

تأثیر دما و مدت زمان ذخیره سازی بر فرایند جوانه زنی پروتوكورم کپسوله شده ثعلب سایه پسند^۱

Effect of Temperature and Storage Duration on Germination Process of Encapsulated Protocorms of *Dactylorhiza umbrosa*

زهرا مهدوی، شیرین دیانتی دیلمی^{*}، ساسان علی نیایی فرد و علی فدوی^۲

چکیده

خطر نابودی، ارکیده های بومی دارای ارزش اقتصادی را تهدید می کند. فناوری بذر مصنوعی می تواند از انفراض این گیاهان جلوگیری نماید و برای تولید و صادرات محصول مناسب باشد. در این پژوهش پروتوكورم های ثعلب سایه پسند کپسوله شدند. اثر سه تیمار دمای ۴، ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس طی سه دوره ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روزه ذخیره سازی بذر های مصنوعی بررسی شد. درصد جوانه زنی بذر های مصنوعی در شرایط ذخیره سازی، پس از خروج از شرایط ذخیره سازی، درصد جوانه زنی کل و تعداد روز برای شروع جوانه زنی بررسی شد. بیشترین درصد جوانه زنی در شرایط ذخیره مربوط به تیمار های ۹۰ روزه در دمای ۴ و ۲۵ درجه سلسیوس و کمترین مربوط به تیمار ۳۰ روزه در ۴ درجه سلسیوس بود. بیشترین درصد جوانه زنی پس از خروج از ذخیره سازی و کشت، در بذر های ذخیره شده در ۶۰ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس مشاهده شد. بیشترین درصد جوانه زنی کل مربوط به تیمار های ذخیره شده در ۶۰ و ۹۰ روز به ترتیب در دمای ۲۰ و ۴ درجه سلسیوس حاصل شد. بیشترین تعداد روز برای شروع جوانه زنی در کشت های بعد از ۶۰ روز مشاهده شد. بهترین تیمار جهت ذخیره سازی در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ و ۶۰ روز بود که در شرایط ذخیره سازی کمترین و پس از کشت، بیشترین درصد جوانه زنی را داشت.

واژه های کلیدی: بذر مصنوعی، آلتینات سدیم، کشت درون شیشه ای، ارکیده.

مقدمه

تیره ارکیده یکی از بزرگ ترین و متنوع ترین تیره های گیاهان گل دار است که شامل حدود ۸۰۰ جنس و بیش از ۲۵۰۰ گونه می باشد (۹). این گیاهان در سطح وسیعی از مناطق جهان رویش دارند به طوری که از قطب شمال تا قطب جنوب در بوته زارها، بیابان ها، دره ها، دشت ها، تپه ها، کوه ها و حتی زیر زمین رویش می یابند (۱۳).

تولید ارکیده فالانتوپسیس^۳ بیش از ۷۵٪ از تجارت ارکیده ها را به خود اختصاص داده است (۱۰). هر چند ارکیده ها اغلب به عنوان گیاهان زینتی مورد توجه قرار می گیرند، اما بعضی از انواع آن ها به عنوان داروهای گیاهی و غذا در بسیاری از کشورها و توسط قبیله های مختلف مورد استفاده قرار می گیرند (۴). ارکیده های بومی ایران نیز

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۳/۱۹

۲- به ترتیب دانشجوی پیشین کارشناسی ارشد، استادیاران، گروه علوم باغبانی، دانشیار گروه فناوری صنایع غذایی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: dianati@ut.ac.ir

Phalaenopsis orchid -۳

به دلیل خواص دارویی، مصارف غذایی و ادویه‌ای مورد توجه هستند. ثعلب سایه‌پسند با نام علمی *Dactylorhiza umbrosa* از جمله ارکیده‌های بومی ایران است که هم گیاه و هم پودر غده‌های آن با عنوان "ثعلب" شناخته می‌شوند و از نظر دارویی و مصارف غذایی ارزش زیادی دارد. شوربختانه عدم کشت و کار، وابستگی به رویشگاه‌های طبیعی، رشد کم و کند گیاه، قیمت بالا و تقاضای بالا در بازار سبب جمع‌آوری بی‌رویه این گیاه از طبیعت شده است. از این‌رو، راهبردی کارآمد برای افزایش و ذخیره ژرم پلاسم این گونه ارزشمند گیاهی و همچنین برای استفاده از پتانسیل اقتصادی آن مورد نیاز است. با توجه به تغییرهای احتمالی محیط زیست در رویشگاه‌های ارکیده‌های بومی و یا برداشت بی‌رویه توسط مردم محلی، این احتمال وجود دارد که برخی از گونه‌های ارکیده دارای ارزش زینتی یا داروئی موجود، در معرض خطر انقراض قرار گیرند. افزایش بذری این گیاه در طبیعت همچون دیگر ارکیده‌ها از راه همزیستی بذر با قارچ مایکوریزا امکان‌پذیر می‌گردد و تولید گیاهچه یکی از دشواری‌های عمدۀ در پژوهش آن‌ها است که علت آن بذرهای بسیار ریز و بدون اندوخته غذایی و رویان‌های ابتدایی است. همین مسئله موجب شده تکثیر این ارکیده‌ها بیشتر از راه کشت درون شیشه‌ای بذر و ریزنمونه بافت‌های گیاهی انجام گیرد. خوشبختانه رویه فراگیر تکثیر بذری درون شیشه‌ای این نوع ثعلب به صورت کامل به دست آمده و قابل استفاده است (۱).

امروزه تولید بذر مصنوعی با استفاده از کپسوله کردن ریزنمونه گیاهی به ابزاری نوین و کارآمد در ریزافرایی و ذخیره‌سازی کوتاه مدت با هدف تولید در سطح وسیع و صادرات و همچنین ذخیره‌سازی بلند مدت با هدف حفاظت از ژرم پلاسم گونه گیاهی در بانک ژن تبدیل شده است به گونه‌های که این روش برای برخی از گیاهان زینتی و گونه‌های در حال انقراض به عنوان تهرا راه افزایش مطرح شده است (۲۵). این فناوری می‌تواند جایگزینی مناسب جهت ذخیره ژرم پلاسم به جای یک خزانه یا مزرعه باشد. بذر مصنوعی همچنین امکان ذخیره گیاهان هتروزیگوت یا گیاهانی دارای ژن‌های خاص حاصل از نوترکیبی ژنتیکی در هر نسل از افزایش با بذر را فراهم می‌نماید (۲۳). تولید بذر مصنوعی برای اولین بار توسط کیتو و جنیک در سال ۱۹۸۲ با استفاده از کپسوله کردن رویان‌های بدنی هویج انجام گرفت (۱۴). از جمله مزایای تولید بذرهای مصنوعی می‌توان به سهولت تولید هم‌گروههای گیاهی نسبت به بذر، حفظ و گسترش تنوع زیستی، ثبات ژنتیکی گونه‌های گیاهی نادر، تکثیر در مقیاس وسیع و هماهنگی و نظم بیشتر در برداشت محصول‌های مهم کشاورزی، سهولت در حمل و نقل، پتانسیل ذخیره‌سازی طولانی مدت بدون از دست دادن زنده‌مانی (زیوایی) و تولید و ازدیاد با هزینه‌های کم اشاره کرد (۱۹). در کل می‌توان گفت که هدف از توسعه فناوری بذر مصنوعی، ایجاد کلون‌هایی از ریزافزونه‌های رویشی است که بتوان آن‌ها را به مدت طولانی انبار و در زمان مورد نظر تعداد زیادی گیاه مشابه تکثیر نمود.

تولید بذر مصنوعی روشی عالی جهت ذخیره پروتوكورم ارکیده است که می‌توان آن را در دمای آزمایشگاه و یا حتی با استفاده از دمای پایین برای چندین هفته ذخیره نمود (۲۰). دستیابی به روشی کارآمد برای ذخیره‌سازی این محصول می‌تواند برای عرضه محصول مناسب با تقاضای بازار بسیار ارزشمند باشد و در دازمدت به صادرات این محصول به ویژه انواع دارویی- صنعتی ارکیده‌ها که از ارزآوری بالایی برخوردارند، کمک شایانی نماید.

تولید بذر مصنوعی با استفاده از پروتوكورم ارکیده از گونه‌های ارکیده مانند *Cymbidium Phaius*, *Oncidium*, *Cattleya*, *Dendrobium wardianum*, *Dendrobium plicata* و *Spathoglottis tonkervillae* ثبت شده است. پروتوكورم بدنی و پروتوكورم حاصل از بذر نیز به طور مؤثری برای تولید بذر مصنوعی گونه‌های مختلف گیاه ارکیده استفاده می‌شود (۲۶، ۲۱، ۳).

همان‌گونه که اشاره شد ذخیره‌سازی بذر مصنوعی یکی از اهداف فناوری تولید بذر مصنوعی بوده و در حال حاضر این فناوری به عنوان روشی کارآمد برای افزایش و ذخیره‌سازی کوتاه مدت و میان مدت برای چندین ارکیده مهم تجاری نیز در نظر گرفته شده است. بذر مصنوعی قادر است ریزنمونه گیاهی را در شرایط مناسب دمایی و

دوره های متفاوت ذخیره سازی، حفظ کرده و پس از دوره ذخیره سازی همانند یک بذر طبیعی عمل کند. افزون بر این، ذخیره سازی کوتاه مدت بذر مصنوعی در دمای پایین به علت عدم نیاز به نیروی کار ماهر و واکشت های متوازن کاربرد فراوانی داشته و باعث کاهش هزینه های مربوط به حفظ و نگهداری ژرم پلاسم گونه های ارزشمند می شود (۱۲). دما و مدت زمان نگهداری بذر مصنوعی به گیاه مورد نظر و ریز نمونه گیاهی از نظر میزان تحمل آنها نسبت به دمایها و زمان های نگهداری بستگی دارد (۱۷). همچنان ارکیده ها بذر های تولید می کنند که نسبت به خشک شدن حساس هستند، بنابراین امکان ذخیره سازی طولانی مدت آنها در بانک بذر وجود ندارد. نگهداری و ذخیره طولانی مدت رویان های بدنی به صورت بذر مصنوعی با حفظ تمام ویژگی های ژنتیکی می تواند جایگزین مناسبی برای ذخیره سازی طولانی مدت این گونه ها باشد که فناوری بذر مصنوعی تا حدودی توانسته این امکان را فراهم آورد.

هدف از این پژوهش بررسی شرایط ذخیره سازی از جمله دما و مدت زمان نگهداری بذر های مصنوعی ارکیده "علب سایه پسند" به منظور افزایش انبوه، ایجاد هم گروه، ذخیره و به دنبال آن استفاده از پتانسیل اقتصادی این محصول ارزشمند است.

مواد و روش ها

کشت بذر *Dactylorhiza umbrosa*

برای انجام آزمایش کپسول های رسیده بذر ثعلب سایه پسند در تیرماه از رویشگاه های طبیعی جمع آوری و به آزمایشگاه منتقل و به روش دیانتی گندزدایی و بذرها در ظروف پتری کشت شدند (۱). بذر های کشت شده برای جوانه زنی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و تاریکی قرار گرفتند.

ساخت بذر مصنوعی

مناسب ترین روش برای ساخت بذر مصنوعی روش کپسول هیدروژل است که توسط ردنبوگ و همکاران (۱۹۸۷) معرفی شد (۲۰). به عنوان ریز نمونه از پروتوكورم های ۲ تا ۳ میلی متری حاصل از کشت بذر استفاده شد. برای تهیه ماده های کپسوله کننده، آژئینات سدیم در غلظت ۵٪ با محیط کشت مایع فاست (۵) تغییر یافته مخلوط شد. همچنان کلرید کلسیم محلول در آب م قطر با غلظت ۱۵۰ میلی مولار تهیه شد. کل فرایند ساخت بذر در شرایط سترون انجام شد. برای این منظور pH محلول ها قبل از اتوکلاو روی ۵/۸ تنظیم شد و به وسیله اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه سترون شد. برای پوشش دار نمودن پروتوكورم ها و ساخت بذر مصنوعی، پروتوكورم ها همراه با محلول آژئینات سدیم به صورت قطره داخل محلول کلرید کلسیم ۱۵۰ میلی مولار رها شد.

ذخیره سازی بذر مصنوعی

بذر های مصنوعی ساخته شده پس از شستشو با آب م قطر، درون فالکون های پلی اتیلنی ۱۵ سی سی سترون قرار داده شدند. برای جلوگیری از خشک شدن بذر های مصنوعی در هر فالکون ۱ سی سی آب م قطر سترون اضافه و درب فالکون ها پس از بستن با استفاده از پارافیلم به طور کامل مسدود شد و با دمای های مختلف در تاریکی تیمار شدند.

واکاوی داده ها

تیمارها به صورت فاکتوریل در قالب طرح به طور کامل تصادفی با ۳ تکرار اعمال شدند. هر تکرار شامل ۵ بذر مصنوعی (واحد آزمایشی) بود. فاکتورهای آزمایش شامل ۳ سطح دمایی (۴، ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس) و ۳ سطح زمانی (۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز) بود. داده برداری مربوط به درصد جوانه زنی در شرایط ذخیره سازی، درصد جوانه زنی پس از خاتمه دوره های ذخیره سازی و کشت روی محیط فاست تغییر یافته (درصد جوانه زنی ۵ بذر کشت شده در هر یک از ۳ پتری) و درصد جوانه زنی کل (مجموع درصد جوانه زنی هر دو شرایط ذخیره سازی و شرایط پس از ذخیره سازی) ۵۰ روز پس از کشت بذر های مصنوعی (۲۴) و نیز داده برداری تعداد روز برای شروع جوانه زنی (مشاهده اولین جوانه زنی در بذر های پس از کشت) انجام گرفت. واکاوی داده ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

نتیجه‌های حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف معنی‌دار بین اثر تیمارهای دما و مدت‌زمان ذخیره‌سازی نشان داد. همچنان برهمکنش دما و مدت‌زمان بر درصد جوانه‌زنی در شرایط ذخیره‌سازی، درصد جوانه‌زنی کل و درصد جوانه‌زنی در شرایط کشت پس از خاتمه ذخیره‌سازی اختلاف معنی‌داری را نیز در سطح احتمال ۱٪ نشان داد. همچنان تیمارهای زمانی در طول دوره ذخیره‌سازی بر تعداد روز برای شروع جوانه‌زنی بذر مصنوعی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشتند. در حالی‌که تیمارهای دمایی و برهمکنش دما و زمان در طول دوره ذخیره‌سازی اختلاف معنی‌داری بر تعداد روز برای شروع جوانه‌زنی نداشت.

مقایسه میانگین اثر دما بر درصد جوانه‌زنی کل نشان داد مناسب‌ترین دما برای ذخیره‌سازی بذر مصنوعی ثعلب سایه‌پسند دمای ۲۰ درجه سلسیوس با ۹۱/۱۱٪ جوانه‌زنی پس از ذخیره‌سازی و پس از آن دمای ۲۵ درجه سلسیوس با ۸۴/۴۴٪ جوانه‌زنی بود. کمترین درصد جوانه‌زنی کل پس از ذخیره‌سازی (۷۵٪) در تیمار دمایی ۴ درجه سلسیوس مشاهده شد (جدول ۱).

جدول ۱ - اثر سه دمای ذخیره‌سازی بر میانگین درصد جوانه‌زنی کل بذر مصنوعی ارکیده *Dactylorhiza umbrosa*.
Table 1. Effect of three storage temperatures on average total germination percentage of artificial seed of orchid *Dactylorhiza umbrosa*.

درصد جوانه‌زنی (%)	دماه ذخیره‌سازی (°C)
Germination (%)	Storage temperatures (°C)
75 ^c	4
91.11 ^a	20
84.44 ^b	25

† Means within a column followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.01$ according to Duncan's multiple range test.

‡ در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

همچنان مقایسه میانگین اثر زمان بر درصد جوانه‌زنی کل نشان داد با افزایش زمان ذخیره‌سازی بذرهاي مصنوعي ثعلب سایه‌پسند، درصد جوانه‌زنی کل نیز افزایش یافت به‌طوری‌که در هر سه تیمار دمایی، بذرهايی که به مدت ۶۰ روز ذخیره‌شده بودند پس از کشت، درصد جوانه‌زنی بیشتری نسبت به ۳۰ روز ذخیره‌سازی داشتند (جدول ۲). بیشترین درصد جوانه‌زنی کل ثعلب سایه‌پسند (۹۵/۵۶٪) پس از ذخیره‌سازی مربوط به تیمار ۹۰ روز ذخیره در دمای ۴ درجه سلسیوس بود (جدول ۲). بررسی برهمکنش‌ها نشان داد که در دمای ۴ درجه سلسیوس، تفاوت معنی‌داری بین هر سه زمان ذخیره‌سازی وجود داشت. در حالی‌که در دو تیمار ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس بین دوره‌های ذخیره‌سازی ۶۰ و ۹۰ روز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱).

جدول ۲ - اثر سه زمان ذخیره‌سازی بر میانگین درصد جوانه‌زنی کل بذرهاي مصنوعي ثعلب سایه‌پسند.
Table 2. Effect of three storage times on average of total artificial seeds germination percentage of *Dactylorhiza umbrosa*.

درصد جوانه‌زنی	مدت زمان ذخیره‌سازی (روز)
Germination%	Storage time (day)
61.67 ^b	30
93.33 ^a	60
95.56 ^a	90

† Means within a column followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.01$ according to Duncan's multiple range test.

‡ در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک، بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

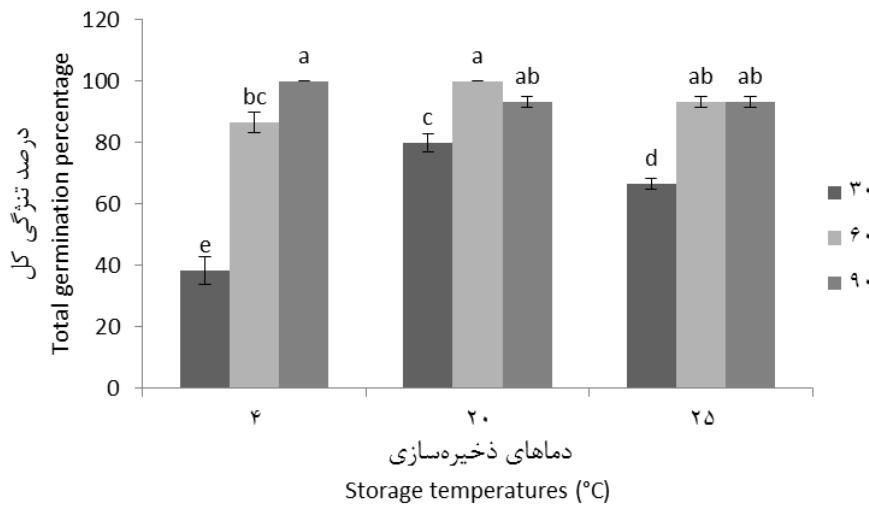


Fig. 1. The interaction of temperature and storage time on total germination percentage of *Dactylorhiza umbrosa* artificial seeds. E The error bars show the standard error of three replications.

شکل ۱- برهمنکش دما و زمان ذخیره سازی بر درصد جوانه زنی کل بذر های مصنوعی ثعلب سایه پسند. نوار خطای بیانگر خطا استاندارد سه تکرار است.

مقایسه میانگین درصد جوانه زنی در طول ذخیره سازی نشان داد مناسب ترین دمای ذخیره سازی جهت جلوگیری از جوانه زنی بذر مصنوعی دمای ۴ درجه سلسیوس با کمترین درصد جوانه زنی (۳۳/۳۳٪) بود و بین درصد جوانه زنی دو تیمار دمایی ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۳).

جدول ۳- درصد جوانه زنی بذر های مصنوعی ثعلب سایه پسند در طول ذخیره سازی (قبل از کشت) در سه دمایی ۴، ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس.

Table 3. The percentage of artificial seeds germination of *Dactylorhiza umbrosa* during storage (before culturing) in three temperatures (4, 20, and 25 °C).

درصد جوانه زنی در دوره ذخیره سازی Germination (%) during storage	دما ذخیره سازی Storage temperature (° C)		
	4	20	25
33.33 ^c			
64.44 ^a			
53.33 ^b			

† Means within a column followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.01$ according to Duncan's multiple range test.

‡ در هر ستون، میانگین های دارای حروف های مشترک، بر اساس آزمون چند دامنه دان肯 در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی دار ندارند.

بیشترین درصد جوانه زنی در شرایط ذخیره سازی در مدت ۹۰ روز ذخیره سازی در دمایی ۴ و ۲۰ درجه سلسیوس و کمترین آن در مدت ۳۰ روز ذخیره سازی در دمای ۴ درجه سلسیوس مشاهده شد (شکل ۲). بیشترین تعداد روز برای شروع جوانه زنی (۲/۸۹ روز) در بذر های مصنوعی ذخیره شده در ۶۰ روز ذخیره سازی مشاهده شد (شکل ۳ و جدول ۴) و بین تیمار های زمانی ۳۰ و ۹۰ روز اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۴).

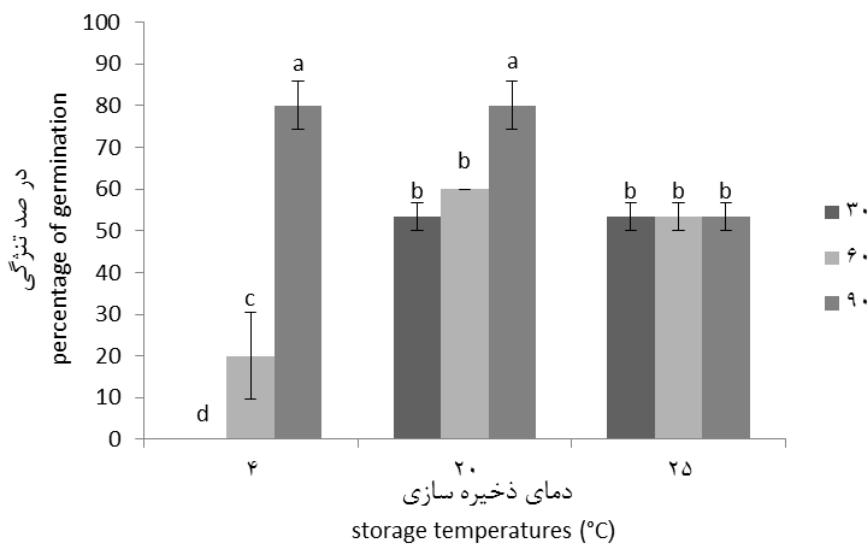


Fig. 2. The interaction of temperature and time on the percentage of artificial seed germination in storage conditions (before culturing). Error bar shows the standard error of three repeats.

شکل ۲- برهمکنش دما و زمان بر درصد جوانهزنی بذر مصنوعی در شرایط ذخیرهسازی (قبل از کشت). نوار خطای بیانگر خطای استاندارد سه تکرار است.

جدول ۴- تعداد روز لازم برای شروع جوانهزنی بذرهای مصنوعی ثعلب سایه پسند، پس از خاتمه زمان ذخیرهسازی.

Table 4. The number of days required to start *Dactylorhiza umbrosa* artificial seeds germination, after the end of the storage time.

تعداد روز لازم برای شروع جوانهزنی بذرها The number of days required for artificial seeds germination	مدت زمان ذخیرهسازی (روز) Storage time (day)
1.55 ^b	30
2.89 ^a	60
1.22 ^b	90

† Means within a column followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.01$ according to Duncan's multiple range test.

‡ در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف‌های مشترک، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰.۱٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.



Fig 3. Comparison of artificial seeds germination after three storage time of 30, 60 and 90 days.

شکل ۳- مقایسه جوانهزنی بذرهای مصنوعی پس از سه زمان ذخیرهسازی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روزه.

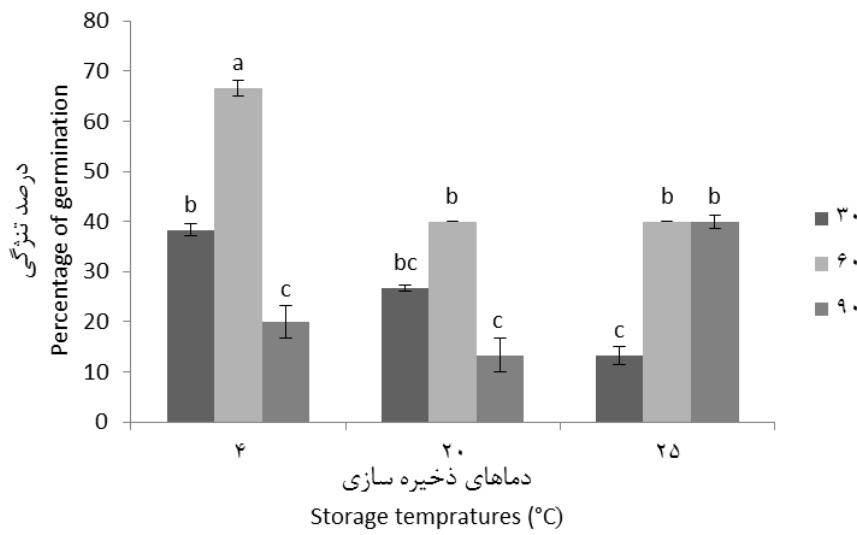


Fig. 4. The interaction of temperature and storage time on artificial seed germination percentage, after storage and 50 days after culture. Error bar shows the standard error of three repeats.

شکل ۴- برهمنکش دما و زمان بر درصد جوانه‌زنی بذر مصنوعی پس از خروج از شرایط ذخیره‌سازی و ۵۰ روز پس از کشت نشان داد ذخیره‌سازی در تیمار دمای ۴ درجه سلسیوس تفاوت معنی‌داری بین درصد جوانه‌زنی در هر سه زمان ذخیره‌سازی ایجاد نموده است، به‌طوری‌که بیشترین درصد جوانه‌زنی در بذرهای ذخیره شده در ۶۰ روز و کمترین درصد جوانه‌زنی در ۹۰ روز مشاهده شد (شکل ۴). این روند در تیمار ۲۰ درجه سلسیوس نیز مشاهده شد به‌طوری‌که تیمار ۶۰ روز بیشترین و تیمار ۹۰ روز کمترین جوانه‌زنی را نشان داد که البته تیمار ۳۰ روز تفاوت معنی‌داری با ۶۰ و ۹۰ روز نشان نداد. همچنین درصد جوانه‌زنی در تیمار ۳۰ و ۶۰ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نیز همانند تیمارهای دو دمای دیگر بود و تنها تفاوت بین دو زمان ۶۰ و ۹۰ روز بود که تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۴). بیشترین درصد جوانه‌زنی در بذرهای ذخیره‌شده در دمای ۴ درجه سلسیوس و کمترین آن مربوط به ۹۰ روز ذخیره‌سازی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس و ۳۰ روز ذخیره‌سازی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بود (شکل ۴).

بحث

در این پژوهش بالاترین درصد جوانه‌زنی کل در تیمار ۴ درجه سلسیوس به مدت ۹۰ روز و تیمار دمای ۲۰ درجه سلسیوس در مدت ۶۰ روز مشاهده شد. کمترین درصد جوانه‌زنی کل مربوط به تیمار ۳۰ روز در هر سه تیمار دمایی بود (شکل ۱). در پژوهش‌های قبلی انجام شده روی ارکیده‌ها، ذخیره‌سازی بذرهای مصنوعی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نسبت به دمای ۴ درجه سلسیوس مناسب‌ترین دما جهت جوانه‌زنی بذر مصنوعی ارکیده‌هایی همچون *Aranda Wan Chark Kuan* گزارش شده است (۷، ۱۵). این اختلاف می‌تواند ناشی از تفاوت نوع ارکیده مورد مطالعه و شرایط آب و هوایی منطقه زیستی آن‌ها باشد. ارکیده‌های خاکرست مناطق معتدل‌های نیاز به دماهای پایین دارند به‌طوری‌که دوره خواب جوانه گل ارکیده خاکرست مناطق معتدل‌های با استفاده از تیمار سرمایی از بین می‌رود (۱۸)، در صورتی که ارکیده‌های بیان شده در پژوهش‌های بالا گرم‌سیری بوده و به طور طبیعی نیاز دمایی بالاتری داشته و نسبت به دماهای پایین حساس‌تر هستند. گزارش شده است که ذخیره‌سازی پروتوكورم‌های کپسوله‌شده به شدت زیر تأثیر دما است. با این حال، پاسخ بذرها مصنوعی به دمای ذخیره‌سازی به گونه گیاهی بستگی دارد (۶).

بیشترین درصد جوانهزنی بذر مصنوعی ثعلب سایه‌پسند پس از خاتمه ذخیره‌سازی و کشت، مربوط به تیمار ۶۰ روز در ۴ درجه سلسیوس بود. گزارش شده بذرهای مصنوعی ارکیده *Coelogyne breviscapa* Lindl ذخیره‌شده در دمای ۴ درجه سلسیوس نسبت به آن‌هایی که در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ذخیره شدند، درصد جوانهزنی بالاتری را نشان دادند (۱۶). مناسب‌ترین دمای ذخیره‌سازی برای جلوگیری از جوانهزنی بذر مصنوعی ثعلب سایه‌پسند در طی شرایط ذخیره‌سازی، دمای ۴ درجه سلسیوس بود. ذخیره‌سازی در دمای پایین باعث کاهش فعالیتهای متابولیکی بذرهای مصنوعی شده که این باعث می‌شود ماده‌های مغذی داخل ماتریس بذر مصنوعی حفظ شده و ریزنومه در یک حالت غیرفعال باقی بماند (۸، ۱۱). بیشترین درصد جوانهزنی پیش از کشت در طی مدت ۹۰ روز ذخیره‌سازی در دماهای ۴ و ۲۰ درجه سلسیوس بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر و کمترین آن در مدت ۳۰ روز ذخیره‌سازی در دمای ۴ درجه سلسیوس مشاهده شد. داده برداری‌ها نشان می‌دهد با افزایش مدت ذخیره‌سازی در دو دمای ۴ و ۲۰ درجه سلسیوس درصد جوانهزنی بذر مصنوعی در شرایط ذخیره‌سازی نیز افزایش یافت که این افزایش در تیمار دمایی ۲۵ درجه سلسیوس مشاهده نشد. به نظر می‌رسد این روند افزایشی در دو دمای ۴ و ۲۰ درجه سلسیوس در درجه اول به خاطر قابلیت دسترسی بیشتر به ماده‌های مغذی موجود در ماتریس بذر مصنوعی به مرور زمان است که با وجود قرار دادن بذرها در شرایط جوانهزنی نامناسب از لحاظ نوری (تاریکی)، تعدادی از بذرهای مصنوعی با استفاده از عنصرهای غذایی موجود در کپسول بذر توانستند به مرور در طی مدت ذخیره‌سازی جوانهزنی داشته باشند. البته، این روند در دمای ۲۵ درجه سلسیوس مشاهده نشد. به نظر می‌رسد این روند بهصورت یکنواخت رخ داده و با افزایش مدت زمان انبار داری تغییر معنی‌داری نداشته است. در بررسی‌های پیشین اشاره شده که با افزایش مدت ذخیره‌سازی درصد جوانهزنی در شرایط ذخیره‌سازی افزایش می‌یابد. دلیل این امر استفاده از منبع غذایی موجود در کپسول بذر بهوسیله پروتوكورم و به دنبال آن رشد و جوانهزنی بیان شده است (۲۲).

بیشترین درصد جوانهزنی پس از کشت در بذرهای ذخیره‌شده در مدت ۶۰ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس و کمترین آن مربوط به ۹۰ روز ذخیره‌سازی در دمای ۴ و ۲۰ درجه سلسیوس و ۳۰ روز ذخیره‌سازی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بود (شکل ۴). اگرچه براساس شکل ۴ مناسب‌ترین دوره ذخیره‌سازی جهت بیشترین جوانهزنی بذر مصنوعی پس از خروج از شرایط ذخیره‌سازی، مدت ۶۰ روز است که در هر سه دما نسبت به دیگر تیمارها بیشترین درصد جوانهزنی را نشان داد، اما در صورت مقایسه با نمودار شکل ۲ بهترین تیمار جهت جوانهزنی پس از خروج از شرایط ذخیره‌سازی، تیمار ۴ درجه سلسیوس و مدت ۳۰ و ۶۰ روز می‌باشد. در واقع بهترین تیمار جهت ذخیره‌سازی بذر مصنوعی تیماری است که در شرایط ذخیره‌سازی کمترین و پس از خروج از شرایط ذخیره‌سازی و کشت، بیشترین درصد جوانهزنی را نشان دهد. بنابراین، تیمار ۴ درجه سلسیوس و ۳۰ روز بدون هیچ‌گونه جوانهزنی و تیمار ۴ درجه سلسیوس و ۶۰ روز با ۲۰ درصد جوانهزنی کمترین جوانهزنی را در شرایط ذخیره‌سازی نسبت به دیگر تیمارها نشان دادند که پس از کشت به ترتیب ۳۸/۳۳ و ۶۶/۶۶٪ جوانهزنی را داشته و بهترین تیمار می‌باشد. البته، انتخاب بهترین تیمار بر اساس هدف مورد نظر متغیر باشد. در واقع چنانچه هدف جوانهزنی بیشتر و ورود سریع محصول به بازار باشد و جوانهزنی داخل انبار اهمیت نداشته باشد می‌توان بهترین تیمار را براساس نمودار مربوط به جوانهزنی کل، تیمارهای ۹۰ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس و ۹۰ و ۶۰ روز در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس معرفی کرد.

بیشترین تعداد روز برای شروع جوانهزنی در بذرهای مصنوعی ذخیره‌شده در ۶۰ روز ذخیره‌سازی مشاهده شد و بین تیمارهای زمانی ۳۰ و ۹۰ روز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). بهطور کلی، گزارش شده است که زمان لازم برای جوانهزنی و تشکیل گیاهان با افزایش دوره ذخیره‌سازی بذرهای مصنوعی افزایش می‌یابد. در حقیقت، سرعت جوانهزنی کاهش می‌یابد (۲۱). این گزارش با نتیجه‌های مربوط به مدت‌زمان ۳۰ و ۶۰ روز همخوانی داشته، اما بذرهای ذخیره‌شده در مدت ۹۰ روز در تعداد روز کمتری نسبت به ۶۰ روز دیگر جوانهزنی داشت و این موضوع با افزایش درصد جوانهزنی در طول دوره ذخیره‌سازی همپوشانی دارد. در حقیقت، بذرهایی که در مدت بیشتر از ۶۰ روز ذخیره شده‌اند (۹۰ روز) فرصت بیشتری برای شروع مرحله جوانهزنی داشته‌اند و به محض قرارگیری روی محیط کشت سرعت بیشتری را در جوانهزنی نسبت به تیمارهای ۳۰ و ۶۰ روزه نشان دادند.

نتیجه گیری

در میان ۳ تیمار ذخیره سازی، دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۹۰ روز و دمای ۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۶۰ روز مناسب ترین تیمارها جهت بیشترین درصد جوانه زنی کل بذر های مصنوعی بود. اگرچه بهترین تیمار جهت ذخیره سازی بذر مصنوعی تیماری است که در شرایط ذخیره سازی کمترین درصد جوانه زنی و پس از خروج از شرایط ذخیره سازی و کشت، بیشترین درصد جوانه زنی را نشان دهد. لذا مناسب ترین تیمار جهت ذخیره سازی بذر مصنوعی ارکیده *Dactylorhiza umbrosa* تیمار ۴ درجه سلسیوس و مدت ۳۰ و ۶۰ روز می باشد. از طرفی چنانچه هدف ذخیره سازی کوتاه مدت و ورود سریع محصول به بازار باشد و جوانه زنی داخل انبار اهمیت نداشته باشد می توان بهترین تیمار دمایی را براساس جدول ۱ دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس با بیشترین درصد جوانه زنی معرفی کرد.

افزایش دوره ذخیره سازی باعث افزایش درصد جوانه زنی در طی شرایط ذخیره سازی شد و این به علت وجود محیط مغذی در ماتریس بذر مصنوعی بود. در حقیقت، با افزایش مدت ذخیره سازی، پروتوكورم پوشیده در کپسول توانست از محلول مغذی استفاده و تا حدودی جوانه زنی را آغاز نماید که البته پس از ۶۰ روز ذخیره سازی قدرت و سرعت جوانه زنی روند صعودی پیدا کرد و در تعداد روز کمتری جوانه زنی داشت. به نظر می رسد می توان با تغییر در میزان و درصد محلول مغذی ماتریس و با کاربرد تنظیم کننده های رشد گیاهی، جوانه زنی بذر مصنوعی این نوع ارکیده را در شرایط ذخیره سازی کنترل و مانع از آن شد. بنابراین، این مسئله نیازمند پژوهش و مطالعه بیشتری می باشد.

منابع

References

1. Dianati Daylami, Sh., 1392. Study of seed germination, floral transition and expression of some related gene in some Iranian Orchids, Thesis for the Doctor of Philosophy in Horticulture Sciences, University of Tehran, Department of Horticulture Sciences and Landscape, 296
2. Moradi, Sh., Sh. Dianati Daylami, K. Vahdati, M., Arab, 2016. Effect of medium, explants and BA on somatic embryogenesis induction in tow Iranian native orchids, J. Plant Prod. Res. 22, (4): 119-132
3. Ara, H., U. Jaiswal, and V. Jaiswal. 2000. Synthetic seed: prospects and limitations. Current Sci. 78 (12): 1438-1444.
4. Arditti, J. 1992. Fundamentals of orchid biology. John Wiley and Sons. New York, New York.
5. FAST, G. 1976. Möglichkeiten zur Massenvermehrung von *Cypripedium calceolus* und anderen europäischen Wildorchideen. Proceedings of the Eighth World Orchid Conference. Frankfurt, Germany: German Orchid Society (in German).
6. Gantait, S., S. Bustam, and U. R. Sinniah. 2012. Alginate-encapsulation, short-term storage and plant regeneration from protocorm-like bodies of Aranda Wan Chark Kuan 'Blue' × *Vanda coerulea* Griff. ex. Lindl. (Orchidaceae). Plant Growth Regul. 68: 303-311.
7. Gantait, S., U. R. Sinniah. 2013. Storability, post-storage conversion and genetic stability assessment of alginate-encapsulated shoot tips of monopodial orchid hybrid *Aranda Wan Chark Kuan 'Blue'* × *Vanda coerulea* Griff. ex. Lindl. Plant Biot. Rep. 7: 257-266.
8. Gantait, S., J. Vijayan, and A. Majee. 2017. Artificial seed production of *Tylophora indica* for interim storing and swapping of germplasm. Hort. Plant J. 3: 41-46.
9. Garay, L. A. 1960. On the origin of the Orchidaceae. Botanical Museum Leaflets, Harvard University, 19: 57-96.
10. Griesbach, R. 2002. Development of *Phalaenopsis* orchids for the mass-market. Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA, 458-465.
11. Gupta, A. 2016. Regeneration of *Renanthera imschootiana* Rolfe Using Synthetic Seeds. Inter. Adv. Res. J. Sci. Eng. Technol. 3: 286-289.
12. Haque, S.M. and B. Ghosh. 2016. High-frequency somatic embryogenesis and artificial seeds for mass production of true-to-type plants in *Leedebouria revoluta*: an important cardioprotective plant. Plant Cell, Tiss. Organ Cult. (PCTOC). 127: 71-83.
13. Hatch, E. 1953. Orquideas subterraneas. Orquidea, 15 (1): 2-11.
14. Kitto, S. K. and J. Janick. 1982. Polyox as an artificial seed coat for asexual embryos. Hort. Sci. 17: 488-490.

15. Mahendran, G., D.N. Parimala, and B.V. Narmatha. 2014. Encapsulation of Protocorm of *Cymbidium bicolor* Lindl. for Short-Term Storage and Germplasm Exchange.
16. Mohanraj, R., R. Ananthan, and V. Bai. 2009. Production and storage of synthetic seeds in *Coelogyne breviscapa* Lindl. Asian J. Biot. 1: 124-128.
17. Nyende, A. B., S. Schittenhelm., G. Mix-Wagner, and J. M. Greef. 2003. Production, storability, and regeneration of shoot tips of potato (*Solanum tuberosum* L.) encapsulated in calcium alginate hollow beads. In Vitro Cell. Develop. Biol.-Plant , 39: 540-544.
18. Rasmussen, H. N. 1995. Terrestrial orchids: from seed to mycotrophic plant, Cambridge University Press.
19. Ravi, D. and P. Anand. 2012. Production and applications of artificial seeds: a review. Int. Res. J. Biol. Sci. 1: 74-78
20. Redenbaugh, K. 1993. Synseeds : applications of synthetic seeds to crop improvement, Boca Raton; Ann Arbor; London, , Tokyo.131-161
21. Saiprasad, G. and R. Polisetty. 2003. Propagation of three orchid genera using encapsulated protocorm-like bodies. In Vitro Cell. Develop. Biol.-Plant, 39: 42-48.
22. Sarmah, D. K, M. Borthakur, and P. Borua. 2010. Artificial seed production from encapsulated PLBs regenerated from leaf base of *Vanda coerulea* Griff. ex. Lindl.–an endangered orchid. Curr. Sci. VOL. 98, NO. 5, 686-690.
23. Sharma, H. P. 2012. Plant Tissue Culture: Totipotency to Transgenic, Publisher: AGROBIOS (January 1, 2012), ISBN-10 : 9788177544671
24. Siew, W.L., M.Y. Kwok, Y.M. Ong, Liew, H.P. and B.K. Yew. 2014. Effective Use of Synthetic Seed Technology in the Regeneration of *Dendrobium* White Fairy Orchid. J. Ornam. Hort. Plants, 4(1-7).
25. Standardi, A. and E. Piccioni. 1997. Rooting induction in encapsulated buds of M. 26 apple rootstock for synthetic seed. In Biology of root formation and development. Springer, Boston, MA. 309-313.
26. Vij, S., P. Kaur, and A. Gupta. 2001. Synseeds and their utility in orchids: *Dendrobium densiflorum* Lindl. Phytomorphol. 51: 159-165.

Effect of Temperature and Storage Duration on Germination Process of Encapsulated Protocorms of *Dactylorhiza umbrosa*

Z. Mahdavi, Sh. Dianati Daylami*, S. Aliniaefard and A. Fadavi¹

The extinction threatens some native orchids which has economic value. Artificial seed technology can prevent the extinction of these plants and can be suitable for producing and exporting of product. In this study, protocorms of *Dactylorhiza umbrosa* were encapsulated. The effects of three temperature treatments 4, 20, and 25°C were investigated during three periods 30, 60, and 90-days of artificial seed storage. Percentage of artificial seed germination during storage conditions, after storage, total percentage of germination and number of days required for germination incidence, were investigated. The highest germination percent during storage conditions was related to 90-days storage at 4 and 25 ° C, and the lowest obtained after 30 days at 4 ° C, which did not show any germination. The highest germination percentage of artificial seeds after storage and cultivation was observed in 60 days stored seeds at 4 ° C. The highest total percentage of germination was obtained after 60 and 90 days storage at 20 and 4 ° C, respectively. The highest number of days before germination incidence was observed after 60 days of storage. The best treatment for storage of artificial seeds was 4 ° C for 30 and 60 days, which showed the lowest percentage of germination during storage conditions and the highest percentage of germination after culturing.

Keywords: Artificial seed, Sodium alginate, In vitro culture, Orchid.

1. Former M.Sc. Student, Assistant Professors, Department of Horticultural Science and Associate Professor of Department of Food Technology, Aburaihan College, University of Tehran, Tehran, Iran, respectively.

* Corresponding author, Email: (dianati@ut.ac.ir).