حداکثر شاخص جوانه‌زنی معادل ٢٥٨ بود که در دمای ٢٤/١٦ درجه سلسیوس حادث شد (شکل ١-ب). با توجه به مدل دو تکه‌ای برازش داده شده به سرعت جوانه‌زنی برای تعیین سه دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف، دمای پایه گیاه چیا ٦/٠٧ درجه سلسیوس، دمای مطلوب جوانه‌زنی ٢٨/٤٤ درجه سلسیوس و دمای سقف جوانه‌زنی ٤٤/١٤ درجه سلسیوس پیش‌بینی شد (شکل ٢-ج).

بیش‌ترین زمان متوسط جوانه‌زنی مربوط به دمای ١٠ درجه سلسیوس معادل چهار روز بود و با افزایش دما به ٢٥ درجه سلسیوس متوسط زمان جوانه‌زنی به یک روز رسید. از دمای ٣٠ درجه سلسیوس دوباره متوسط زمان جوانه‌زنی افزایش یافت، به‌طوری که در دمای ٤٠ درجه سلسیوس که جوانه‌زنی ثبت شد این مقدار برابر با ٢/٨٨ روز بود (شکل ٢-د).



شکل ۱. اثر دماهای مختلف بر درصد جوانه‌زنی (الف)، شاخص جوانه‌زنی (ب)، تعیین دمای کاردینال (ج) و متوسط زمان جوانه‌زنی (د) چیا

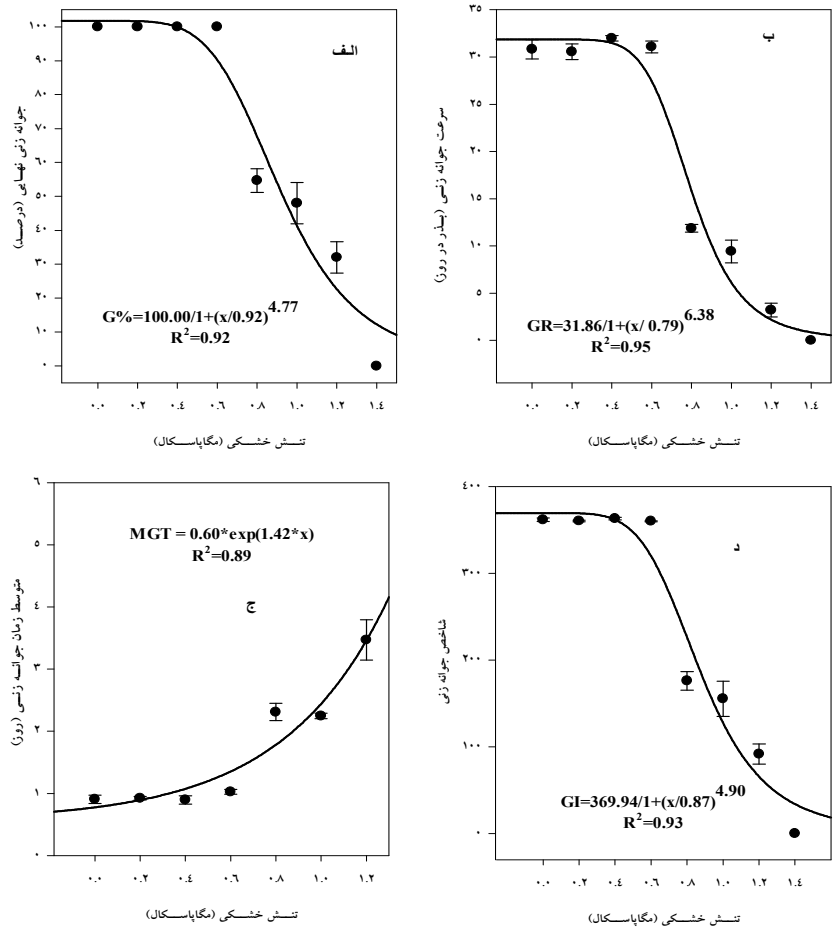
نتایج تحقیقات Groai *et al.* (2011) نشان داد که پاسخ جوانه‌زنی گونه‌ای از سالویا (*Salvia aegyptiaca* L.) بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و در دمای ۵ و ٤٥ درجه سلسیوس نیز کم‌ترین درصد جوانه‌زنی به ثبت شد. اثر دما بر گونه‌ای از سالویا (*Salvia reflexa*) نشان داد که با افزایش دما، درصد جوانه‌زنی افزایش یافت و جوانه‌زنی کامل در دمای ۱۲ تا ۳۲ درجه سلسیوس حادث شد. هم‌چنین براساس نتایج این پژوهش‌گران بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در دامنه دمایی ۲۸ تا ۳۲ درجه سلسیوس به‌دست آمد. هم‌چنین نتایج این پژوهش‌گران نشان داد که در دمای ٤ درجه سلسیوس جوانه‌زنی مشاهده نشد و با افزایش دما به ۸ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی تقریباً ٦۰ درصد و افزایش دما از ۳٦ به ۳۹ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی از ۹۰ به کم‌تر از ۲۰ درصد رسید (Weerakon & Loveet, 1986).

اثر دماهای ثابت و دماهای متناوب روی گونه سالویا (*Salvia officinalis*) نشان داد که دمای مطلوب جوانه‌زنی در دمای ثابت ۲۵ درجه سلسیوس و در دمای متناوب ۳۰/۲۰ بود (Oberczian & Bernath, 1988).

۳. ۲. تنش خشکی

درصد جوانه‌زنی چیا تا تنش ۰/٦- مگاپاسکال بدون تغییر نسبت به شاهد بود. با افزایش تنش خشکی از ۰/٦- مگاپاسکال درصد جوانه‌زنی روند نزولی داشت و در ۱/٤- مگاپاسکال جوانه‌زنی کاملاً متوقف گردید (شکل ۲- الف). در تنش ۰/۸-، ۱- و ۱/۲-مگاپاسکال درصد جوانه‌زنی چیا به‌ترتیب ٥٤، ٤۸ و ۳۲درصد بود. می‌توان بیان نمود که از تنش ۰/٦- تا ۸/- مگاپاسکال تقریباً جوانه‌زنی ۵۰ درصد کاهش داشت. کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی (پارامتر X_{50}) در تنش خشکی ۰/۹۲- مگاپاسکال تخمین زده شد (شکل ۲- الف) و این گیاه به تنش خشکی در مراحل جوانه‌زنی مقاوم می‌باشد.

سرعت جوانه‌زنی چیا نیز به مانند درصد جوانه‌زنی تا سطح تنش خشکی ۰/٦- مگاپاسکال بدون تغییر نسبت به شاهد بود و با افزایش تنش خشکی از ۰/٦- مگاپاسکال سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. کاهش ۵۰ درصد سرعت جوانه‌زنی در ۰/۷۹- مگاپاسکال تخمین زده شد که نسبت به درصد جوانه‌زنی در سطح تنش خشکی کم‌تری به‌دست آمد (شکل ۲-ب). کاهش ۵۰ درصد شاخص جوانه‌زنی نیز در ۰/۸۷- مگاپاسکال به‌دست آمد.



شکل ۲. اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی (الف)، سرعت جوانه‌زنی (ب)، متوسط زمان جوانه‌زنی (ج) و شاخص جوانه‌زنی (د) چیا

متوسط زمان جوانه‌زنی نیز به‌صورت نمایی افزایش یافت و از سطح تنش خشکی ۰/٦- مگاپاسکال متوسط زمان جوانه‌زنی با شیب بیش‌تری افزایش یافت و بیش‌ترین متوسط زمان جوانه‌زنی مربوط به تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسکال بود که معادل ۳/٤٦ روز بود (شکل ۲-ج). نتایج شاخص جوانه‌زنی نشان داد که ۵۰ درصد کاهش شاخص جوانه‌زنی در ۰/۸۷- مگاپاسکال به‌دست آمد (شکل ۲-د).

اثر تنش خشکی بر گونه (*Salvia reflexa* L.) نشان داد که تا تنش خشکی ۰/٤- مگاپاسکال نسبت به تیمار عدم تنش خشکی درصد جوانه‌زنی تغییر نیافت و شیب کاهش درصد جوانه‌زنی از سطح تنش خشکی ۰/٦- مگاپاسکال شروع شد، به‌طوری‌که درصد جوانه‌زنی از ۸۰ درصد به ۲۰ درصد در سطح تنش خشکی ۱- مگاپاسکال رسید و در تنش خشکی ۱/٤- مگاپاسکال جوانه‌زنی متوقف شد. هم‌چنین نتایج این پژوهش‌گران نشان داد که سرعت جوانه‌زنی در سطوح مختلف تنش خشکی بیش‌تر تحت تأثیر قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی معادل ۰/۰٤ بذر در ساعت در شرایط بدون تنش خشکی بود و با افزایش تنش خشکی به ۰/۲- مگاپاسکال سرعت جوانه‌زنی به ۰/۲۰ بذر در ساعت رسید (Weerakon & Loveet, 1986).

۳. ۳. شوری

جوانه‌زنی چیا نسبت به سطوح مختلف شوری نشان داد که این گیاه می‌تواند به راحتی تا تنش شوری ۳۰۰ میلی‌مولار را تحمل نماید و با افزایش شوری به ۳۵۰ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی به کم‌تر از ۵۰ درصد رسید و در تنش شوری ٤۰۰ میلی‌مولار جوانه‌زنی کاملاً متوقف شد (شکل ۳- الف).

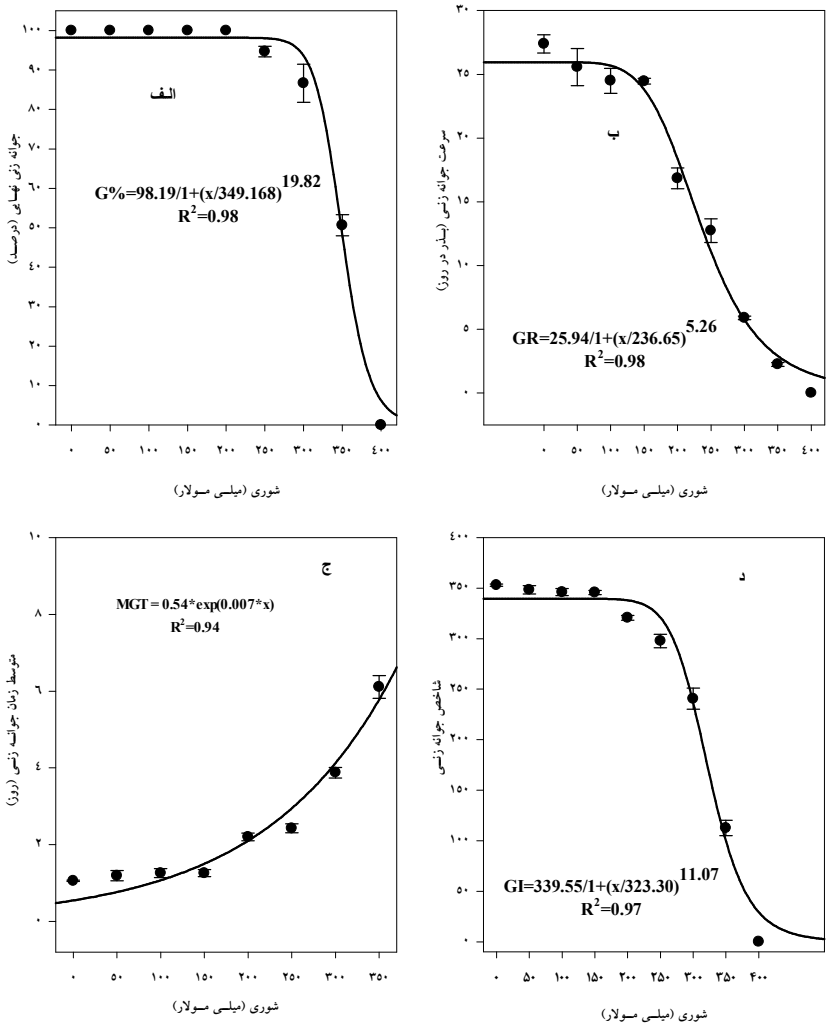
شوری موردنیاز برای کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی چیا ۳٤۹ میلی‌مولار بود (شکل ۳- الف). بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد و با افزایش شوری، سرعت جوانه‌زنی چیا کاهش یافت. شوری موردنیاز برای کاهش ۵۰ درصد سرعت جوانه‌زنی در ۲۳٦ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل ۳- ب).

متوسط زمان جوانه‌زنی نشان داد که تا سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار تفاوت چندانی وجود نداشت و با افزایش شوری از ۱۵۰ میلی‌مولار به ۲۰۰ میلی‌مولار متوسط زمان جوانه‌زنی روند افزایشی نشان داد (شکل ۳- ج)، به‌طوری که از ۱/۰۵ روز به ۲/۲۵ روز رسید. در تنش شوری ۳۵۰ میلی‌مولار که جوانه‌زنی چیا به ثبت رسید، متوسط زمان جوانه‌زنی به شش روز افزایش یافت (شکل ۳- ج).

شاخص جوانه‌زنی نیز تحت تأثیر سطوح مختلف شوری قرار گرفت و براساس پارامتر x_{50} شوری موردنیاز برای کاهش ۵۰ درصد شاخص جوانه‌زنی ۳۲۳ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل ۳- د).

با توجه به نتایج شوری می‌توان بیان نمود که این گیاه در مراحل جوانه‌زنی که به‌عنوان مهم‌ترین مرحله استقرار گیاه تلقی می‌شود، به شوری مقاوم می‌باشد و در شوری ۳۵۰ میلی‌مولار نیز ۵۰ درصد بذرها قادر به جوانه‌زنی بودند. از طرف دیگر، با توجه به مشاهده‌ها، جوانه‌زنی این گیاه بسیار سریع بوده و می‌تواند در کم‌تر از دو روز به حداکثر جوانه‌زنی خود برسد. شوری می‌تواند تعادل هورمونی گیاه را تغییر داده و افزایش شوری منجر به کاهش هومورن‌های اکسین، سیتوکینین، جیبرلین و اسید سالیسیلیک در بافت‌های گیاه و منجر به افزایش اسید آبسیزیک و جاسمونات می‌شود (Javid *et al*., 2011; Miransari & Smith, 2014).

شوری می‌تواند از طریق کاهش قابلیت دسترسی آب، تغییر تحرک ذخایر بذر و تأثیر بر ساختار پروتئین منجر به کاهش جوانه‌زنی بذر شود (Machado-Neto *et al.,* 2004).



شکل ۳. اثر سطوح مختلف شوری بر درصد جوانه‌زنی (الف)، سرعت جوانه‌زنی (ب)، متوسط زمان جوانه‌زنی (ج) و شاخص جوانه‌زنی (د) چیا

تأثیر سطوح مختلف تیمارهای کلریدسدیم، کلریدپتاسیم، کلریدمنیزیم و کلریدکلسیم بر جوانه‌زنی چیا نشان داد، بیش‌ترین تأثیر مربوط به کلریدمنیزیم بود، به‌طوری‌که در غلظت ۰/۱- مگاپاسکال بیش از ۵۰ درصد کاهش جوانه‌زنی داشت و کم‌ترین تأثیر مربوط به کلریدسدیم بود، به‌طوری که تا سطح شوری ۰/۳۰- مگاپاسکال هیچ‌گونه تغییری در جوانه‌زنی نسبت به شاهد مشاهده نشود (Stefanello *et al.*, 2020).

اثر سطوح مختلف شوری بر گونه‌ای از سالویا (*Salvia splendens* L.) نشان داد که در سطح شوری ۰/٤- تا ۱/٦- مگاپاسکال برای جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری در کاهش درصد جوانه‌زنی وجود نداشت (Rosa *et al.*, 2015).

٤. نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که گیاه چیا به‌عنوان یک گیاه دارویی ارزشمند می‌تواند در دامنه دمایی ۱۰ تا ٤۰

درجه سلسیوس جوانه‌زنی داشته باشد و دمای مطلوب جوانه‌زنی بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس می‌باشد.

از طرف دیگر دمای پایه چیا شش درجه سلسیوس به‌دست آمد، بنابراین در شرایط خوزستان کشت وکار این گیاه می‌تواند از اواسط بهمن‌ماه به بعد امکان‌پذیر باشد. از طرف دیگر نتایج آزمایش‌های جداگانه خشکی و شوری نشان داد که نسبت به تنش‌های غیرزنده مقاوم بوده و امکان کشت در شرایط خاک‌های شور می‌تواند مدنظر کشاورزان قرار گیرد. هم‌چنین میزان مقاومت به تنش خشکی نیز بالا و از این‌رو در شرایط تنش خشکی بذرها قادر به جوانه‌زنی خواهند بود و با توجه به مقاومت به تنش خشکی در مناطقی که شرایط کمبود آب وجود دارد، می‌تواند به‌عنوان یک گیاه مقاوم به تنش خشکی معرفی شود.

۵. تشکر و قدردانی

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌خاطر در اختیاردادن تجهیزات و امکانات آزمایشگاهی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

٦. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

Abbad, A., Belaqziz, R., Bekkouche, K., & Markouk, M. (2011). Influence of temperature and water potential on laboratory germination of two Moroccan endemic thymes: *Thymus maroccanus* Ball. and *Thymus broussonetii* Boiss. *African Journal of Agricultural Research*, *6*(20), 4740-4745.

Dadach, M., & Mehdadi, Z. (2018). Germination responses of *Ballota hirsuta* seeds under conditions of temperature, salinity and water stress. *Hellenic Plant Protection Journal*, *11*(1), 34-39.

El-Keblawy, A., & Al-Rawai, A. (2005). Effects of salinity, temperature and light on germination of invasive *Prosopis juliflora* (Sw.) D.C. *Journal of Arid Environment, 6* (4), 555-565.

El-Keblawy, A., & Al-Rawai, A. (2006). Effects of seed maturation time and dry storage on light & temperature requirements during germination in invasive *Prosopis juliflora*. *Flora, 201*, 135-143.

Gorai, M., & Neffati, M. (2007). Germination responses of *Reaumuria vermiculata* to salinity & temperature. *Annals of Applied Biology,151*,53-59.

Gorai, M., Gasmi, H., & Neffati, M. (2011). Factors influencing seed germination of medicinal plant *Salvia aegyptiaca* L. (Lamiaceae). *Saudi Journal of Biological Sciences, 18*(3), 255-260.

Huang, Z., Zhang, X.S., Zheng, G.H. & Gutterman, Y. (2003). Influence of light, temperature, salinity & storage on seed germination of *Haloxylon ammodendron*. *Journal of Arid Environment*, *55*, 453-464.

Ixtaina, V.Y., Nolasco, S.M., & Tomas, M.C. (2008). Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Industrial crops & products, 28*(3), 286-293.

Javid, M.G., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., Modarres Sanavy, S.A.M. and Allahdadi, I. (2011). The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. *Australian Journal of Crop Science*, *5*(6), 726-734.

Kamatou, G.P.P., Viljoen, A.M., & Steenkamp, P. (2010). Antioxidant, anti-inflammatory activities and HPLC analysis of South African Salvia species. *Food Chemistry*, *119* (2), 684-688.

Kintzios, S. E. (2000). ed. Sage: the genus Salvia. CRC Press.

Machado Neto, N.B., Saturnino, S.M., Bomfim, D.C., & Custódio, C.C. (2004). Water stress induced by mannitol and sodium chloride in soybean cultivars. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *47*(4), 521-529.

Michel, B.E. & Kaufmann, M.R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant physiology*, *51*(5), 914-916.

Miransari, M., & Smith. D.L. (2014). Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany, 99*, 110-121.

Mohd Ali, N., Yeap, S.K., Ho, W.Y., Beh, B.K., Tan, S.W., & Tan, S.G. (2012). The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. *Journal of Biomedicine & Biotechnology*, https://doi.org/10.1155/2012/171956

Oberczian, G. & Bernath, J. (1988).The germination of *Salvia officinalis* L. and *Salvia sclarea* L. seeds affected by temperature and light. *Herba Hungarica*, *27*(2-3), 31-37.

Pratt, D.E. (1992). Natural antioxidants from plant material, 54-71.

Rosa, D.B.C.J., Soares, J.S., Moreno, L.B., Michels, G.S., Lemes, C.S.R., Scalon, S.D.P.Q., & Rosa, Y.B.C.J. (2015). Germination of *Salvia splendens* L. subjected to salinity. *Ornamental Horticulture, 21*(1), 105-112.

Saffariha, M., Jahani, A., & Potter, D. (2020). Seed germination prediction of *Salvia limbata* under ecological stresses in protected areas: an artificial intelligence modeling approach. *BMC ecology*, *20*(1), 1-14.

Seyedi, A., Parsa Motlagh, B., & Yazdani-Biouki, R. (2019). Introduction of Chia (*Salvia hispanica* L.) as a valuable crop plant and medicinal plant. *Iranian Medicinal Plants Technology, 2*(1), 63-72. (in Persian).

Song, J., Feng, G., Tian, C., & Zhang, F. (2005). Strategies for adaptation of *Suaeda physophora*, *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* to a saline environment during seed germination stage. *Annals of Botany, 96*, 399-405.

Stefanello, R., Viana, B.B., Goergen, P.C.H., Neves, L.A.S., & Nunes, U.R. (2020). Germination of chia seeds submitted to saline stress. *Brazilian Journal of Biology, 80*(2), 285-289.

Tobe, K., Li, X.M., & Omasa, K. (2000). Effects of sodium chloride on seed, germination and growth of two Chinese desert shrubs, *Haloxylon ammodendron* and *H. persicum* (Chenopodiaceae). *Australian Journal of Botany, 48*, 455-460.

Weerakoon, W.L., & Lovett, J.V. (1986). Studies of *Salvia reflexa* Hornem. III. Factors controlling germination. *Weed research, 26*(4), 269-276.

Wilson, R. (1993). Desert plants-derivatives for personal products. Drug and Cosmetic Industry. January.

Xiong, R.C., Ma, Y., Wu, H.W., Jiang, W.L., & Ma, X.Y. (2018). Effects of environmental factors on seed germination and emergence of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Planta Daninha*, *36*, http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582018360100122.

Zaferanieh, M., Mahdavi, B., & Torabi, B. (2020). Effect of temperature and water potential on *Alyssum homolocarpum* seed germination: Quantification of the cardinal temperatures and using hydro thermal time. *South African Journal of Botany, 131*, 259-266.