

## اثر سرماده‌ی و عصاره جلبک دریایی بر شاخص‌های تنفسی دو رقم گل لیلا

(*Eustoma grandiflorum* L.)

\*احمدرضا محمدی، مریم حقیقی، علی نیکبخت

گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

 anikbakht@cc.iut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۶

### چکیده

این پژوهش برای بررسی اثر عصاره جلبک دریایی، چینه‌سرمایی (سرماده‌ی مرطوب- تاریک) و کاربرد همزمان این دو تیمار بر ویژگی‌های تنفسی بذر دو رقم پابلند گل لیلا، Arena و Mariachi صورت گرفت. در آزمایش نخست، عصاره جلبک دریایی در پنج غلظت صفر، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میلی لیتر در لیتر و چینه‌سرمایی بذر در دمای ۴ درجه سلسیوس (پیش از کشت) به مدت ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز به صورت جداگانه برای تعیین بهترین غلظت و بهترین زمان به کار برده شد. در آزمایش دوم، بهترین تیمارهای به دست آمده از آزمایش نخست، شامل تیمار همزمان چینه‌سرمایی (۳۰ و ۴۵ روز) و عصاره جلبک دریایی (۱۲۵ و ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر) به صورت فاکتوریل در پنج تکرار بر تنفسی بذر دو رقم گل لیلا مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه‌های آزمایش نشان داد که درصد و سرعت تنفسی پایانی، و میانگین تنفسی روزانه در رقم Arena بیشتر از رقم Mariachi بود. با افزایش روزهای چینه‌سرمایی درصد تنفسی پایانی و میانگین تنفسی روزانه روند افزایشی داشت. کاربرد همزمان چینه‌سرمایی و عصاره جلبک دریایی نسبت به تیمار شاهد میانگین تنفسی روزانه بیشتری داشت و در تیمار سرماده‌ی ۳۰ روز و غلظت ۱۲۵ میلی لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی و همچنین تیمار سرماده‌ی ۳۰ روز و غلظت ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی بیشترین میزان را داشت. کاربرد عصاره جلبک دریایی اثر مثبتی بر شاخص‌های تنفسی نسبت به شاهد داشت. با افزایش غلظت عصاره جلبک دریایی میزان نیاز به چینه‌سرمایی کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: 'Arena'، 'Mariachi'، بذر، چینه‌سرمایی، درصد تنفسی، سرعت تنفسی.

### مقدمه

گل لیلا از تیره کوشادسانان<sup>۱</sup> و یکی از ده گل برتر شاخه بربدینی جهان است که افزایش آن از راه بذر، شیوه مهمی برای تولید در سطح گسترده محسوب می‌شود. گل لیلا یک گیاه گلدار کند رشد است و تنفسی بذر و رشد گیاهچه آن در مناطق



گرسیری یک نکته چالشی به شمار می‌آید زیرا بذر این گیاه بسیار ریز می‌باشد و تنفسی آن، در کشت خاکی با شرایط مطلوب، حساس به برخی از عوامل محیطی از جمله نور مناسب، دما و سطح رطوبت می‌باشد. همچنین تیره کوشادسانان دارای حدود ۱۰۰ جنس و بیش از ۱۸۰۰ گونه است که به طور گسترده در همه قاره‌ها به جز قطب جنوب پراکنده شده‌اند (Pringle, 2014). بیشتر گیاهان موجود در این تیره دارای خواب مورفو-فیزیولوژیک می‌باشند. به عبارت دیگر، رویان بذر به طور کامل توسعه نیافته است و در مرحله خفتة به سر می‌برد. این گونه بذرها نیاز به یک دوره سرما برای تنیدن دارند که با چینه‌سرماهی تامین می‌شود. مدت زمان لازم برای سرماده‌ی بستگی به نوع بذر دارد و در این مدت رطوبت اهمیت دارد زیرا سرماده‌ی خشک در شکستن دوره خفتگی موثر نیست (Baskin & Baskin, 2004).

زیست‌آماده‌سازی<sup>۱</sup> بذر در واقع یک روش نوین و کاربردی است که می‌تواند در سطح گسترده‌ای در تحریک تنفسی و بهبود یکنواختی رشد گیاهچه‌ها به کار گرفته شود. در این روش از عوامل زنده و زیستی مانند عصاره‌های مختلف جلبکی و سایتوکینین به عنوان پیش‌تیمار برای افزایش ویژگی‌های تنفسی استفاده می‌شود (Zhang & Ervin, 2004). جلبک دریابی نزدیک به ۱۰۰۰ گونه از جلبک‌های قرمز، قهوه‌ای و سبز را شامل می‌شود. براساس فراوانی و گسترش، عصاره‌جلبک‌های دریابی، قهوه‌ای<sup>۲</sup> از رایج‌ترین عصاره‌های تجاری برای کاربرد در کشاورزی و باگبانی هستند. در میان گونه‌های جلبک‌های دریابی، گونه‌های<sup>۳</sup> از Durvillea pottorum و Macrocystis pyrifera Ecklonia maxima Ascophyllum nodosum بیشترین مورد استفاده برای تولید عصاره تجاری را دارند (Khan et al., 2009). عصاره‌های مختلف تجاری ساخته شده از جلبک دریابی قهوه‌ای به عنوان یک ماده خام، دارای گستره گوناگونی از مواد معدنی از جمله نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن، منیزیم، روی، سدیم و گوگرد و همچنین مقادیر مختلف ترکیب‌های ارگانیک شامل اسمولیت‌ها (به عنوان مثال بتایین) هستند. افزون بر این، عصاره جلبک‌های دریابی قهوه‌ای دارای متابولیت‌های ثانویه زیستی، ویتامین‌ها و پیش‌سازهای ویتامین‌ها، ترکیب‌های فنولی (Wang et al., 2003) و شماری از هورمون‌های گیاهی از جمله اکسین، سایتوکینین، جیبرلین و براسینواستروئیدها می‌باشد. وجود چنین ترکیب‌هایی در عصاره جلبک دریابی سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکو-شیمیایی خاک، ظرفیت نگهداری آب، فعالیت میکروبی و همچنین برهمکنش هم‌افزایی<sup>۴</sup> برای افزایش رشد گیاهان و محافظت در برابر شرایط نامساعد محیطی مثل دمای بالا و تنفس آبی می‌شود (Popescu, 2016). وجود ترکیب‌های مختلف و هورمون‌های گیاهی از جمله اکسین، سایتوکینین و جیبرلین در عصاره جلبک دریابی می‌تواند بر تنفسی بذر اثر بگذارد (Popescu, 2016). نتیجه‌های بررسی‌های گذشته بر بذر گونه‌های مختلف نشان داده است که عصاره جلبک‌های دریابی به طور کلی اثر تحریک کننده بر تنفسی دارد. در بررسی انجام شده روی بذر گیاه کلم<sup>۵</sup>، عصاره جلبک دریابی تنفسی را افزایش داد (Tuhy et al., 2013). همچنین، پژوهشگران نشان داده‌اند که ترکیب‌های عصاره جلبک دریابی از جمله عنصرهای غذایی، ویتامین‌ها، و تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و آبسیزیک اسید بر سوت و ساز یاخته‌ها اثر می‌گذارد و باعث افزایش درصد تنفسی و رشد می‌شود (Stirk et al., 2003; Khan et al., 2009). در پژوهشی، با بررسی اثر غلظت‌های مختلف (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد)

Synergism -۴

*Ascophyllum nodosum* -۳

Thallophyta -۲

Bioprimering-۱

*Brassica oleracea* L. -۵

عصاره جلبک دریابی قهوه‌ای بر گیاه بامیه گزارش کردند که غلظت ۲۰٪ از عصاره جلبک قهوه‌ای موجب افزایش معنی‌داری در درصد تثربگی، محتوای کربوهیدارت محلول و عملکرد گیاه نسبت به شاهد شد. با این وجود، در غلظت‌های بالای عصاره جلبک قهوه‌ای میزان شاخص‌های رشد کاهش یافت (Jothinayagi & Anbazhagan, 2009). با توجه به مطالب یادشده، هدف این پژوهش بررسی اثر تیمارهای مختلف عصاره جلبک دریابی و چینه سرمایی و همچنین برهمکنش آن‌ها بر شاخص‌های تنثربگی بذر و رشد گیاه‌چه گل لیلا بود.

#### مواد و روش‌ها

##### آزمایش نخست: بررسی بهترین غلظت جلبک دریابی و زمان تیمار چینه سرمایی

در این آزمایش از بذرهای دو رقم گل لیلا پابلند، Arena تهیه شده از شرکت تاکی ژاپن و Mariachi ساکاتا ژاپن به عنوان ماده گیاهی استفاده شد. عصاره جلبک دریابی قهوه‌ای<sup>۱</sup> (SWE) از شرکت آکادین سی‌پلت<sup>۲</sup> کانادا خریداری شد و در پنج غلظت صفر، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌لیتر در لیتر تهیه و روی بذرهای هر دو رقم به کار برد شد. برخی از ویژگی‌های این عصاره شامل ۰.۰۱٪ نیتروژن، ۰.۰۵٪ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> محلول در آب و ۰.۳٪ K<sub>2</sub>O می‌باشد. بذرهای هر دو رقم گل لیلا زیر تیمار چینه سرمایی به مدت ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز در تاریکی و دمای ۴ درجه سلسیوس قرار گرفتند.

##### آزمایش دوم: برهمکنش بهترین غلظت عصاره جلبک دریابی و مدت چینه سرمایی

بهترین تیمارهای به دست آمده از آزمایش نخست یعنی دو غلظت ۱۲۵ و ۲۵۰ میلی‌لیتر در لیتر از عصاره جلبک دریابی و تیمار چینه سرمایی ۳۰ و ۴۵ روز گزینش و اثر همزمان آن‌ها در دو رقم مورد بررسی قرار گرفت. غلظت ۱۲۵ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریابی به دلیل نزدیک بودن نتیجه‌های غلظت‌های صفر و ۲۵۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریابی به یکدیگر به عنوان میانگین این دو غلظت برای انجام آزمایش دوم برگزیده شد.

##### شرایط انجام پژوهش در هر دو آزمایش

بررسی تنثربگی بذرها در آزمایشگاه‌های پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در شرایط کنترل شده محیط انکوباتور با دمای ۲۳ درجه سلسیوس و نورگاه (شب/روز) ۸/۱۶ ساعت اجرا شد. پیش از آغاز آزمایش محیط و وسایل مورد استفاده گندزدایی شدند. ده بذر سالم و یکدست روى پتری دیش (۸ سانتی‌متری) دارای یک لایه کاغذ صافی و اتمن شماره یک کشت شد. برای تامین رطوبت مورد نیاز پتری دیش‌ها به هر کدام یک میلی‌لیتر عصاره جلبک با غلظت‌های مورد نظر برای تیمار عصاره جلبک دریابی و ۲ میلی‌لیتر آب مقطر برای تیمارهای چینه سرمایی افزوده شد. برای کاهش تبخیر محلول افزوده شده و رعایت شرایط یکسان برای تمامی تیمارها، درب پتری دیش‌ها با پارافیلم بسته شده و در انکوباتور گذاشته شدند. بازدید از نمونه‌ها به صورت سه روز یکبار و به مدت ۳۵ روز انجام شد و شمار بذرهای تنثربگی از مرحله آغاز تا پایان تنثربگی در دوره آزمایش برای ارزیابی شاخص‌های تنثربگی ثبت شد. بذرهایی که طول ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر داشتند به عنوان بذر تنثربگی



به حساب می‌آمدند. در پایان، برای ارزیابی اثر تیمارهای مختلف، شاخص‌های مختلف تئزگی شامل درصد تئزگی پایانی<sup>۱</sup> (FGP)، سرعت تئزگی<sup>۲</sup> (GR)، میانگین زمان لازم برای تئزگی<sup>۳</sup> (MTG)، میانگین تئزگی روزانه<sup>۴</sup> (MDG) و سرعت تئزگی روزانه<sup>۵</sup> (DGS) برابر رابطه‌های زیر محاسبه شد (Sharafizad *et al.*, 2013).

$$FGP = \sum\left(\frac{n}{N}\right) \times 100 \quad (رابطه ۱)$$

FGP: درصد تئزگی، n: شمار بذرها تئزیده، N: کل بذرها تئزیده

$$GR = \sum n/t \quad (رابطه ۲)$$

GR: سرعت تئزگی، n: شمار بذرها تئزیده در زمان t، t: شمار روزهای پس از آغاز تئزگی تا رسیدن به بیشینه تئزگی

$$MTG = \sum(nd)/N \quad (رابطه ۳)$$

MTG: میانگین زمان لازم برای تئزگی، n: شمار بذرها تئزیده در d، d: شمار روزها (روز مشخصی که تئزگی صورت گرفته)، N: کل بذرها تئزیده

$$MDG = FGP/D \quad (رابطه ۴)$$

MDG: میانگین تئزگی روزانه، FGP: درصد تئزگی پایانی، D: طول دوره آزمایش از کشت بذر تا بیشینه تئزگی

$$DGS = \frac{1}{MDG} \quad (رابطه ۵)$$

DGS: سرعت تئزگی، MDG: میانگین تئزگی روزانه (Sharafizad *et al.*, 2013)

#### واکاوی آماری داده‌ها

برای هر آزمایش به طور جداگانه، آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح به طور کامل تصادفی در ۵ تکرار اجراشد. واکاوی واریانس داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری Statistix8 و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت. رسم نمودارها و محاسبه‌ها با نرم افزار اکسل ۲۰۱۶ انجام شد.

#### نتایج

##### نتیجه‌های آزمایش نخست: اثرهای اصلی و برهمکنش تیمار عصاره جلبک دریابی

سرعت تئزگی پایانی در رقم Arena به میزان ۱۳۴٪ بیشتر از رقم Mariachi بود. این در حالی است که میانگین زمان لازم برای تئزگی در رقم Mariachi به میزان ۸۲٪ بیشتر از رقم Arena بود و درصد تئزگی پایانی، میانگین تئزگی روزانه و سرعت تئزگی روزانه تفاوت معنی‌داری در دو رقم Mariachi و Arena نداشت (جدول ۱). اثر اصلی غلظت‌های مختلف جلبک دریابی تفاوت معنی‌داری در میانگین زمان لازم برای تئزگی، میانگین تئزگی روزانه، و سرعت تئزگی روزانه ایجاد نکرد. این در حالی است که غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریابی بر درصد و سرعت تئزگی پایانی اثر معنی‌داری داشت به طوری که کمترین درصد تئزگی پایانی در غلظت ۵۰۰ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک دریابی دیده شد و در سایر تیمارها از نظر آماری تفاوت

Mean Time of Germination -۳	Germination Rate -۲	Final Germination Percentage -۱
Daily Germination Speed -۵	Mean Daily Germination -۴	



معنی داری وجود نداشت. بیشترین سرعت تئزگی پایانی در غلظت ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر عصاره جلبک دریابی مشاهده شد که به میزان ۱۵/۸۷٪ از تیمار شاهد بیشتر بود اما از نظر آماری تفاوت معنی داری با غلظت ۷۵۰ میلی لیتر در لیتر نداشت (جدول ۱).

جدول ۱- اثرهای اصلی رقم و غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریابی بر شاخص‌های تئزگی گل لیلا.

**Table 1- The main effects of cultivar and different concentrations of seaweed extract on germination indices of *Lisianthus*.**

تیمار Treatment	سرعت تئزگی (روز) Germination Rate (1/day)	درصد تئزگی پایانی (درصد) Final Germination Percentage (%)	میانگین زمان لازم برای تئزگی (روز) Mean Time of Germination (days)	سرعت تئزگی روزانه (شمار) Daily Germination Speed (Number)	میانگین تئزگی روزانه (شمار) Mean Daily Germination (Number)
'Arena'	2.56 <sup>a</sup>	98.8 <sup>a</sup>	1.67 <sup>b</sup>	0.35 <sup>a</sup>	2.82 <sup>a</sup>
'Mariachi'	1.09 <sup>b</sup>	96.8 <sup>a</sup>	3.04 <sup>a</sup>	0.36 <sup>a</sup>	2.76 <sup>a</sup>
غلظت جلبک دریابی (میلی لیتر در لیتر) Concentration of seaweed (ml L <sup>-1</sup> )					
0	1.89 <sup>ab</sup>	98 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	0.35 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>
250	2.19 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>	2.28 <sup>a</sup>	0.35 <sup>a</sup>	2.82 <sup>a</sup>
500	1.51 <sup>ab</sup>	96 <sup>b</sup>	2.31 <sup>a</sup>	0.36 <sup>a</sup>	2.74 <sup>a</sup>
750	2.17 <sup>a</sup>	98 <sup>a</sup>	2.22 <sup>a</sup>	0.35 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>
1000	1.39 <sup>b</sup>	98 <sup>a</sup>	2.47 <sup>a</sup>	0.35 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی داری ندارند.

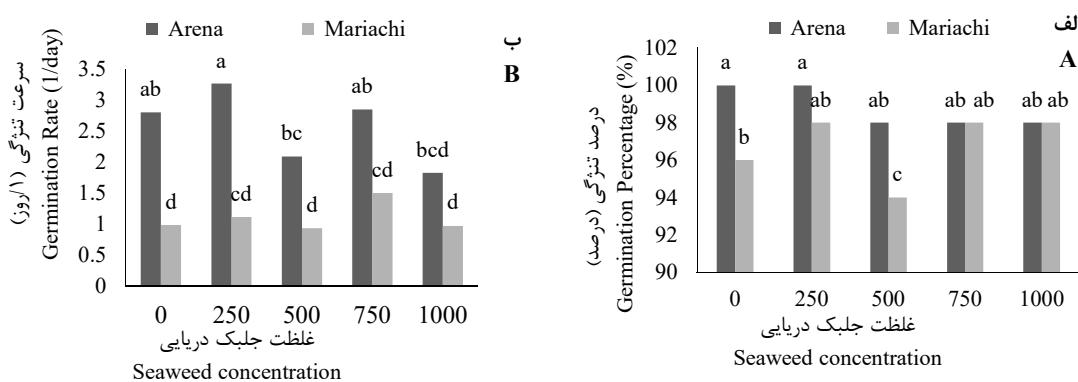
In each column, means with the same letters are not significantly different at 5% level of LSD test.

درصد تئزگی رقم Arena در سه غلظت صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی لیتر در لیتر جلبک دریابی به ترتیب ۴/۱ و ۴/۴٪ بیش از رقم Mariachi بود و در دو غلظت ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میلی لیتر در لیتر جلبک دریابی در هر دو رقم تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۱-الف). سرعت تئزگی در رقم Arena در همه غلظت‌های جلبک دریابی به ترتیب به میزان ۶۴/۹۳٪، ۶۵/۸۷٪، ۵۵/۶۵٪، ۴۷/۳۶٪ و ۴۶/۷۷٪ بیشتر از رقم Mariachi بود و غلظت ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر جلبک دریابی بیشترین اثر را در افزایش میزان سرعت تئزگی پایانی بذرها داشت (شکل ۱-ب).

از نظر میانگین زمان لازم برای تئزگی بذرها اختلاف معنی داری بین دو رقم وجود داشت به طوری که رقم Mariachi به میزان ۴۳/۳۸٪، ۵۴/۱۲٪ و ۴۹/۴۹٪ به ترتیب در غلظت‌های ۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میلی لیتر در لیتر جلبک دریابی نسبت به رقم Arena بیشتر بود (شکل ۲-الف). میانگین تئزگی روزانه در سه غلظت صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی لیتر در لیتر جلبک دریابی به ترتیب ۱/۹۹٪، ۱/۹۹٪ و ۰/۴۰٪ بیش از رقم Mariachi بود و در دو غلظت دیگر بین دو رقم تفاوت معنی داری دیده نشد (شکل ۲-ب). سرعت تئزگی روزانه در هر دو رقم با افزایش غلظت جلبک دریابی تا ۵۰۰ میلی لیتر در لیتر روند افزایشی داشت و در دو غلظت دیگر در هر دو رقم تفاوت معنی داری مشاهده نشد. همچنین تا غلظت ۵۰۰ میلی لیتر در لیتر سرعت تئزگی روزانه در رقم Mariachi به ترتیب ۰/۲۲٪ و ۰/۴٪ بیش از رقم Arena بود. بیشترین میزان



سرعت تئزگی روزانه در رقم Mariachi و غلظت ۵۰۰ میلی لیتر در لیتر جلبک دریایی مشاهده شد که به میزان ۴/۳۳٪ بیش از تیمار شاهد بود (شکل ۲-ج).



شکل ۱- برهمکنش رقم و غلظت‌های جلبک دریایی بر درصد تئزگی (الف) و سرعت تئزگی (ب). تیمارهایی که در یک حرف در هر ستون متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

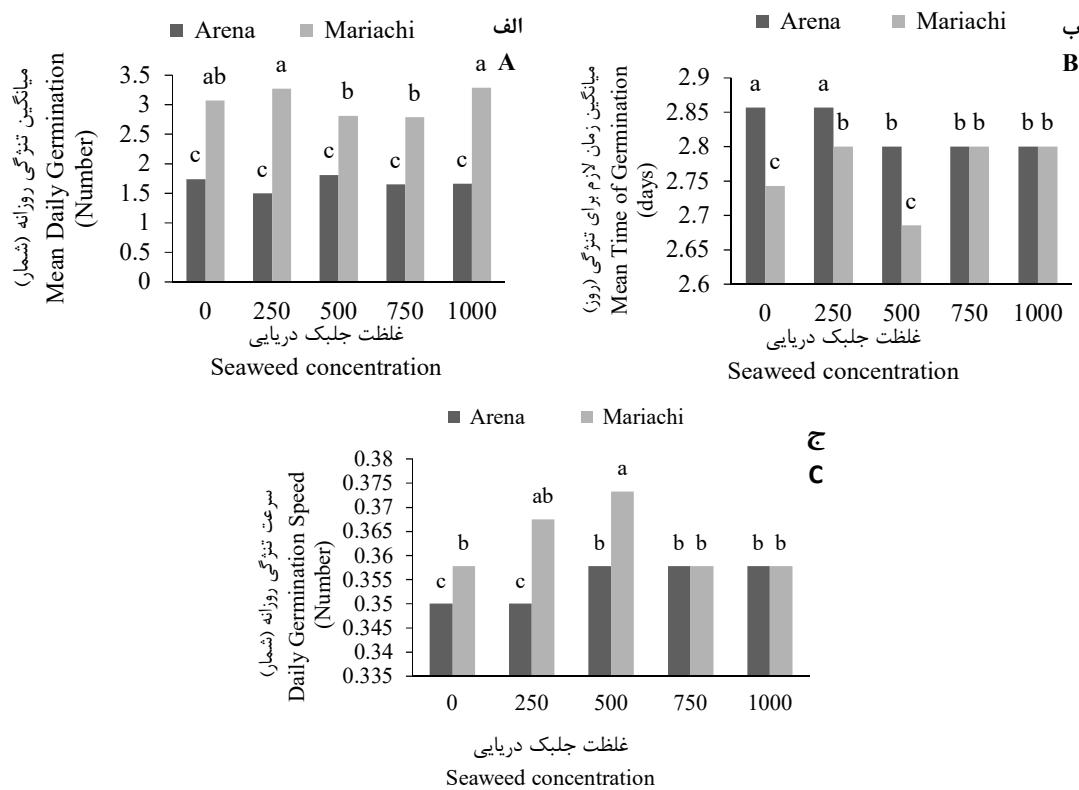
**Figure 1. Interaction of cultivars and concentrations of seaweed on germination percentage (A) and germination rate (B). The treatments were different in one letter in each column have a significant difference of 5% based on the LSD test.**

#### اثرها اصلی و برهمکنش تیمار چینه سرمایی

در صد تئزگی (۷/۴۸٪)، سرعت تئزگی پایانی (۶۶/۰۹٪) و میانگین تئزگی روزانه (۷/۴۹٪) در رقم Arena بیش از رقم Mariachi بود. این در حالی است که میانگین زمان لازم برای تئزگی (۴/۶٪) و سرعت تئزگی روزانه (۷۸/۶۳٪) در رقم Mariachi از رقم Arena بود (جدول ۲). با افزایش روزهای چینه سرمایی در صد تئزگی پایانی و میانگین تئزگی روزانه روند افزایشی داشت. تیمار ۳۰ روز چینه سرمایی به ترتیب بیشترین میزان سرعت تئزگی پایانی و کمترین میانگین زمان لازم برای تئزگی را موجب شد (جدول ۲).

در برهمکنش رقم و چینه سرمایی، در اثر کاربرد تیمارهای چینه سرمایی ۱۵ و ۳۰ روز در رقم Arena به ترتیب ۵/۲۰٪ و ۳/۶٪ افزایش در تئزگی پایانی نسبت به رقم Mariachi مشاهده شد. بر این اساس بیشترین میزان تغییر با کاربرد تیمار چینه سرمایی ۱۵ روز برای رقم Arena به دست آمد. بیشترین درصد تئزگی پایانی مربوط به رقم Arena با کاربرد تیمار چینه سرمایی ۳۰ روز و کمترین آن مربوط به رقم Mariachi با کاربرد تیمار چینه سرمایی ۱۵ روز بود. درصد تئزگی پایانی در بین دو رقم Arena و Mariachi با کاربرد تیمار چینه سرمایی ۴۵ روز تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۳-الف). رقم Arena در هر سه مدت چینه سرمایی به ترتیب ۱/۶۹، ۲/۱۹ و ۱/۶۶ برابر سرعت تئزگی پایانی بیشتری نسبت به رقم Mariachi داشت. بنابراین تیمار چینه سرمایی ۳۰ روز در رقم Arena بیشترین سرعت تئزگی پایانی را موجب شد (شکل ۳-ب).





شکل ۲- برهمکنش رقم و غلظت‌های جلبک دریابی بر میانگین زمان لازم برای تئزگی (الف)، میانگین تئزگی روزانه (ب)، و سرعت تئزگی روزانه (ج). تیمارهایی که در یک حرف در هر ستون متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

**Figure 2. Interaction of cultivars and seaweed concentrations on Mean Time of Germination (A), Mean Daily Germination (B), and Daily Germination Speed (C). The treatments were different in one letter in each column have a significant difference of 5% based on the LSD test.**

جدول ۲- اثراصی رقم و تیمارهای سرمادهی بر شاخص‌های تئزگی.

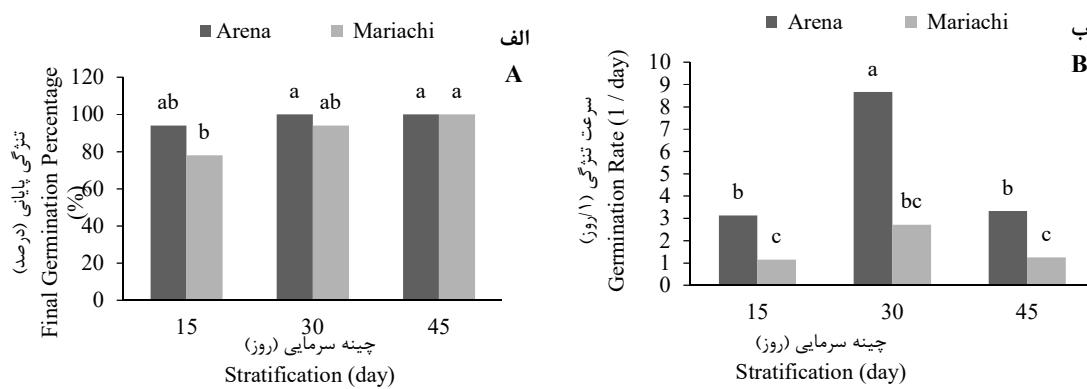
**Table 2 - The main effect of cultivar and stratification treatments on germination indices.**

Treatment	تیمار	سرعت تئزگی (روز)	سرعت تئزگی روزانه (درصد)	میانگین تئزگی روزانه (شمار)	میانگین زمان لازم برای تئزگی (روز)
	Arena	5.04 <sup>a</sup>	98 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	0.35 <sup>b</sup>
	Mariachi	1.71 <sup>b</sup>	90.66 <sup>b</sup>	2.59 <sup>b</sup>	0.50 <sup>a</sup>
	چیزه سرمادی (روز)				
	Stratification (day)				
15		2.14 <sup>b</sup>	86 <sup>b</sup>	2.45 <sup>b</sup>	0.36 <sup>b</sup>
30		5.69 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>	2.77 <sup>a</sup>	0.55 <sup>a</sup>
45		2.29 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>	2.85 <sup>a</sup>	0.37 <sup>b</sup>

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means with the same letter are not significantly different at 5% level of LSD test.

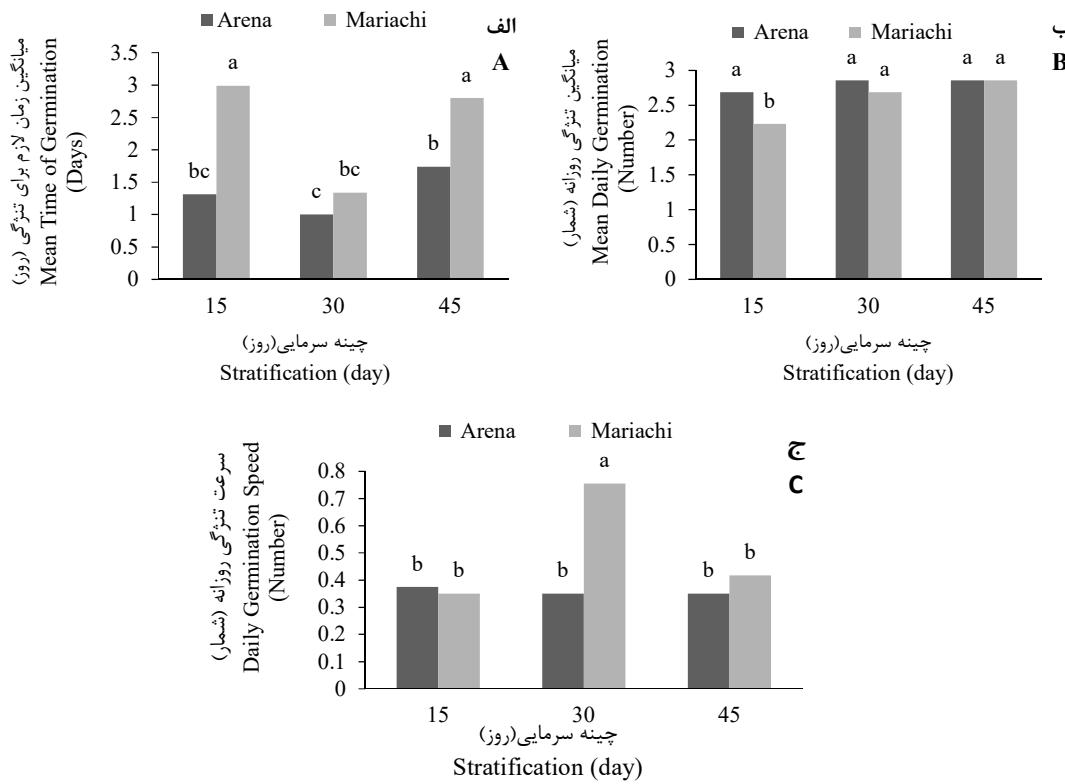




شکل ۳- برهمکنش رقم و چینه سرمایی بر درصد تئزگی پایانی (الف) و سرعت تئزگی (ب). تیمارهایی که در یک حرف در هر ستون متفاوت هستند دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشند.

**Figure 3 - Interaction of cultivars and stratification on final germination percentage (A) and germination rate (B). The treatments were different in one letter in each column have a significant difference of 5% based on the LSD test.**

میانگین زمان لازم برای تئزگی، رقم Mariachi در تیمارهای مختلف چینه سرمایی به ترتیب بیش از دو برابر، ۷۸/۳۳٪ و ۹۱/۶۰٪ بیش از رقم Arena بود. رقم Mariachi در چینه سرمایی ۱۵ و ۴۵ روز، بیشترین و رقم Arena در چینه سرمایی ۳۰ روز کمترین میانگین زمان لازم برای تئزگی را داشت (شکل ۴-الف). در اثر کاربرد تیمارهای چینه سرمایی ۱۵ و ۳۰ روز میانگین تئزگی روزانه در رقم Arena به ترتیب ۷/۲۰٪ و ۳/۶٪ افزایش نسبت به رقم Mariachi نشان داد. بر این اساس بیشترین میزان تغییر با کاربرد چینه سرمایی ۱۵ روز برای رقم Arena به دست آمد. بیشترین میانگین تئزگی روزانه در رقم Arena با کاربرد چینه سرمایی ۳۰ روز و کمترین آن در رقم Mariachi با تیمار چینه سرمایی ۱۵ روز مشاهده شد. میانگین تئزگی روزانه بین هر دو رقم Arena و رقم Mariachi در کاربرد تیمار چینه سرمایی ۴۵ روز تفاوت معنی داری نداشت (شکل ۴-ب). در برهمکنش رقم و چینه سرمایی، در اثر کاربرد تیمارهای چینه سرمایی ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز، سرعت تئزگی روزانه در رقم Mariachi به ترتیب ۱/۱۷٪، ۴/۵٪ کاهش، ۱۴/۱٪ افزایش و ۱/۱۷٪ افزایش نسبت به رقم Arena مشاهده شد. بر این اساس بیشترین میزان تغییر با تیمار چینه سرمایی ۳۰ روز برای رقم Mariachi به دست آمد. بیشترین سرعت تئزگی روزانه مربوط به رقم Mariachi با تیمار چینه سرمایی ۳۰ روز و کمترین آن مربوط به رقم Arena با کاربرد تیمارهای سرماده ۳۰ و ۴۵ روز بود (شکل ۴-ج).



شکل ۴- برهمکنش رقم و چینه سرمایی بر میانگین زمان لازم برای تئزگی (الف)، میانگین تئزگی روزانه (ب)، و سرعت تئزگی روزانه (ج). تیمارهایی که در یک حرف در هر ستون متفاوت هستند دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشند.

**Figure 4 - Interaction of different cultivars and stratification on Mean Time of Germination (A), Mean Daily Germination (B), and Daily Germination Speed (C). The treatments were different in one letter in each column have a significant difference of 5% based on the LSD test.**

#### نتیجه های آزمایش دوم: اثر برهمکنش عصاره جلبک دریابی و تیمار چینه سرمایی

رقم Arena به ترتیب ۱۷۲٪، ۳۲٪/۴٪ و ۳۷٪/۵٪ سرعت تئزگی پایانی، میانگین و سرعت تئزگی روزانه بیشتری نسبت به رقم Mariachi داشت در حالی که میانگین زمان تئزگی در رقم Mariachi به میزان ۹۷٪/۵٪ بیشتر از رقم Arena بود (جدول ۳). نتیجه های این پژوهش نشان داد که کاربرد همزمان چینه سرمایی و عصاره جلبک دریابی ۱۵٪ سرعت تئزگی پایانی بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشت. میانگین زمان تئزگی در تیمار سرماده ۴۵ روز و غلظت ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر عصاره جلبک دریابی بیشترین میزان بود ولی با تیمارهای سرماده ۴۵ روز و غلظت ۱۲۵ میلی لیتر در لیتر عصاره جلبک دریابی و تیمار شاهد از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشت و در تیمارهای سرماده ۳۰ روز و غلظت ۱۲۵ میلی لیتر در لیتر عصاره جلبک دریابی و سرماده ۳۰ روز و غلظت ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر عصاره جلبک دریابی کمترین میزان بود (جدول ۳). کاربرد همزمان چینه سرمایی - عصاره جلبک دریابی نسبت به تیمار شاهد میانگین تئزگی روزانه بیشتری داشت و در تیمارهای سرماده ۳۰ روز و غلظت ۱۲۵ میلی لیتر در لیتر عصاره جلبک دریابی و سرماده ۳۰ روز و غلظت ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر عصاره جلبک دریابی بیشترین میزان را داشت. سرعت تئزگی روزانه در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود و در تیمارهای سرماده



۳۰ روز و غلظت ۱۲۵ میلی لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی و سرمادهی ۳۰ روز و غلظت ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر عصاره جلبک دریایی کمترین مقدار بود (جدول ۳).

جدول ۳- اثر اصلی رقم و برهمکنش غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی و چینه سرمایی بر شاخص‌های تئزگی.

**Table 3- The main effect of cultivar and interaction of different concentrations of seaweed extract and stratification on germination indices.**

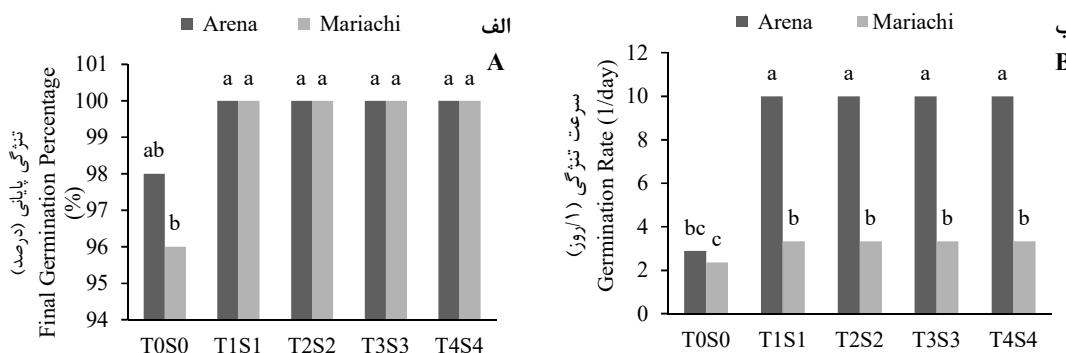
تیمار Treatment	سرعت تئزگی (۱/روز) Germination Rate (1/day)	درصد تئزگی پایانی (درصد) Final Germination Percentage (%)	میانگین تئزگی روزانه (شمار) Average Daily Germination Number	سرعت تئزگی روزانه (شمار) Daily Germination Speed Number	میانگین زمان لازم برای تئزگی (روز) Average Time for Germination (day)
Arena	8.57 <sup>a</sup>	99.6 <sup>a</sup>	12.65 <sup>a</sup>	0.11 <sup>a</sup>	1.24 <sup>b</sup>
Mariachi	3.14 <sup>b</sup>	99.2 <sup>a</sup>	9.55 <sup>b</sup>	0.08 <sup>b</sup>	2.45 <sup>a</sup>
T0S0	2.62 <sup>b</sup>	97 <sup>b</sup>	6.91 <sup>c</sup>	0.15 <sup>a</sup>	2.02 <sup>a</sup>
T1S1	6.66 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	14.58 <sup>a</sup>	0.07 <sup>c</sup>	1.49 <sup>b</sup>
T2S2	6.66 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	14.58 <sup>a</sup>	0.07 <sup>c</sup>	1.48 <sup>b</sup>
T3S3	6.66 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	9.72 <sup>b</sup>	0.1 <sup>b</sup>	2.11 <sup>a</sup>
T4S4	6.66 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	9.72 <sup>b</sup>	0.1 <sup>b</sup>	2.14 <sup>a</sup>

T0S0: شاهد، T1S1: تیمار سرمادهی ۳۰ روز و عصاره جلبک دریایی ۱۲۵ میلی لیتر در لیتر، T2S2: تیمار سرمادهی ۳۰ روز و عصاره جلبک دریایی ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر، T3S3: تیمار سرمادهی ۴۵ روز و عصاره جلبک دریایی ۱۲۵ میلی لیتر در لیتر، T4S4: تیمار سرمادهی ۴۵ روز و عصاره جلبک دریایی ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر.

T0S0: control, T1S1: 30-day stratification and seaweed extract  $125 \text{ mg L}^{-1}$ , T2S2: 30-day stratification and seaweed extract  $250 \text{ mg L}^{-1}$ , T3S3: 45-day stratification and seaweed extract  $125 \text{ mg L}^{-1}$ , T4S4: 45-day stratification and seaweed extract  $250 \text{ mg L}^{-1}$ .

کاربرد همزمان عصاره جلبک دریایی و چینه سرمایی نسبت به شاهد در هر دو رقم درصد تئزگی پایانی بیشتری داشت (شکل ۵-الف). در اثر کاربرد همزمان تیمارهای عصاره جلبک دریایی-چینه سرمایی (T1S1 و T2S2 و T1S1 و T2S2)، سرعت تئزگی پایانی در رقم Arena به ترتیب ۲۴۶٪ افزایش و در رقم Mariachi ۴۱٪ افزایش در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین سرعت تئزگی پایانی به ترتیب در رقم Arena در تمامی تیمارهای کاربرد همزمان و کمترین آن در تیمار شاهد رقم Mariachi دیده شد (شکل ۵-ب).





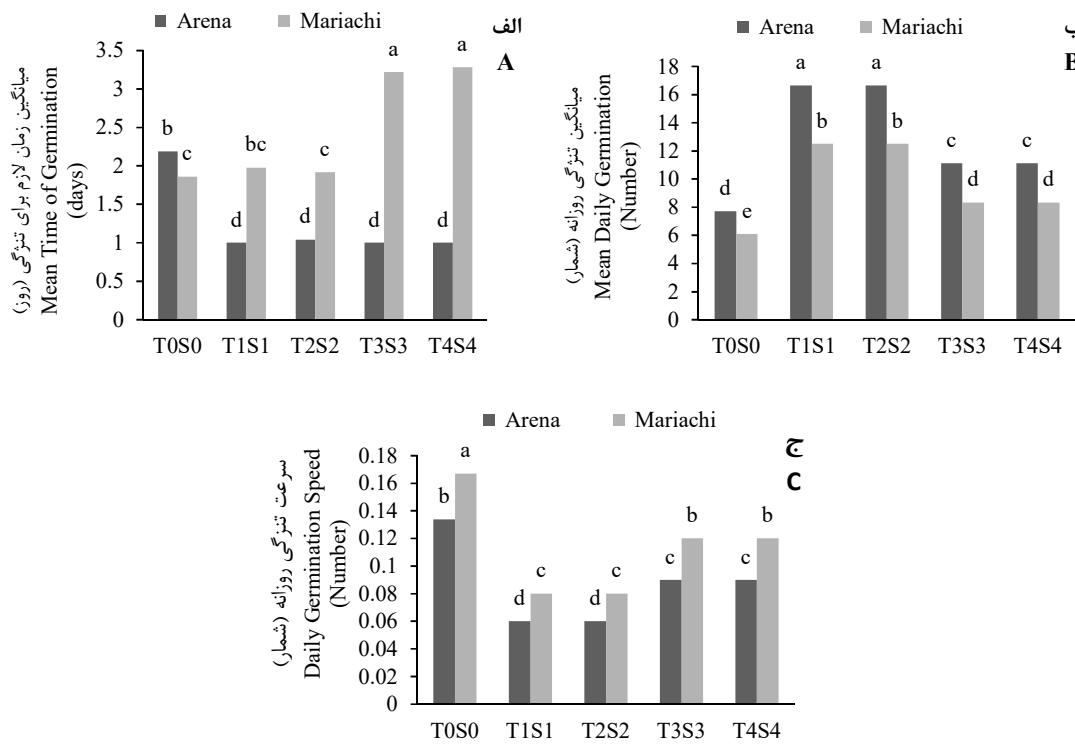
شکل ۵- برهمکنش رقم و غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی و چینه سرمایی بر درصد تزگی پایانی (الف)، و سرعت تزگی (ب).  
T0S0: شاهد، T1S1: تیمار سرماده‌ی ۳۰ روز و عصاره جلبک دریایی ۱۲۵ میلی لیتر در لیتر، T2S2: تیمار سرماده‌ی ۳۰ روز و عصاره جلبک دریایی ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر، T3S3: تیمار سرماده‌ی ۴۵ روز و عصاره جلبک دریایی ۱۲۵ میلی لیتر در لیتر، T4S4: تیمار سرماده‌ی ۴۵ روز و عصاره جلبک دریایی ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر. تیمارهایی که در یک حرف در هر ستون متفاوت هستند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشدند.

**Figure 5- Interaction of cultivar and different concentrations of seaweed extract and stratification on Final Germination Percentage (A), and Germination Rate (B).**

T0S0: control, T1S1: 30-day stratification and seaweed extract  $125 \text{ mg L}^{-1}$ , T2S2: 30-day stratification and seaweed extract  $250 \text{ mg L}^{-1}$ , T3S3: 45-day stratification and seaweed extract  $125 \text{ mg L}^{-1}$ , T4S4: 45-day stratification and seaweed extract  $250 \text{ mg L}^{-1}$ . The treatments were different in one letter in each column have a significant difference of 5% based on the LSD test.

در برهمکنش، اثر کاربرد همزمان تیمارهای عصاره جلبک دریایی - چینه سرمایی (Arena و T1S1 و T2S2 و T3S3 و T4S4)، میانگین زمان تزگی در رقم Arena به ترتیب  $54/3$ ٪،  $52/5$ ٪،  $52/4$ ٪ و  $54/3$ ٪ کاهش و در رقم Mariachi به ترتیب  $7/4$ ٪،  $7/3$ ٪ و  $7/3$ ٪ افزایش در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده شد. بر این اساس، بیشترین میزان تغییر با کاربرد تیمار T2S2 برای Mariachi به دست آمد. بیشترین میانگین زمان تزگی در رقم Mariachi با کاربرد تیمار 2 و کمترین آن در رقم Arena در تمام تیمارهای کاربرد همزمان عصاره جلبک دریایی - چینه سرمایی مشاهده شد (شکل ۶-الف). در برهمکنش اثر کاربرد همزمان تیمارهای عصاره جلبک دریایی - چینه سرمایی (Arena و T1S1 و T2S2 و T3S3 و T4S4)، در میانگین تزگی روزانه در رقم Arena به ترتیب  $115/4$ ٪ و  $43/9$ ٪ افزایش و در رقم Mariachi  $104/4$ ٪ و  $36/5$ ٪ افزایش در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده شد. بر این اساس بیشترین میزان تغییر با کاربرد تیمار T1S1 و T2S2 برای رقم Arena به دست آمد. بیشترین میانگین تزگی روزانه به رقم Arena با کاربرد تیمارهای T1S1 و T2S2 و کمترین آن به رقم Mariachi با کاربرد تیمار شاهد مربوط بود (شکل ۶-ب). سرعت تزگی روزانه در رقم Mariachi به ترتیب در تیمار شاهد  $24/81$ ٪ و سایر تیمارها  $33/33$ ٪ بیش از رقم Arena بود و بیشترین میزان آن در تیمار شاهد رقم Mariachi دیده شد (شکل ۶-ج).





شکل ۶- برهمکنش رقم و غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریابی و چیته سرمادهی بر میانگین زمان لازم برای تنتزگی (الف)، میانگین تنتزگی روزانه (ب)، و سرعت تنتزگی روزانه (ج).

T0S0: شاهد، T1S1: تیمار سرمادهی ۳۰ روز و عصاره جلبک دریابی ۱۲۵ میلی لیتر در لیتر، T2S2: تیمار سرمادهی ۳۰ روز و عصاره جلبک دریابی ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر، T3S3: تیمار سرمادهی ۴۵ روز و عصاره جلبک دریابی ۱۲۵ میلی لیتر در لیتر، T4S4: تیمار سرمادهی ۴۵ روز و عصاره جلبک دریابی ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر. تیمارهایی که در یک حرف در هر ستون متفاوت هستند دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

#### Figure 6- Interaction of cultivar and different concentrations of seaweed extract and stratification on Mean Time of Germination (A), and Mean Daily Germination (B), Daily Germination Speed (C).

T0S0: control, T1S1: 30-day stratification and seaweed extract  $125 \text{ mg L}^{-1}$ , T2S2: 30-day stratification and seaweed extract  $250 \text{ mg L}^{-1}$ , T3S3: 45-day stratification and seaweed extract  $125 \text{ mg L}^{-1}$ , T4S4: 45-day stratification and seaweed extract  $250 \text{ mg L}^{-1}$ . The treatments were different in one letter in each column have a significant difference of 5% based on the LSD test.

#### بحث

ویژگی‌هایی مانند درصد، سرعت و قدرت تنتزگی بذر از مهم‌ترین شاخص‌های سنجش کیفیت بذر به شمار می‌آیند و افزایش این ویژگی‌ها منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاه، استقرار مناسب گیاهچه‌ها و ایجاد یک سیستم ریشه قوی می‌شود (Baskin & Baskin, 2004). نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که غلظت ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر عصاره جلبک دریابی بیشترین درصد و سرعت تنتزگی را در رقم Arena داشت. عصاره جلبک دریابی با داشتن ترکیب‌های مانند عنصرهای غذایی کم مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) و پر مصرف (نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) نقش مهمی در تنظیم اسمزی محیط اطراف بذر، تغذیه بذر و فعال‌سازی برخی فرآیندهای زیست شیمیایی (به عنوان عامل کمکی برای برخی آنزیمه‌ها) دارند. افزون بر عنصرهای



مغذی، در پژوهش‌های بسیاری گزارش شده است که عصاره جلبک‌های قهوه‌ای سرشار از هورمون‌های گیاهی مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکینین هستند (Wang *et al.*, 2003). سیتوکینین‌ها ارتباط مستقیم با افزایش تنسیم یاخته‌ای در بذر و فعال‌سازی آنزیم آلفا آمیلاز دارند که می‌تواند باعث افزایش سرعت و درصد تنشگی شود (Morrow *et al.*, 2008). همچنین جیبرلین و اکسین موجود در عصاره جلبک موجب شکست خفتگی بذر، تحريك رشد گیاهچه (ساقه‌چه+ریشه‌چه) و استقرار مناسب جوانه در خاک می‌شود. از سوی دیگر، جیبرلین باعث افزایش طول دیواره یاخته‌ای می‌شود و به دنبال آن باعث هیدرولیز ترکیب‌های نشاسته‌ای به قندهای ساده مانند گلوکز و یا فرکتوز می‌شود که باعث منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی یاخته‌ها شده و ورود آب به داخل یاخته را آسان می‌کند. در پژوهشی روی گنام مشاهده شد که کاربرد عصاره جلبک دریابی در افزایش معنی‌دار شاخص‌های تنشگی نقش دارد (Kim *et al.*, 2004). در این پژوهش مشاهده شد که با افزایش روزهای سرمایی، درصد تنشگی پایانی و میانگین تنشگی روزانه روند افزایشی داشت. برای بسیاری از گونه‌های گیاهی سرماده موجب افزایش درصد تنشگی می‌شود (Bergstrand *et al.*, 2016). سرماده یا پیش‌سرماده می‌تواند برای بذرها یکی که دارای خفتگی درونی هستند دوره سرد زمستان را شبیه‌سازی کند و موجب پیش‌رسن شدن تنشگی و بیشینه سرعت تنشگی شود (Bergstrand *et al.*, 2016).

در پژوهشی گزارش شده است که تیمار سرماده اثر مثبتی بر حذف مانع‌های تنشگی بذرها لگجی<sup>۱</sup> دارد (Bergstrand *et al.*, 2016). در پژوهشی نیز افزایش تنشگی را ناشی از شکافته‌شدن پوسته بذر در اثر سرما گزارش کردند (Budelsky & Galatowitsch, 1999). آزمایشی با عنوان سرماده خشک و چینه سرمایی بذر در دمای ۱۰ درجه سلسیوس و در محیط تاریک روی بذر گل لیلا انجام گرفته و گزارش شده که یکنواختی و سرعت تنشگی بذر گل لیلا پس از تیمار چینه سرمایی، در مقایسه با تیمار سرماده خشک و تیمار شاهد بهتر صورت گرفته است (Fukushima *et al.*, 2018). نتیجه‌های پژوهش حاضر با نتیجه‌های پژوهش نامبرده همخوانی دارد و مشاهده شد که تیمار ۳۰ روز چینه سرمایی به ترتیب بیشترین میزان سرعت تنشگی پایانی و کمترین میانگین زمان لازم برای تنشگی را موجب شد. رقم Arena در هر سه مدت چینه سرمایی سرعت تنشگی پایانی بیشتری نسبت به رقم Mariachi داشت. همچنین رقم Arena در تیمار چینه سرمایی ۳۰ و ۴۵ روز بیشترین درصد تنشگی پایانی را داشت. در پژوهشی تیمارهای تاریکی و چینه سرمایی در دمای ۵ درجه سلسیوس برای تنشگی بذرها گیاه اکومیس<sup>۲</sup> انجام شده است که این تیمارها، اثر چشمگیری بر تنشگی بذر اکومیس در مقایسه با تیمار شاهد داشته است (Kulkarni *et al.*, 2006). در آزمایشی دیگر اثر چینه سرمایی و نور در تنشگی بذر گیاه نراد کره ای<sup>۳</sup> مورد بررسی قرار گرفت که نتیجه‌ها نشان داد سرعت بخشی به تنشگی بذر با تیمار چینه سرمایی در مقایسه با تیمار شاهد بهتر انجام شد (Fukushima *et al.*, 2018). آزمایشی برای بررسی اثرهای سرماده صفر، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ روز و ترکیب جیبرلیک اسید و سرماده روی تنشگی بذر در توت سیاه<sup>۴</sup> انجام شد. بذرها یکی که به مدت ۱۰۰ روز در تیمار سرماده قرار داشتند، ۸۸٪ تنشگی داشتند. ترکیب تیمارهای ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر و ۱۰۰ روز سرماده موجب ۹۶٪ تنشگی در بذرها شد (Koyuncu, 2005).



## نتیجه‌گیری

با توجه به نتیجه‌های آزمایش نخست، رقم Arena در غلظت ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر عصاره جلبک دریابی سرعت تنزگی پایانی بیشتر (۶۵/۸۸٪) و میانگین زمان تنزگی کمتر و معنی داری نسبت به رقم Mariachi داشت. بذرهای تیمار شده با چینه سرمایی در رقم Arena، درصد و سرعت تنزگی پایانی بیشتر و میانگین زمان تنزگی کمتر و به طور معنی دار نسبت به رقم Mariachi داشتند و در تیمار چینه سرمایی ۳۰ روز، به طور معنی دار، بیشترین سرعت تنزگی پایانی و کمترین میانگین زمان تنزگی مشاهده شد. در پایان، با توجه به نتیجه‌های آزمایش دوم، درصد و سرعت تنزگی پایانی و میانگین تنزگی روزانه رقم Arena، در کاربرد همزمان عصاره جلبک دریابی و چینه سرمایی نسبت به رقم Mariachi افزایش معنی دار داشت و همه تیمارهای کاربرد همزمان عصاره جلبک دریابی و چینه سرمایی به طور معنی دار، درصد و سرعت تنزگی پایانی بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند.

## منابع

- Baskin, J.M., Baskin, C.C. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14, 1-16.
- Bergstrand, K.J., Mortensen, L.M., Suthaparan, A., Gislerod, H.R. (2016). Acclimatisation of greenhouse crops to differing light quality. *Journal of Horticultural Science*, 204, 1-7.
- Budelsky, R.A., Galatowitsch, S.M. (1999). Effects of moisture, temperature, and time on seed germination of five wetland *Carices*: implications for restoration. *Restoration Ecology*, 7, 86-97.
- Fukushima, K., Kajihara, S., Ishikura, S., Katsutani, N., Goto, T. 2018. Effect of re-drying seed after wet treatment at 10°C on the germination and growth of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. *Horticultural Journal*, 87, 413-420.
- Jothinayagi, N., Anbazhagan, C. (2009). Effect of seaweed liquid fertilizer of *Sargassum wightii* on the growth and biochemical characteristics of (*Abelmoschus esculentus* L.) Medikus. *Recent Research in Science and Technology*, 1 (4), 155-158.
- Kim, H.H., Goins, G.D., Wheeler, R.M., Sager, J.C. (2004). Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red and bluelight-emitting diodes. *Journal of Horticultural Science*, 39, 1617-1622.
- Khan, W., Rayirath, U.P., Subrananian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J., Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 386-399.
- Koyuncu, F. (2005). Breaking seed dormancy in black mulberry (*Morus nigra* L.) by cold stratification and exogenous application of gibberellic acid. *Journal Acta Biologica Cracoviensis Series Botanica*, 47, 23-26.
- Kulkarni, M.G., Sparg, S.G., Van Staden, J. (2006). Dark conditioning, cold stratification and a smoke-derived compound enhance the germination of *Eucomis autumnalis* subsp. *autumnalis* seeds. *South African Journal of Botany*, 72, 157-162.
- Morrow, R.C. (2008). LED lighting in horticulture. *Horticultural Science*, 43, 1947-1950.
- Popescu, M. (2016). comparative studies of seaweeds extract on seeds germination of tomato. *Current Trends in Natural Sciences*, 5(10), 117-122.
- Pringle, J.S. (2014). Morphological Characteristic of The Family Gentianaceae. In: Rybczynski, J.J., Davey, M.R., Mikula, A. (eds.) Characterization and Ecology. Springer Berlin Heidelberg, Canada. pp: 1-2.
- Sharafizad, M., Naderi, A., Siadat, S.A., Sakinejad, T., Lak, Sh. (2013). Effect of salicylic acid pretreatment on germination of wheat under drought stress. *Journal of Agricultural Science*, 5 (3), 179- 199.
- Stirk, W.A., Novak, M.S., Staden van, J. (2003). Cytokinins in macroalgae. *Plant Growth Regulation*, 41, 13-24.
- Stirk, W., Tarkowska, D., Ture Cova, V., Strnad, M., Van staden, J. (2014). Abscisic acid, gibberellins and brassinosteroids in Kelpak, a commercial seaweed extract made from *Ecklonia maxima*. *Journal of Applied Phycology*, 26, 561-567.
- Tuhy, L., Chowanska, J., Chojnacka, K. (2013). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth. *Chemik Journal*, 67(7), 636-641.
- Wang, Z., Pote, J., Huang, B. (2003). Responses of cytokinins, antioxidant enzymes, and lipid peroxidation in shoots of creeping bentgrass to high root-zone temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128: 648-655.
- Zhang, Z., Ervin, E.H. (2004). Cytokinin containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Science*, 44, 10- 15.





## Effect of stratification and seaweed extract on germination indices of two cultivars of *Lisianthus (Eustoma grandiflorum L.)*

Ahmad Reza Mohammadi, Maryam Haghghi, Ali Nikbakht\*

Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan

 [anikbakht@cc.iut.ac.ir](mailto:anikbakht@cc.iut.ac.ir)

This study was conducted to investigate the effect of seaweed extract, stratification, and the combined application of the best results in these two treatments on seed germination characteristics of two *Lisianthus (Eustoma grandiflorum L.)* cultivars (Arena and Mariachi). The first experiment consisted of seaweed extract containing 5 concentrations of 0, 250, 500, 750, and 1000 ml L<sup>-1</sup> and stratification treatment of seeds at 4 °C (before planting) for 15, 30, and 45 days as it was applied separately to determine the best concentration and the best time. In the second experiment, the best results obtained from the first experiment included treatment of stratification (30 and 45 days of stratification) and seaweed extract (125 and 250 ml L<sup>-1</sup>) combined based on a factorial experiment in five replications on seed germination of two cultivars of *Lisianthus* was examined. The results showed that the percentage and speed of final germination, and the average daily germination in Arena cultivar was higher than Mariachi cultivar. With the increase of stratification days, the percentage of final germination and the average daily germination had an increasing trend. The 30-day stratification treatment and 125 ml and 250 ml of seaweed extract resulted in the highest final germination rate and the lowest average germination time. Interaction of stratification and seaweed extract had a higher average daily germination than the control treatment. The use of seaweed extract had a positive effect on germination indices compared to the control. With the increasing concentration of seaweed extract, the need for stratification decreased.

**Keywords:** ‘Arena’, Germination percentage, Germination rate, ‘Mariachi’, Seed, Stratification.