Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 53, No 4, Winter 2023 (1003-1020)
DOI: 10.22059/ijhs.2022.338464.2002

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۱ (ص ۱۰۲۰-۱۰۰۳)

نشریه پژوهشی:

مقایسه تولید سوخک، افزایش اندازه و شکست خواب در چند رقم هیبرید تجاری لیلیوم در گلخانه

ملیحه فلاح‌پور[۱]، علیرضا قنبری[۲*]، پریسا کوباز[۳]، اسماعیل چمنی[۲] و پژمان آزادی[٤]
۱ و ۲. دانشجوی دکتری و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳ و ٤. استادیار و دانشیار، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی، سازمان تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۱۱/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/٦/۸)

چکیده

تشکیل ساقه گل‌دهنده در لیلیوم نیازمند تولید سوخک تجاری و شکست خواب آن می‌باشد. تحقیق حاضر در سه آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. آزمایش اول شامل ارزیابی اثر رقم و نفتالین استیک اسید (NAA) (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر نرخ سوخک‌زایی از فلس بود. در آزمایش دوم با هدف بررسی اثر بستر کشت و اندازه اولیه سوخک بر درصد تغییر اندازه سوخک طی کشت، سوخک‌ها از نظر محیط پیرامون در سه اندازه دسته‌بندی و در دو بستر پیت:پرلیت (۳۰:۷۰) و ماسه کشت شدند. در این دو آزمایش از شش هیبرید تجاری استفاده شد. در آزمایش سوم اثر اندازه سوخک و تیمارهای سرمادهی، گرمادهی و جیبرلیک اسید در شکست خواب سه رقم برتر بررسی شد. در آزمایش اول استفاده از NAA در سوخک‌زایی فلس‌ها اثر مثبت نداشته و بیشترین تعداد سوخک (٤/۱ سوخک به ازای هر فلس) توسط فلس‌های تیمار نشده با NAA در رقم 'Pinnacle'، تولید شده‌است. طبق نتایج آزمایش دوم، بزرگترین اندازه سوخک و بستر پیت:پرلیت بهترین نتایج را نشان دادند. در واقع بالاترین درصد تغییر محیط پیرامون (۹۹/۷ درصد) و بیشترین درصد تغییر وزن (۱۸۰/٥٦ درصد) در بزرگترین اندازه سوخک رقم 'Pinnacle' در بستر پیت:پرلیت دیده شد. طبق نتایج آزمایش سوم، بیش از ٦۰ درصد سوخک‌های تیمار شده با جیبرلیک اسید در ارقام 'Pinnacle' و 'Eyeliner' گلدهی داشته و بزرگترین غنچه (۸/٥۷ سانتی‌متر) توسط بزرگترین سوخک در 'Pinnacle' تولید شد. بنابراین می‌توان 'Pinnacle' و 'Eyeliner' را به‌عنوان ارقام مناسب برای تکثیر و جیبرلیک اسید را جایگزین سرمادهی جهت شکست خواب معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: **سرمادهی، فلس، لیلیوم، نفتالین استیک اسید.**

Comparison of Bulblet Production, Enlargement, and Dormancy Breaking in some Commercial hybrid *Lilium* Cultivars in greenhouse

Maliheh Fallahpour[1], Alireza Ghanbari[2*], Parisa Koobaz[3], Esmaeil Chamani[2] and Pejman Azadi[4]
1, 2. Ph.D. Student and Professor, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3, 4. Assistant Professor and Associate Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(Received: Feb. 7, 2022 - Accepted: Aug. 30, 2022)

ABSTRACT

The formation of a flowering stem in *Lilium* requires the production of commercial bulblet and its breaking dormancy. Three experiments, each as a completely randomized design based on a factorial experiment, were conducted. The first was to evaluate the effects of cultivar and naphthalene acetic acid (NAA) (100 mg/L) on bulblet production rate in scales. In the second, with the aim of investigating the effect of medium culture and bulblet size on bulblet size-changing percentage, bulblets were classified into three sizes according to circumference and weight, then cultivated in two peat:perlite (70:30) and sandy medium. Six commercial hybrids were used in these two experiments. In the third, the effect of bulblet size, chilling, heating, and gibberellic acid on dormancy breaking of the top three cultivars were investigated. In the first experiment, NAA did not have a positive effect on bulblet production, and the highest production rate (4.1 bulblets per scale) was seen in not treated scales with NAA in 'pinnacle'. According to the results of the second, the largest bulblet and peat:perlite medium showed the best results. The highest bulblet circumference-changing percentage (99.7%) and the highest weight-changing percentage (180.56%) were obtained in the largest size of 'Pinnacle' bulblet in peat:perlite medium. According to the results of the third, more than 60% of gibberellic acid-treated bulblets in 'Pinnacle' and 'Eyeliner' flowered, and the largest bud (8.57 cm) produced by the largest bulblet in 'Pinnacle'. Therefore, 'Pinnacle' and 'Eyeliner' were introduced as suitable cultivars for production and gibberellic acid as a chilling replacement for dormancy breaking.

Keywords: Bulb scale, Chilling, *Lilium*, Naphthalene acetic acid.

* Corresponding author E-mail: ghanbari66@yahoo.com

مقدمه

لیلیوم یکی از مهم‌ترین گل‌های دارای سوخ (Bulb) بوده که رتبه چهارم را در بین گل‌های شاخه بریده دنیا به خود اختصاص داده و به علت بزرگ و جذاب بودن گل، از نظر اقتصادی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. از بین گل‌های زینتی سوخ‌دار، هفت جنس لاله، لیلیوم، نرگس، گلایل، سنبل، زعفران زینتی و زنبق بیشترین میزان تولید و فروش را دارا هستند (Thakur *et al*., 2006; Van Tuyl & Arens, 2011; De Hertogh *et al*., 2012). سطح زیر کشت سوخ لیلیوم تا سال ۲۰۱۳ در سراسر دنیا بیش از ۵۰۰۰ هکتار بوده که ۸۰ درصد آن به کشور هلند تعلق داشته است (Arens *et al*., 2014). اما این مقدار تا سال ۲۰۲۱ به تنهایی در کشور هلند، تقریباً به ۵۸۰۰ هکتار رسیده و این در صورتی است که در طول این مدت از تعداد پرورش‌دهنگان سوخ این گیاه کاسته شده و این افزایش سطح زیر کشت به دلیل افزایش وسعت کشت هر تولیدکننده تا حدود ۱۳ هکتار می‌باشد (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2022). در ایران از سال‌های گذشته، سوخ لیلیوم از کشورهای تولیدکننده خریداری شده است. به‌طوری که میزان واردات آن در نیم‌سال اول ۱۳۸۴ به کشور برابر با ۱۲۰۴۴۱ یورو بوده است (Azadi, 2006). بدین ترتیب هر ساله علاوه‌بر خروج مبالغ بالایی ارز از کشور، تولیدکنندگان نیز مشکلات بسیاری را برای واردات متحمل می‌شوند و همچنین در کنار واردات سوخ لیلیوم به کشور، امکان ورود آفات و بیماری‌های قرنطینه‌ای نیز فراهم می‌گردد (Khosravi *et al*., 2008). سوخ لیلیوم از کنار هم قرار گرفتن چندین فلس گوشتی (Scale) بر روی یک صفحه پایگاهی شکل گرفته که ازدیاد لیلیوم به وسیله این فلس‌ها یکی از معمول‌ترین روش‌های تکثیر غیرجنسی در دنیا به شمار می‌رود (Anu, 2015). روش فلس‌برداری، سریع بوده و کم هزینه‌ترین روش تکثیر در لیلیوم محسوب می‌شود (Xiuting *et al*., 2020). استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نیز به‌طور وسیعی در تکثیر رویشی گیاهان زینتی سوخ‌دار کاربرد دارد (Hanks & Rees, 1977; Lestari *et al*., 2019; Kundu *et al*., 2021). در لیلیوم معمولا از نفتالین استیک اسید (NAA) در شکل‌گیری سوخک (Bulblet) از فلس و همچنین تولید ریشه استفاده می‌شود (Takayama & Misawa, 1979). چرا که NAA به‌عنوان هورمون اکسین سبب تحریک کشیدگی سلول و در نتیجه القاء ریشه‌زایی می‌گردد (Wattimena, 1991). آن‌چنان که طی تحقیقی در سال ۲۰۲۱ گزارش شده که ریزنمونه‌های درون شیشه‌ای لیلیوم که محیط کشت آن‌ها حاوی NAA نبوده، هیچ‌کدام قادر به تولید ریشه‌های سالم نبوده و تولید ریشه مناسب تنها در حضور اکسین NAA میسر شده است که این بیانگر نقش کلیدی این هورمون در تولید ریشه می‌باشد (Kundu *et al*., 2021). لیلیوم به‌عنوان یک گیاه مدل برای مطالعه در تغییر فاز رویشی سوخک به شمار می‌آید که طی این دوره سه فاز رشدی متمایز جوانی، بلوغ رویشی و فاز گلدهی دیده می‌شود. در گزارشات مختلف ذکر شده که در تغییر فاز از جوانی به بلوغ رویشی، تشکیل ساقه اصلی تحریک شده و در این دوره وزن سوخک مهم‌تر از سن فیزیولوژیکی آن بوده است. بدین صورت که سوخک‌های کوچک هرگز تشکیل ساقه اصلی نداده اما سوخک‌های بزرگ با وزن بالاتر تحت شرایط القایی اغلب ساقه اصلی تولید نموده‌اند (Taiz & Zeiger, 1998; Langens-Gerrits *et al*., 2003b). برای رسیدن سوخک به اندازه تجاری و با قابلیت گلدهی نیاز به سه فصل رشد می‌باشد که به ترتیب ابتدا سوخک فلسی، سپس سوخک یکساله و در فصل آخر، سوخ قابل پیش‌رسی (تجاری) تولید می‌گردد (Naseri & Ebrahimi, 1998; Padasht Dehkaei *et al*., 2006; Shafyii-Masouleh *et al*., 2010). قطر سوخک‌های فلسی وابسته به رقم بوده و بین ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متر می‌باشد. موضوع مهم دیگر در لیلیوم، خواب سوخ بوده که مانع از جوانه‌زنی آن می‌گردد. در سوخ‌های در حال خواب، هیچ تغییر ظاهری و یا رشدی نمایان نمی‌گردد اما رخدادهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی درونی همچون تمایزیابی گل و انگیزش ریشه صورت خواهد پذیرفت. در طی دوران خواب، شرایط محیطی عامل اصلی برای هدایت سوخ به سمت شکست خواب می‌باشد (Le Nard, 1983; Le Nard & De Hertogh, 1993). اکثر گونه‌های لیلیوم پس از تولید سوخک‌های یکساله، به یک دوره چند هفته‌ای سرمادهی در دمای پایین و غیر انجماد (دمای ۳ تا ۵ درجه سانتی‌گراد) که

به آن بهاره‌سازی (Vernalization) می‌گویند، نیاز دارند تا خواب آن‌ها برطرف شده و بتوانند سوخ‌هایی با توان جوانه‌زنی و گلدهی تولید نمایند. خواب در برخی از ژنوتیپ‌ها با یک دوره طولانی یا کوتاه سرمادهی می‌شکند که این امر وابسته به ژنوتیپ می‌باشد (Streck, 2002; Shafyii-Masouleh *et al*., 2010). به‌طور کلی از زمان کاشت سوخک‌های یکساله تا زمان برداشت سوخ‌های با قابلیت تولید گل، با توجه به رقم به شش تا هفت ماه زمان نیاز است. با کاربرد کوتاه مدت (۲۴ ساعت) جیبرلین به‌عنوان جایگزین سرما می‌توان جوانه‌زنی سریع را القا نمود (Niimi *et al*., 1988). طی آزمایشی در سال ۱۹۹۲ بیان شده که تیمار با جیبرلین ممکن است توسعه برگ‌ها را بعد از جوانه‌زنی به دنبال نداشته باشد و در نتیجه سوخک‌ها هم به خوبی رشد نکنند (Gerrits *et al*., 1992). در همین راستا در سال ۲۰۱۴، طی آزمایشی با بررسی اثر دمای پایین و کاربرد جیبرلیک اسید بر شکست خواب سوخک‌های کشت بافتی، گزارش شده که با افزایش غلظت جیبرلیک اسید نه تنها خواب سوخک‌ها شکسته شده بلکه سوخک‌های کشت شده در محیط حاوی بالاترین غلظت جیبرلین (۱ میلی‌گرم در لیتر)، بیشترین قطر سوخک، تعداد ریشه و برگ سبز را تولید کرده و همچنین بعد از انتقال این سوخک‌ها به خاک و سازگاری در گلخانه، رشد سوخک‌ها تأیید شده و تعداد برگ بیشتری نیز نسبت به سایر تیمارها تولید نموده‌اند (Mojtahedi *et al*., 2014). در برخی از ژنوتیپ‌ها همچون 'Snow Queen' خواب سوخ‌ها با یک تیمار گرمایی نیم ساعته در آب ۴۵ درجه سانتی‌گراد نیز خواهد شکست. این در حالی است که گرمادهی هیچ اثری در شکست خواب ژنوتیپ 'Star Gazer' نداشته است (Langens-Gerrits *et al*., 2001).

اغلب در گلخانه‌های بزرگ، سوخ‌های تجاری وارداتی تنها برای یک دوره گلدهی مورد استفاده قرار می‌گیرند که دلیل آن افت کمی و کیفی تولید گل در دوره‌های بعدی می‌باشد. در ایران تعداد محدودی از سوخ‌های کشت شده قبلی (سوخ‌های دست‌دوم) در مناطق مرتفع هم‌چون دماوند، کلاردشت و غیره کشت می‌شوند تا پس از زمستان‌گذرانی طبیعی مجدداً به گل روند. تاکنون از این سوخ‌ها در تکثیر استفاده نشده است و موفقیت در تولید سوخ با استفاده از سوخ‌های دست دوم می‌تواند نقش بسیار مهمی در کاهش هزینه‌های تولید داشته باشد. نتایج تحقیقات گذشته نشان داده که با جدا کردن فلس از سوخ‌های بزرگ قبل از دوره رویشی و کوچک شدن اندازه آن، شرایطی دقیقاً مشابه شرایط رشد اولیه برای سوخک فراهم می‌شود (Franssen & Voskens, 1997). در تحقیق حاضر امکان استفاده از سوخ‌های دست‌دوم به عنوان سوخک (با جداکردن فلس‌ها) در شرایط گلخانه برای اولین‌بار مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا، تأثیر رقم، اندازه اولیه سوخک و بستر کشت بر درصد تغییر اندازه محیط پیرامون و وزن سوخک سنجیده شده است. علاوه بر این، اثر سرمادهی، گرمادهی و جیبرلین در شکست خواب سه اندازه مختلف سوخک در سه رقم تجاری بررسی شد. هدف از این پژوهش، معرفی ارقام مناسب با نرخ سوخک‌زایی بالا و همچنین ارائه پروتکلی عملی برای تکثیر، افزایش اندازه و شکست خواب سوخک‌های لیلیوم می‌باشد تا بدین ترتیب بتوان در داخل کشور، سوخ‌هایی با اندازه مناسب جهت گلدهی تولید و تکثیر نمود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

سوخ‌های پنج رقم از هیبریدهای تجاری لیلیوم، با منشاء OT (Oriental × Trumpet) به نام‌های 'Abinas'، 'Flash point'، 'Pinnacle'، 'Candy club'، 'Pink place' و یک رقم با منشاء LA (Asiatic × *longiflorum*) به نام 'Eyeliner' به واسطه یکی از تولیدکنندگان گل لیلیوم در شهر محلات (واردکننده پیاز لیلیوم تجاری از کشور هلند) تهیه شد. این سوخ‌ها یک بار کشت شده و به مرحله گلدهی رسیده بودند. تحقیق حاضر، طی سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ در گلخانه تحقیقاتی با پوشش شیشه‌ای در پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی واقع در کرج انجام شده است. قبل از فلس‌برداری، جهت هم‌دمایی و اطمینان از عدم آلودگی قارچی، سوخ‌ها به مدت یک هفته در دمای گلخانه (۲۵ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد و پس از آن فلس‌های آلوده

و آسیب دیده خارجی حذف گردید (Guney *et al.*, 2017). سپس فلس‌ها و سوخک‌های سالم به منظور ضدعفونی سطحی به مدت نیم ساعت در جریان آب جاری قرار گرفتند و بعد از آن به مدت ۵ دقیقه در محلول قارچ‌کش کاپتان با غلظت ۲ گرم در لیتر غوطه‌ور شدند. پس از ضدعفونی، فلس‌ها و سوخک‌ها به مدت چهار تا شش ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در گلخانه قرار داده شد تا خشک شوند.

آزمون بررسی اثر رقم و NAA بر تولید سوخک‌های فلسی

به منظور بررسی اثر رقم، از شش رقم تجاری فوق‌الذکر استفاده شد. به علت یکنواخت و ایده‌آل بودن اندازه فلس‌های میانی (Marinangeli *et al.*, 2003)، تنها این فلس‌ها برای تولید سوخک مورد استفاده قرار گرفت. فلس‌های ضدعفونی شده در هر رقم در یک کیسه ضخیم سیاه رنگ حاوی مخلوط حجمی پیت:پرلیت (۷۰:۳۰) استریل کشت شد. بدین ترتیب که یک لایه از بستر کشت با ضخامت تقریبی ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر در پلاستیک ریخته و سپس ۲۰ عدد فلس با فاصله یکسان از یکدیگر روی آن قرار داده شد. به همین ترتیب، سه لایه از بستر کشت و در هر لایه ۲۰ عدد فلس قرار داده شد و در آخر، فلس‌های ردیف انتهایی نیز با یک لایه مخلوط پیت:پرلیت با ضخامت حدوداً ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری پوشانده شد. همچنین جهت بررسی اثر NAA بر نرخ سوخک‌زایی، با اندکی تغییر بر اساس سایز فلس مورد استفاده طبق روش استفاده شده توسط Guney *et al.* (2017)، به مدت ۳۰ دقیقه فلس‌ها در محلول NAA با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر غوطه‌ور گشته و سپس مشابه مرحله قبل در پلاستیک کشت داده شدند و به دنبال آن آبیاری انجام شد تا رطوبت ۸۰ درصدی تأمین گردد. در آخر، سر پلاستیک‌ها بسته شد و در گلخانه قرار گرفت و آبیاری آن‌ها به‌صورت مرتب کنترل می‌گردید. به این صورت که تقریباً هر پنج روز یک بار با باز کردن سر پلاستیک‌ها آبیاری انجام می‌شد. در هر پلاستیک ۱۰ تا ۱۵ سوراخ جهت هوادهی ایجاد شد. شش هفته پس از کشت فلس‌ها، برخی صفات همچون نرخ تکثیر سوخک از هر فلس، تعداد فلس در هر سوخک تولید شده، قطر و وزن تر سوخک، درصد ریشه‌زایی و تعداد ریشه تولید شده از سوخک‌ها، مورد ارزیابی قرار گرفت.

آزمون بررسی اثر رقم، اندازه اولیه سوخک و بستر کشت بر میزان تغییر محیط پیرامون و وزن سوخک طی فصل رشد

در این آزمایش سوخک‌های ضدعفونی شده شش رقم مذکور، از نظر محیط پیرامون و وزن در سه اندازه کوچک (اندازه ۱)، متوسط (اندازه ۲) و بزرگ (اندازه ۳) دسته‌بندی شدند تا اثر اندازه اولیه بر میزان تغییر اندازه سوخک‌ها طی کشت بررسی شود. با توجه به متفاوت بودن محیط پیرامون و وزن سوخک در ارقام مختلف، در هر رقم دسته‌بندی بر اساس اختلاف اندازه در همان رقم انجام شد و مختص همان رقم بود (جدول ۱). به عنوان نمونه، سوخک‌های دسته‌بندی شده در رقم 'Pinnacle' که یکی از ارقام با سوخک نسبتاً درشت بود، در شکل ۱ نشان داده شده است. در هر رقم، اثر دو بستر کشت پیت:پرلیت (۷۰:۳۰) و بستر ماسه‌ای بر میزان تغییر اندازه سوخک طی فصل رشد بررسی شد. پس از کشت سوخک‌های دسته‌بندی‌شده در جعبه‌های پلاستیکی با ابعاد تقریبی ۲۰×۵۰×۸۰ سانتی‌متر، جعبه‌های مربوطه در اوایل پاییز در هوای آزاد در شهر کرج با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی و میزان نور طبیعی قرار داده شد تا سرماگذرانی سوخک‌ها در شرایط طبیعی طی گردد. پس از گذشت سرما، دو هفته پس از سبز شدن اولین سوخک در فصل بهار، ارزیابی شاخص‌هایی همچون درصد جوانه‌زنی و درصد ریشه‌زایی سوخک‌ها، تعداد ریشه، درصد تغییر محیط پیرامون و درصد تغییر وزن سوخک‌ها با خارج کردن سوخک‌ها از بستر کشت صورت گرفت. میزان درصد تغییر محیط پیرامون سوخک‌ها طبق رابطه (۱) محاسبه گردید.

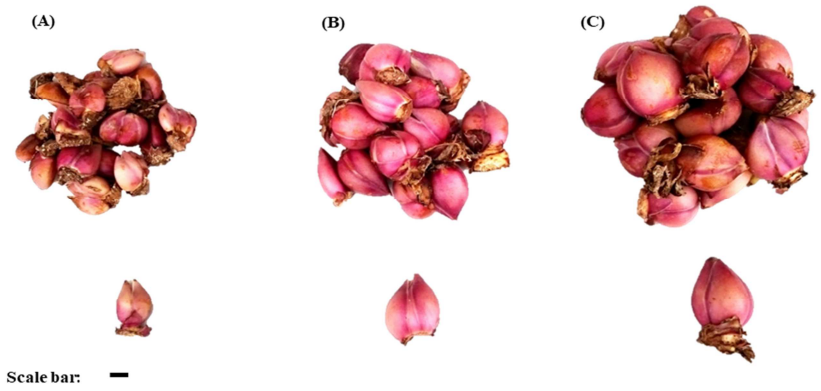
رابطه (۱)

$$\text{درصد تغییر محیط پیرامون سوختک} = \frac{\text{اندازه محیط پیرامون سوخک در هنگام کشت- اندازه محیط پیرامون سوخک بعد از سپری‌شدن فصل سرما}}{\text{اندازه محیط پیرامون سوخک در هنگام کشت}} \times ۱۰۰$$

جدول ۱. دسته‌بندی سوخک‌های ارقام مختلف لیلیوم بر اساس محیط پیرامون و وزن سوخک.

Table 1. Bulblets sorting of different cultivars of *Lilium* according to the bulblet circumference and weight.

Bulblet size	Cultivar	Bulblet circumference (mm)	Bulblet weight (mg)
Size 1	‘Abinas’	20-25	2000-3000
	‘Eyeliner’	15-20	500-1000
	‘Flash point’	15-20	1000-2000
	‘Pinnacle’	20-25	3000-4000
	‘Candy club’	20-25	3000-4000
	‘Pink place’	15-20	1000-2000
Size 2	‘Abinas’	40-45	3000-4000
	‘Eyeliner’	30-40	1500-2500
	‘Flash point’	30-40	2000-3000
	‘Pinnacle’	40-45	4000-5000
	‘Candy club’	40-45	4000-5000
	‘Pink place’	30-40	2000-3000
Size 3	‘Abinas’	60-65	4000-5000
	‘Eyeliner’	45-50	2500-3500
	‘Flash point’	45-50	3000-4000
	‘Pinnacle’	60-65	5000-6000
	‘Candy club’	60-65	5000-6000
	‘Pink place’	45-50	3000-4000



شکل ۱. سوخک‌های دسته‌بندی شده رقم ’Pinnacle‘: محیط پیرامون و وزن اندازه ۱: ۲۵-۲۰ میلی‌متر و ۴۰۰۰-۳۰۰۰ میلی‌گرم (A)، محیط پیرامون و وزن اندازه ۲: ۴۵-۴۰ میلی‌متر و ۵۰۰۰-۴۰۰۰ میلی‌گرم (B) و محیط پیرامون و وزن اندازه ۳: ۶۵-۶۰ میلی‌متر و ۶۰۰۰-۵۰۰۰ میلی‌گرم (C). خط مقیاس: ۱۰ میلی‌متر.

Figure1. The sorted bulblets of ‘Pinnacle’ cultivar: bulblet circumference and weight of size 1: 20-25 mm and 3000-4000 mg (A), bulblet circumference and weight of size 2: 40-45 mm and 4000-5000 mg (B), bulblet circumference and weight of size 3: 60-65 mm and 5000-6000 mg (C). Scale bar: 10 mm.

همچنین درصد تغییر وزن سوخک‌ها نیز با استفاده از رابطه (۱)، از طریق جای‌گذاری و محاسبه اختلاف وزن سوخک در هنگام کشت و بعد از سپری شدن فصل سرما تقسیم بر وزن سوخک در هنگام کشت، به‌صورت درصد محاسبه شد.

اثر رقم، اندازه سوخک و تیمارهای سرمادهی، گرمادهی و جیبرلیک اسید بر شکست خواب سوخک

با استفاده از نتایج مرحله قبل، سه رقمی که بیشترین افزایش وزن (یکی از مهم‌ترین عوامل به گل رفتن) را طی فصل رشد نشان داده بودند به‌عنوان ارقام برتر در این تحقیق در نظر گرفته شد و جهت اعمال تیمارهای شکست خواب انتخاب شدند. برای اعمال تیمارهای مورد نظر از سوخک‌های اندازه ۱، ۲ و ۳ در سه رقم ’Abinas‘، ’Eyeliner‘ و ’Pinnacle‘ استفاده شد. برای شکست خواب، تیمار سرمادهی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ هفته، تیمار گرمادهی به مدت ۱ ساعت در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد و تیمار

جیبرلیک اسید با غلظت ۰/۱ گرم در لیتر به مدت ۱۵ دقیقه غوطه‌وری سوخک‌ها، هرکدام به صورت جداگانه اعمال شد. پس از اعمال تیمارها، کشت سوخک‌ها در گلخانه در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر حاوی بستر کشت پیت:پرلیت (۷۰:۳۰) انجام شد. درصد جوانه‌زنی سوخک‌ها دو ماه پس از کشت مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین چهار ماه پس از جوانه‌زنی سوخک‌ها، درصد تولید ساقه اصلی و همچنین درصد گلدهی و طول غنچه در هر سه رقم بررسی شد. شرایط دمایی برای همه تیمارهای قرار گرفته در گلخانه یکسان و برابر با ۲۵ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در طول روز و شب بود. همچنین شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و رطوبت نسبی هوا در گلخانه برابر با ۶۰ درصد در نظر گرفته شد.

طرح آماری

آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار و هر تکرار با ۲۰ فلس در آزمایش سوخک‌زایی، سه تکرار و در هر تکرار ۶ سوخک (۱۸ سوخک برای هر اندازه) در مرحله افزایش اندازه سوخک و شکست خواب انجام شد. تجزیه واریانس داده‌های به دست آمده در مراحل مختلف آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SPSS.24 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. کلیه نمودارها توسط نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

اثر متقابل رقم و NAA بر تولید سوخک از فلس و شاخص‌های سوخک‌های باززایی شده در ارقام لیلیوم

نتایج آماری نشان داد که رقم و NAA به صورت متقابل بر درصد فلس‌های پوسیده و از بین رفته و همچنین درصد فلس‌های باززاشده اثر معنی‌دار داشته‌اند (جدول ۲). بیشترین میزان پوسیدگی در رقم 'Flash point' در فلس‌های تیمار شده با NAA با مقدار ۹۱/۶۷ درصد دیده شد. مقاوم‌ترین فلس‌ها نسبت به پوسیدگی مربوط به فلس‌های تیمار نشده با NAA در دو رقم 'Pinnacle' و 'Eyeliner' بود که البته فلس‌های تیمار شده با NAA در این ارقام نیز به ترتیب حدود ۶۳/۳۳ و ۵۱/۶۷ درصد دچار پوسیدگی شدند (جدول ۲). طی آزمایشی با بررسی اثر NAA، بنزیل‌آدنین (BA) و جیبرلیک اسید (GA_3) بر تکثیر *Lilium davidii* var. *unicolor* از طریق فلس، نشان داده شده که NAA نه تنها اثر منفی بر تکثیر سوخک از فلس داشته بلکه در فلس‌های تیمار شده با این تنظیم‌کننده رشد، شیوع قابل توجهی از پوسیدگی دیده شده است. بنابراین برای استفاده از NAA در تکثیر لیلیوم از طریق فلس، نیاز به احتیاط بسیار زیادی است و غلظت مورد استفاده بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Xiuting *et al*., 2020). در مطالعه‌ای دیگر نیز درصد بالایی از پوسیدگی در فلس‌های تیمار شده با NAA در لیلیوم گزارش شده است (Liu *et al*., 2006) که این گزارشات، تأییدکننده یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد.

بررسی حاضر نشان داد که درصد باززایی فلس‌ها وابسته به رقم بوده و سه رقم 'Pinnacle'، 'Eyeliner' و 'Candy club' که با NAA تیمار نشده بودند، با ۱۰۰ درصد باززایی بالاترین میزان باززایی را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). در گزارشات قبلی نیز وابستگی تکثیر سوخ لیلیوم با استفاده از فلس به گونه و رقم بیان شده است (Naseri & Ebrahimi, 1998; Padasht Dehkaei *et al*., 2006). کاربرد NAA در تمامی ارقام اثر منفی نشان داد و در فلس‌های رقم 'Flash point' که با NAA تیمار شده بودند، هیچ باززایی دیده نشد. با توجه به مشاهدات Zhang *et al*. (2013)، استفاده از GA_3، ایندول بوتریتیک اسید (IBA) و NAA هیچ تأثیر سودمندی در تکثیر *Hippeastrum vittatum* از فلس و توسعه سوخک نداشته است که نتایج این گزارش با یافته‌های تحقیق حاضر هم‌راستا می‌باشد. همچنین بررسی تعداد سوخک تولید شده از هر فلس به‌عنوان نرخ سوخک‌زایی در نظر گرفته شد که تحت تأثیر رقم بود و استفاده از NAA نتوانست سبب افزایش این میزان شود. بالاترین تعداد سوخک تولید شده، در رقم 'Pinnacle' در فلس‌های تیمار نشده با NAA با

میانگین ۴/۱ سوخک به ازای هر فلس کشت شده به دست آمد (جدول ۲). هم‌راستا با یافته‌های تحقیق حاضر، نتایج به دست آمده از آزمایشی در چند رقم لیلیوم نشان داده که کاربرد NAA به تنهایی بر تعداد سوخک تولید شده از فلس‌های لیلیوم اثر معنی‌داری نداشته است (Fathi & Attiya, 2017). جهت مقایسه نرخ تکثیر در روش فلس‌برداری با روش کشت بافتی می‌توان اینطور بیان نمود که هرچند ممکن است در روش کشت بافتی، تعداد سوخک بیشتری از هر فلس (بسته به رقم و شرایط کشت) تولید گردد اما اندازه سوخک‌های تولید شده در این روش بسیار کوچک بوده و زمان طولانی‌تر و همچنین هزینه‌های بعدی بسیاری برای افزایش اندازه سوخک‌ها تا رسیدن به سوخ با قابلیت پیش‌رسی نیاز است که تنها با هدف تکثیر و نداشتن اهداف اصلاحی، از نظر تجاری توجیه شده نمی‌باشد. با مقایسه یافته‌های تحقیقات مختلف در تولید و تکثیر سوخک لیلیوم در شرایط درون شیشه‌ای (*in vitro*) و گلخانه‌ای توسط Shafiei-Masouleh (2019)، نتایجی در همین راستا گزارش شده است.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اثر متقابل رقم و NAA بر تعداد فلس در هر سوخک تولید شده نیز معنادار بوده و بیشترین تعداد فلس با میانگین ۶ فلس در هر سوخک، حاصل از فلس تیمار نشده با NAA در رقم 'Abinas' مشاهده شد. تعداد فلس در رقم 'Pinnacle' برابر با ۵ بود که در جایگاه دوم قرار گرفت (جدول ۲). بررسی اثر متقابل رقم و NAA بر اندازه محیط پیرامون سوخک نیز نشان داد که استفاده از NAA تأثیر افزایشی بر محیط سوخک‌های تولید شده از فلس نداشته و سوخک‌های تولید شده از فلس‌های تیمار نشده با NAA، محیط بیشتری داشته و بالاترین محیط مربوط به رقم 'Candy club' با اندازه تقریبی ۴۶ میلی‌متر بوده است (جدول ۲). وزن سوخک‌های تولید شده از فلس نیز تحت تأثیر اثر متقابل رقم و NAA بود. با وجود اینکه سوخک‌های رقم 'Pinnacle' از نظر محیط پیرامون، بزرگ‌ترین سوخک‌ها نبودند اما بیشترین وزن با مقدار ۲۲۴۵/۴۳ میلی‌گرم، متعلق به سوخک‌های حاصل از فلس‌های تیمار نشده با NAA در همین رقم بود که دلیل آن فشردگی و متراکم بودن فلس‌ها در سوخک‌های این رقم می‌باشد. میانگین وزن سوخک‌های تولید شده از فلس‌های تیمار شده با NAA در همین رقم برابر با ۳۸۲/۴۹ میلی‌گرم به دست آمد. در میان فلس‌های تیمار نشده با NAA، کم‌ترین وزن در سوخک‌های حاصل از رقم 'Flash point' دیده شد که برابر با ۶۷۶/۶۰ میلی‌گرم بود (جدول ۲). در بررسی اثر کاربرد NAA و BA به تنهایی و در ترکیب با یکدیگر بر وزن سوخک‌های تولید شده از فلس در لیلیوم نشان داده شده که هر یک از این دو تنظیم‌کننده رشد به تنهایی اثر معنی‌داری بر وزن سوخک‌های تولید شده نداشته که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد (Fathi & Attiya, 2017).

در نهایت، بررسی میزان ریشه‌زایی در سوخک‌های حاصل از فلس‌ها (فلس‌های تیمار شده و تیمار نشده با NAA) نشان داد که ریشه‌زایی ۱۰۰ درصدی در تمام سوخک‌های حاصل از فلس‌های هر دو تیمار، صورت گرفته و اختلاف معنی‌داری بین درصد ریشه‌زایی دیده نشده است. اما تعداد ریشه در سوخک‌های تولید شده از فلس‌های تیمار نشده با NAA با اختلافی معنادار بیش از سوخک‌های حاصل از فلس‌های تیمار شده با NAA بوده است و بالاترین تعداد ریشه (حدود ۵-۴ ریشه) در ارقام 'Pinnacle'، 'Candy club' و 'Eyeliner' دیده شد (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل رقم و NAA بر تولید سوخک از فلس و شاخص‌های سوخک‌های باززایی شده در جدول ۳ نشان داده شده است. در آزمایشی که از غلظت‌های مختلف NAA برای ریشه‌زایی قلمه‌های رز استفاده شده بود، نتایج حاکی از عدم اثربخشی مثبت NAA بر درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها بوده است (Ranjbar & Ahmadi, 2016) که نتایج تحقیق حاضر را تأیید می‌نماید. محققان پس از بررسی اثر NAA با غلظت ۰/۲ تا ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر بر ریشه‌زایی فلس‌های درون شیشه‌ای لیلیوم، اعلام نمودند که بیشترین تعداد ریشه شکل‌گرفته (۳/۱) مربوط به فلس‌های کشت شده در محیط کشت حاوی ۱ میلی‌گرم در لیتر NAA بوده است (Huong *et al*., 2017) که این نتیجه

با یافته‌های آزمایش حاضر هم‌سو نمی‌باشد که دلیل این اختلاف ممکن است به علت تفاوت شرایط آزمایش و یا اختلاف در غلظت NAA به کار رفته و همچنین اثر رقم باشد. همچنین در تحقیقی دیگر بر روی گیاه آنتوریوم آندرانوم رقم صورتی، استفاده از NAA بر ریشه‌زایی درون‌شیشه‌ای اثر مثبت داشته و بیشترین میانگین شمار ریشه (۱۲/۸۹ عدد در گیاه) در بالاترین غلظت (۱۲/۸۹ میلی‌گرم بر لیتر NAA) به کار رفته حاصل شده است (Aelaei *et al*., 2017) که این عدم هم‌سویی با نتایج تحقیق حاضر، ممکن است به دلیل اثر متفاوت تنظیم‌کننده‌های رشد در گیاهان مختلف باشد.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر NAA و رقم بر تولید سوخک از فلس و برخی صفات سوخک‌های باززایی شده در ارقام لیلیوم.

Table 2. Mean comparison of NAA and cultivar effects on bulblet production from bulb scale and some traits of regenerated bulblets in lily cultivars.

Treatment	Cultivar	Rotten bulb scales (%)	Regeneration bulb scales (%)	Bulblet number per bulb scale	Scale number in produced bulblet	Bulblet circumference (mm)	Bulblet weight (mg)	Root number
Without NAA	‘Abinas’	8.33±4.41^{e}	63.33±1.67^{c}	3.00±0.00^{b}	6.00±0.00^{a}	40.87±0.59^{b}	1031.15±90.03^{c}	3.00±0.00^{b}
	‘Eyeliner’	0.00±0.00^{f}	100.00±0.00^{a}	2.00±0.00^{c}	4.00±0.00^{c}	32.71±1.25^{d}	756.60±5.08^{d}	4.33±0.33^{a}
	‘Flash point’	75.00±2.89^{b}	18.33±1.67^{e}	1.60±0.06^{d}	3.33±0.33^{d}	24.17±0.44^{g}	676.60±2.87^{d}	2.33±0.33^{b}
	‘Pinnacle’	0.00±0.00^{f}	100.00±0.00^{a}	4.10±0.06^{a}	5.00±0.00^{b}	39.63±0.37^{b}	2245.43±24.00^{a}	4.67±0.33^{a}
	‘Candy club’	58.33±1.67^{c}	100.00±0.00^{a}	2.00±0.00^{c}	4.67±0.33^{b}	45.89±0.06^{a}	2069.25±34.17^{b}	4.67±0.33^{a}
	‘Pink place’	6.67±1.67^{e}	85.00±2.89^{b}	2.02±0.04^{c}	4.00±0.00^{c}	26.39±0.20^{ef}	1080.74±1.33^{c}	4.67±0.33^{a}
With NAA	‘Abinas’	70.00±0.00^{b}	10.00±0.00^{f}	1.00±0.00^{f}	5.00±0.00^{b}	25.53±1.35^{fg}	519.76±4.06^{a}	2.67±0.33^{b}
	‘Eyeliner’	51.67±1.67^{d}	41.67±1.67^{d}	1.00±0.00^{f}	4.00±0.00^{c}	23.77±0.15^{g}	492.83±0.15^{e}	1.33±0.33^{c}
	‘Flash point’	91.67±1.67^{a}	0.00±0.00^{h}	ND	ND	ND	ND	ND
	‘Pinnacle’	63.33±1.67^{c}	18.33±1.67^{e}	1.43±0.00^{e}	3.67±0.33^{cd}	36.80±0.44^{c}	382.49±2.09^{f}	2.33±0.33^{b}
	‘Candy club’	71.67±1.67^{b}	8.33±1.67^{fg}	1.00±0.00^{f}	4.00±0.00^{c}	28.11±0.11^{e}	387.51±3.95^{f}	2.33±0.33^{b}
	‘Pink place’	46.67±1.67^{d}	5.00±0.00^{g}	1.00±0.00^{f}	4.00±0.00^{c}	5.25±0.04^{h}	369.71±2.95^{f}	2.33±0.33^{b}

میانگین‌ها در هر ستون ± خطای استاندارد ۳ تکرار می‌باشد. در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

The values in each column represent means ± standard error of three replicates. In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5% probability level.

ND (Not detected): عدم شناسایی

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و NAA بر تولید سوخک از فلس و برخی شاخص‌های سوخک‌های باززایی شده در ارقام لیلیوم.

Table 3. Results of variance analysis of cultivar and NAA effects on bulblet production from bulb scale and some traits of regenerated bulblets in lily cultivars.

Source of variation	df	Mean of squares						
		Rotten bulb scales (%)	Regeneration bulb scales (%)	Bulblet number per bulb scale	Scale number in produced bulblet	Bulblet circumference (mm)	Bulblet weight (mg)	Root number
Cultivar	5	3341.111**	2761.667**	1.993**	2.820**	479.230**	763317.379**	2.509**
NAA	1	15211.111**	36736.111**	17.710**	2.700**	1308.120**	7592885.825**	32.033**
Cultivar × NAA	5	719.444**	1069.444**	0.877**	0.533**	80.290**	777566.954**	1.533**
Error	24	11.806	5.556	0.004	0.091	1.179	2702.867	0.303
C.V. (%)		0.57	0.80	0.52	0.18	0.36	0.71	0.40

**: Significant difference at 1% of probability level.

**: تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

اثر رقم، اندازه اولیه سوخک و بستر کشت بر جوانه‌زنی، ریشه‌دهی، تغییر محیط پیرامون و وزن سوخک طی فصل رشد

نتایج آماری نشان داد که اثر متقابل رقم، اندازه اولیه سوخک و بستر کشت بر درصد جوانه‌زنی، ریشه‌زایی و تعداد ریشه سوخک‌ها معنی‌دار بوده است (جدول ۴). بالاترین درصد جوانه‌زنی در سوخک‌های اندازه ۳ کشت شده در بستر پیت:پرلیت در رقم 'Pinnacle' با میزان ۱۰۰ درصد به دست آمد. درصد جوانه‌زنی در سوخک‌های اندازه ۳ همین رقم در بستر ماسه‌ای تقریباً برابر با ۶۴ درصد بود (شکل A-۲). برهم‌کنش رقم، اندازه اولیه سوخک و بستر کشت بر درصد ریشه‌زایی سوخک‌ها اثر معنی‌دار نشان داد (جدول ۴). سوخک‌های اندازه ۱ در بستر ماسه‌ای در هیچ یک از ارقام کشت شده، ریشه‌دار نشدند. سوخک‌های اندازه ۲ کشت شده در بستر ماسه، تنها در دو رقم 'Abinas' و 'Eyeliner' به ترتیب با ۵۸/۳۳ و ۲۷/۷۸ درصد، موفق به تولید ریشه شدند. ریشه‌زایی سوخک‌های اندازه ۳ در بستر ماسه، تنها در ارقام 'Eyeliner'، 'Abinas' و 'Pinnacle' به ترتیب با ۱۰۰، ۶۷ و ۲۴ درصد ریشه‌زایی دیده شد. سوخک‌های اندازه ۲ کشت شده در بستر پیت:پرلیت بیش از ۸۰ درصد ریشه‌زایی نشان دادند. در هر شش رقم، میزان ریشه‌زایی سوخک اندازه ۳ که در بستر پیت:پرلیت قرار گرفته بود، ۱۰۰ درصد بود (شکل ۲: B). تعداد ریشه نیز تحت تأثیر برهم‌کنش رقم، اندازه اولیه سوخک و بستر کشت بود (جدول ۴). بیشترین تعداد ریشه، در بستر پیت:پرلیت در سوخک‌های اندازه ۳ و ۲ رقم 'Pinnacle' به ترتیب با میزان ۷/۷ و ۷/۳ دیده شد (شکل ۲: C).

سوخ‌های لیلیوم با اندازه‌های مختلف، پس از کشت در زمین و یا گلخانه طیف وسیعی از تفاوت را از لحاظ پتانسیل نسبی رشد و باروری نشان می‌دهند، چرا که عامل تعیین‌کننده رشد پس از کشت، وزن اولیه سوخ می‌باشد و سوخک‌های بزرگتر با سرعت بیشتری جوانه‌زنی می‌کنند (Langens-Gerrits *et al*., 1996; Kumar *et al*., 2001) که این گزارشات، نتایج تحقیق حاضر را تأیید می‌نمایند.

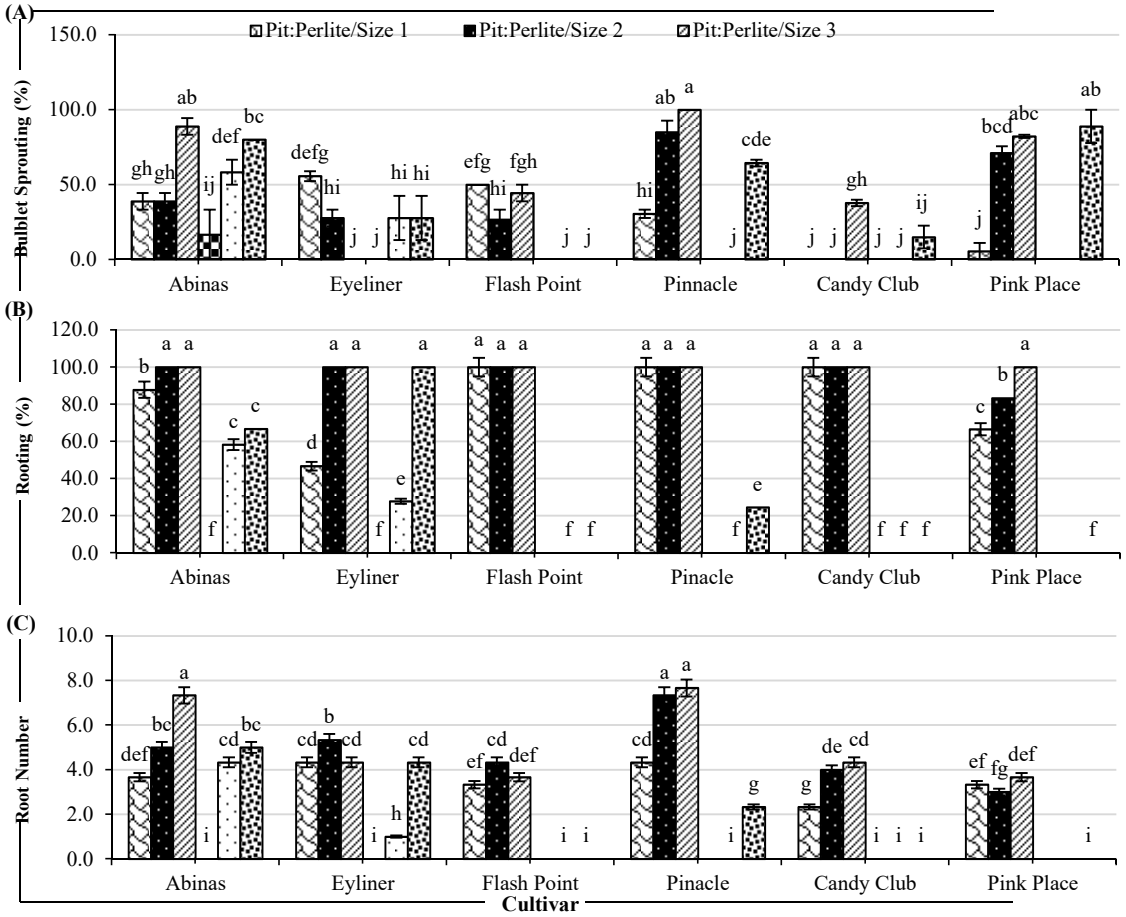
پس از خارج‌کردن سوخک‌ها از بستر کشت، محیط پیرامون آن‌ها اندازه‌گیری و با اندازه اولیه مورد مقایسه قرار گرفت و میزان درصد تغییر محیط پیرامون آن‌ها محاسبه گردید. نتایج آزمایش نشان داد که اثر متقابل رقم، اندازه اولیه سوخک و بستر کشت بر درصد تغییر محیط پیرامون سوخک معنی‌دار بوده و بیشترین میزان تغییر در هر دو محیط پیت:پرلیت و ماسه، در سوخک‌های اندازه ۳ دیده شد. بیشترین درصد تغییر محیط پیرامون در سوخک اندازه ۳ کشت شده در بستر پیت:پرلیت در رقم 'Pinnacle' دیده شد که برابر با ۹۹/۶۷ درصد بوده است. از بین سوخک‌های اندازه ۳ کشت‌شده در محیط پیت:پرلیت، پایین‌ترین درصد تغییر محیط در رقم 'Flash point' با ۱۸/۸۸ درصد تغییر، دیده شد (شکل ۳: A). همچنین، نتایج نشان داد که درصد تغییر وزن سوخک‌ها پس از دو ماه، تحت تأثیر برهم‌کنش رقم، اندازه اولیه سوخک و بستر کشت بوده و بیشترین تغییر وزن در سوخک‌های اندازه ۳ دیده شده است. این تغییر در سوخک‌های قرار گرفته در محیط پیت:پرلیت نسبت به سوخک‌های رشد یافته در بستر ماسه‌ای، بیشتر بوده است.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اثر رقم، محیط کشت و اندازه سوخک بر برخی صفات سوخک در ارقام لیلیوم.

Table 4. Results of variance analysis of cultivar, medium culture, and bulblet size effects on some traits of bulblet in lily cultivars.

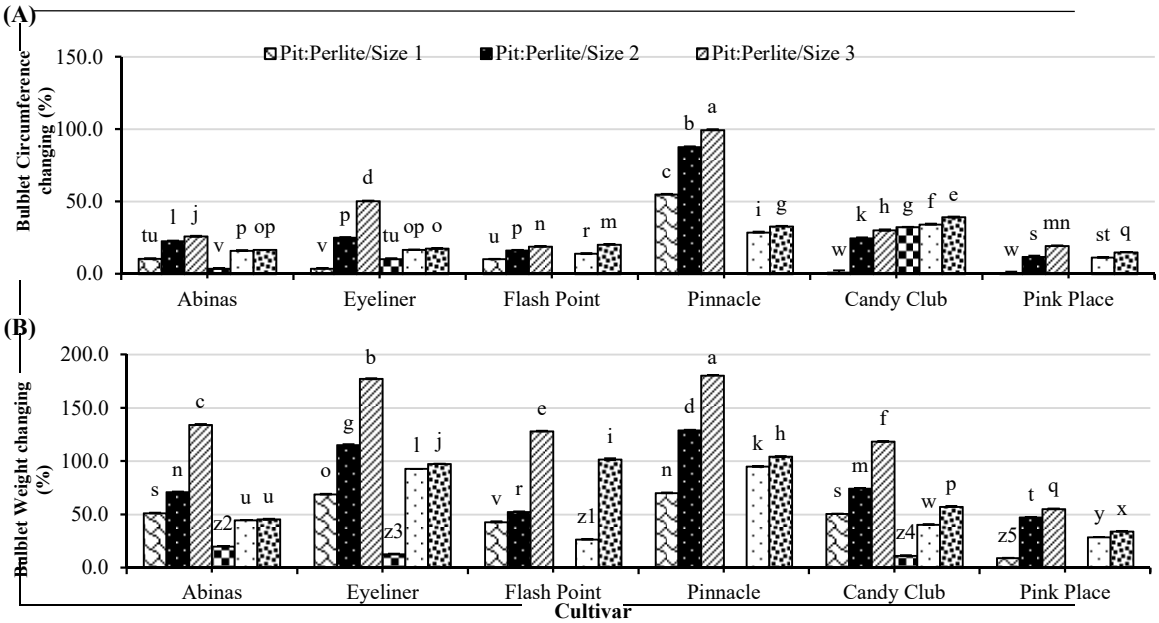
Sources of variation	df	Mean of squares		
		Bulblet sprouting (%)	Bulblet rooting (%)	Root number
Cultivar	5	5648.243**	2097.596**	21.369**
Medium culture	1	8628.018**	122172.131**	273.158**
Bulblet size	2	9180.964**	6485.063**	32.506**
Cultivar × Medium culture	5	2173.075**	3129.363**	7.207**
Cultivar × Bulblet size	10	2364.284**	1153.569**	3.486**
Bulblet size × Medium culture	2	1257.100**	1443.624**	2.917**
Cultivar × Bulblet size × Medium culture	6	1164.986**	694.042**	4.417**
Error	64	121.767	42.882	0.219
C.V. (%)		0.69	0.95	0.98

**: Significant difference at 1% of probability level. **: تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر رقم، بستر کشت و اندازه سوخک بر درصد جوانه‌زنی (A)، درصد ریشه‌زایی (B) و تعداد ریشه سوخک (C).

Figure 2. Means comparison of the effects of cultivar, medium culture, and bulblet size on bulblet sprouting percentage (A), rooting percentage (B), and root number (C).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر رقم، بستر کشت و اندازه سوخک بر درصد تغییر محیط پیرامون (A) و درصد تغییر وزن سوخک (B).

Figure 3. Means comparison of th effects of cultivar, medium culture, and bulblet size on bulblet circumference changing percentage (A) and weight changing percentage (B).

دو رقم 'Pinnacle' و 'Eyeliner' به ترتیب با ۱۸۰/۵۶ و ۱۷۷/۴۶ درصد تغییر وزن، به ترتیب در جایگاه اول و دوم قرار گرفتند (شکل ۳: B). دو عامل اصلی مؤثر بر رشد سوخک، یکی مرحله نموی و دیگری اندازه سوخک می‌باشد. محققین گزارش کرده‌اند که سوخک‌های بالغ نسبت به جوان‌ترها و سوخک‌های بزرگتر نسبت به کوچکتر، با سرعت بیشتری رشد می‌یابند، به این ترتیب که سوخک‌های بالغ حدوداً دو برابر سریع‌تر از سوخک‌های جوان هم‌وزن خود رشد می‌کنند (Langens-Gerrits *et al*. 2003a; Langens-Gerrits *et al*., 2003c). در آزمایشی دیگر که میزان افزایش وزن سوخ‌های لیلیوم با اندازه‌های مختلف را پس از سپری شدن فصل رشد بررسی نموده است، گزارش شده که همبستگی مثبت بالایی بین وزن اولیه سوخ در هنگام کشت و وزن سوخ بعد از سپری شدن فصل رشد وجود داشته است (Islam *et al*., 2017) همچنین، وزن سوخک عامل بسیار مهم و تأثیرگذاری در تعیین تغییر فاز سوخک می‌باشد، چنانکه در سوخک‌های بزرگ نسبت به کوچکترها که در شرایط یکسان کشت شده‌اند، اغلب توسعه ساقه اصلی رخ می‌دهد (Langens-Gerrits *et al*., 2003a). در لاله‌های با سوخ بزرگ همراه با رشد رویشی، حدود ۴۰ درصد از ماده خشک موجود در سوخ به اندام‌های رویشی منتقل می‌شود درحالی‌که این میزان در سوخک‌های کوچک‌تر، ۸۰ درصد وزن خشک آن‌هاست که به دنبال آن سبب کاهش ذخیره فلس‌های سوخک می‌گردد. به همین دلیل است که سوخ‌های بزرگتر اندوخته غذایی بیشتری داشته و گل‌های بزرگتری نیز تولید می‌نمایند (Franssen & Voskens, 1997). در تمامی صفات ارزیابی شده، اثر بستر کشت معنی‌دار بود و بستر پیت:پرلیت نسبت به بستر ماسه‌ای مناسب‌تر عمل کرده است. به نظر می‌رسد که دلیل آن قابلیت جذب آب و در نتیجه جذب مواد معدنی و همچنین نفوذپذیری بیشتر هوا در بستر پیت:پرلیت باشد. از سویی دیگر بستر ماسه‌ای فاقد مواد غذایی بوده و نمی‌تواند در افزایش اندازه سوخک‌ها نقش بسزایی ایفا کند. در گلکاری معمولا از یک ماده به‌عنوان بستر کشت استفاده نمی‌شود و اغلب ترکیب موادی همچون خاک، پیت، پرلیت و ماسه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Tinus & McDonald, 1979; Awang *et al*., 2009).

اثر رقم و تیمارهای سرمادهی، گرمادهی و جیبرلیک اسید بر شکست خواب سوخک، جوانه‌زنی، گلدهی و اندازه غنچه

در این مرحله از آزمایش سه تیمار شکست خواب در سوخک‌های سه رقم 'Pinnacle'، 'Eyeliner' و 'Abinas' در سه اندازه ۱، ۲ و ۳ اعمال و سپس سوخک‌ها در بستر پیت:پرلیت کشت داده شد. پس از گذشت دو ماه، درصد جوانه‌زنی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آماری نشان داد که اثر متقابل رقم، اندازه سوخک و تیمارهای شکست خواب بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بوده است (جدول ۵). بالاترین درصد جوانه‌زنی در سوخک اندازه ۳ در دو رقم 'Pinnacle' و 'Eyeliner' که خواب آن‌ها با جیبرلیک اسید شکسته شده بود، دیده شد که بیش از ۷۰ درصد جوانه‌زنی نشان دادند (شکل A-۴). پس از جوانه‌زنی سوخک‌ها، برخی ساقه اصلی برون خاکی و برخی دیگر برگ‌های طوقه‌ای از فلس تولید نمودند (شکل A, B-۵). نتایج آماری نشان داد که در شکل‌گیری ساقه اصلی، اثر متقابل رقم، اندازه سوخک و تیمار شکست خواب معنی‌دار بوده است (جدول ۵). به‌طورکلی تمامی سوخک‌های رقم 'Pinnacle' که جوانه‌زنی نشان داده بودند، همگی ساقه اصلی تولید نمودند. در رقم 'Eyeliner' نیز سوخک‌های اندازه ۳ در هر سه تیمار شکست خواب، ۱۰۰ درصد ساقه اصلی تشکیل دادند. در رقم 'Abinas' سوخک‌های اندازه ۳ تیمار شده با جیبرلیک اسید، ۱۰۰ درصد ساقه اصلی تولید نمودند اما سوخک‌های اندازه ۲ در همین رقم که با جیبرلیک اسید تیمار شده بودند، تنها ۳۳/۳۳ درصد ساقه اصلی تولید کردند (شکل B-۴). به‌طور کلی هرچه سوخک اندازه بزرگتری داشته، درصد تولید ساقه اصلی نیز بالاتر بوده است. طی گزارشی در سال ۲۰۱۷ اعلام شده که آنچه بر نرخ زنده‌مانی سوخک‌ها در فصل دوم بعد از سرمادهی بیش از هر چیزی اثرگذار می‌باشد، اندازه سوخک است. بدین صورت که سوخک‌های سنگین‌تر نرخ زنده‌مانی بالاتری را نشان داده و پس از

جوانه‌زنی نیز ارتفاع گیاه و تعداد برگ آن‌ها نیز بیشتر خواهد بود (Huong *et al*., 2017).

درصد گلدهی نیز متأثر از برهم‌کنش رقم، اندازه سوخک و تیمار شکست خواب بود. سوخک‌های اندازه ۱ و ۲ در هیچ یک از سه رقم گلدهی نشان ندادند. در دو رقم 'Pinnacle' و 'Eyeliner'، ۶۱/۱۱ درصد سوخک‌های اندازه ۳ که خواب آن‌ها با جیبرلیک اسید شکسته شده بود به گل رفتند. میزان گلدهی اندازه ۳ که خواب آن‌ها با سرمادهی شکسته شده بود در ارقام 'Pinnacle' و 'Eyeliner' به ترتیب برابر با حدود ۵۷ و ۳۱ درصد بود (شکل ۶: A). گل‌های باز شده این دو رقم نیز در شکل ۵: C و D نشان داده شده است. برهم‌کنش رقم، اندازه سوخک و تیمارهای شکست خواب بر اندازه غنچه‌های تولید شده نیز اثر معنی‌دار نشان داد. بزرگترین اندازه غنچه برابر با ۸/۵۷ سانتی‌متر بود که از سوخک‌های اندازه ۳ رقم 'Pinnacle' که خواب آن‌ها با جیبرلیک اسید شکسته شده بود حاصل شد. در همین رقم، اندازه غنچه حاصل از سوخک با اندازه ۳ که خواب آن با سرمادهی شکسته شده بود برابر با ۷/۷ سانتی‌متر بود. در رقم 'Eyeliner'، بزرگترین اندازه غنچه (۷/۱۸ سانتی‌متر) از سوخک اندازه ۳ که خواب آن توسط جیبرلیک اسید شکسته شده بود، رشد یافت (شکل۶: B). طول غنچه‌های تولید شده در این پژوهش کمی کوچکتر از اندازه (بسته به رقم بین ۹/۵ تا ۱۰/۵ سانتی‌متر) غنچه‌های رقم تجاری لیلیوم بود که برای تولید گل‌های با کیفیت‌تر و با اندازه تجاری می‌توان پس از رؤیت غنچه‌ها، آن‌ها را حذف نمود تا ذخیره سوخ صرف گلدهی نشود و با ذخیره کربوهیدرات در سوخ‌ها وزن و اندازه آن‌ها افزایش یافته و در کشت بعدی، گل بزرگتر تولید نمایند. هم‌راستا با نتایج تحقیق حاضر، طی گزارشی در گل داوودی نیز بیشترین تعداد گل، قطر و وزن خشک گل مربوط به بیشترین غلظت جیبرلین (۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بوده است (Zarin *et al*., 2019). علاوه بر اندازه سوخ، تغذیه مناسب عامل بسیار مهم دیگری برای داشتن گل بزرگتر می‌باشد که نیاز گیاه به عناصر مختلف بستگی به رقم و مرحله رشدی گیاه دارد (Al-Ajlouni*et al*., 2017; Kumar *et al*., 2018; Heidari *et al*., 2021). اندازه مناسب سوخ علاوه بر این که در تغییر فاز گیاه از رویشی به گلدهی نیاز است، بلکه همبستگی مثبتی بین اندازه سوخ و کیفیت گل نیز وجود داشته است (Han *et al*., 1991). به‌عنوان مثال، هیبریدهای *Lilium* Oriental و *Leucocoryne* با افزایش وزن سوخ، گل‌های ممتاز تولید خواهند نمود (Kim *et al*., 2013). نتایج تحقیقی در سال ۲۰۰۳، همبستگی شدیدی بین اندازه سوخک لیلیوم و گلدهی نشان داده و تنها سوخک‌های بزرگ با داشتن وزن مورد نیاز قادر به گلدهی بوده‌اند. بدین صورت که سوخک‌های با وزن تر بالا، تحت شرایط القایی تقریباً همیشه ساقه گل‌دهنده تولید نموده و به گل رفته‌اند اما در سوخک‌های کوچکتر، گلدهی بستگی به شرایط کشت داشته و گلدهی آن‌ها با تغییر درجه حرارت تحریک شده است (Langens-Gerrits *et al*., 2003c). همچنین، محققان نشان داده‌اند که علاوه بر وزن، تعداد فلس و اندازه (محیط پیرامون) سوخ نیز در گلدهی نقش دارد و اندازه کوچک سوخ موجب عدم بلوغ در آن می‌شود (Roberts & Tomasovic, 1975; Brito de Almeida *et al*., 2017).

کاربرد جیبرلیک اسید در شکست خواب سوخ‌های سنبل (*Hyacinthus orientalis* L.) و گل ناز (*Sedum bulbiferum*) اثربخش بوده است (Tymoszuk *et al*., 1979; Terui & Okagami, 1988). مطالعات انجام شده توسط Hatamzadeh *et al*. (2010) نشان داده که کاربرد جیبرلیک اسید در گلخانه در سرمادهی لیلیوم، سبب توسعه سریع‌تر و همچنین تولید گیاهانی با کیفیت و گل بیشتر در مقایسه با کنترل شده است. از این‌رو می‌توان گفت که با استفاده از جیبرلیک اسید می‌توان تاریخ گلدهی را برای عرضه در زمان مناسب به بازار تنظیم نمود. جیبرلیک اسید در برخی از گونه‌ها با افزایش کشیدگی سلول و در سایر گونه‌ها با افزایش تقسیم سلولی، می‌تواند سبب تحریک رشد شود. همچنین جیبرلین‌ها می‌توانند با تحریک شکست خواب غنچه‌ها سبب افزایش شاخه‌های گل‌دهنده شوند (Delaune, 2005). کاربرد جیبرلیک اسید در تمامی غلظت‌های به کار رفته (۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در

گیاه *Clerodendrum thomsoniae* سبب کاهش روزهای مورد نیاز برای برداشت گل تا ۲۷ روز شده است (Delaune, 2005). در تحقیقی با استفاده از جیبرلیک اسید در *Zantedeschia*، گل‌های بیشتری نسبت به گیاهان شاهد در سرتاسر دوره گلدهی به دست آمده‌است (Saleem Khan & Chaudhry, 2006) که تمامی این نتایج، هم‌راستا با یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد. در کشت بافت نیز خواب سوخک در تکثیر تجاری گیاهانی همچون سنبل، سیر و لیلیوم به‌عنوان محدودیت پیش‌رو می‌باشد که با استفاده از دمای پایین و یا تیمار با جیبرلیک اسید می‌توان بر آن غلبه نمود (Langens-Gerrits *et al*., 2001; Han *et al*., 2005).

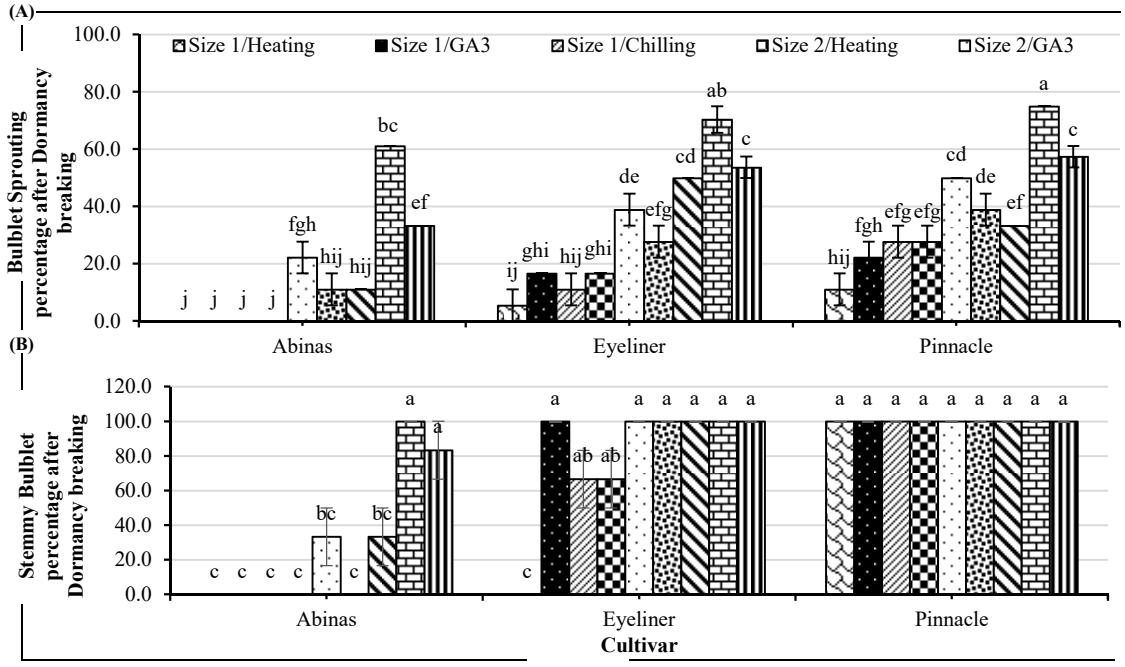
جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس اثر رقم، اندازه سوخک و تیمارهای شکست خواب بر درصد جوانه‌زنی سوخک‌ها و درصد سوخک‌های با ساقه اصلی بعد از شکست خواب، درصد گلدهی و طول غنچه در ارقام لیلیوم.

Table 5. Results of variance analysis of the effects of cultivar, bulblet size, and treatments of dormancy breaking on bulblets sprouting percentage and stemmed bulblets percentage after dormancy breaking, flowering percentage and bud length in lily cultivars.

Sources of variation	df	Mean of squares			
		Bulblet sprouting after dormancy breaking (%)	Stemmy bulblet after dormancy breaking (%)	Flowering (%)	Bud length
Cultivar	2	3761.692**	37993.827**	1667.569**	33.750**
Bulblet size	2	10412.153**	10401.235**	6339.875**	128.017**
Dormancy breaking treatment	2	3367.172**	4660.494**	764.890**	12.486**
Cultivar × Bulblet size	4	165.668**	4012.346**	1667.569**	33.750**
Cultivar × Dormancy breaking treatment	4	74.704^{ns}	1327.160^{ns}	237.823**	3.126**
Bulblet size × Dormancy breaking treatment	4	529.461**	123.457^{ns}	764.890**	12.486**
Cultivar × Bulblet size × Dormancy breaking treatment	8	98.256**	1512.346**	237.823**	3.126**
Error	54	43.151	524.691	29.343	0.063
C.V. (%)		0.63	0.46	0.47	0.45

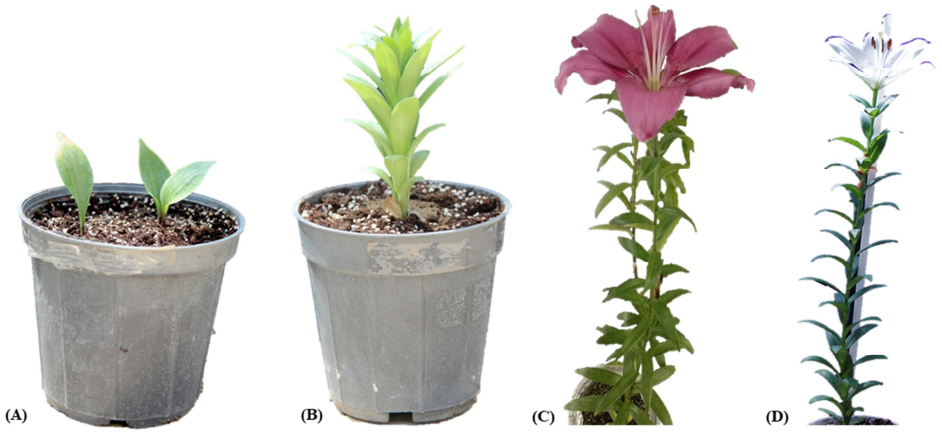
**، * و ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

**, *, ns: Significant difference at 1 and 5% of probability levels, and non-significant difference, respectively.



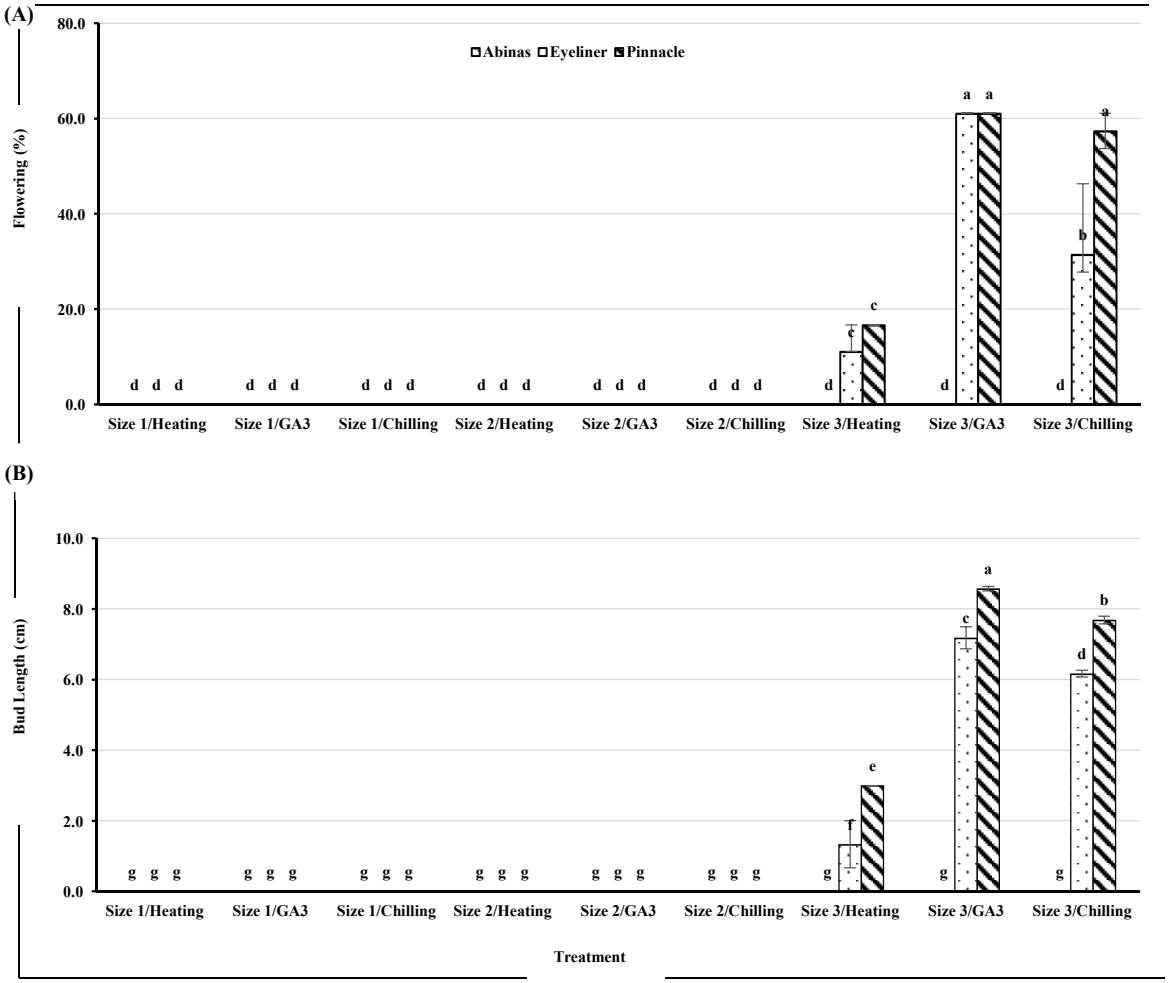
شکل ۴. مقایسه میانگین اثر رقم، اندازه سوخک و تیمارهای شکست خواب بر درصد جوانه‌زنی سوخک‌ها (A) و درصد سوخک‌های با ساقه اصلی بعد از شکست خواب (B).

Figure 4. Means comparison of the effects of cultivar, bulblet size, and treatments of dormancy breaking on bulblet sprouting percentage (A) and stemmed bulblet percentage after dormancy breaking (B).



شکل ۵. جوانه‌زنی و تولید برگ‌های فلسی (A) و ساقه اصلی (B) دو ماه پس از کشت سوخک، گلدهی سوخک اندازه ۳ بعد از شکست خواب با استفاده از جیبرلیک اسید در ارقام ‘Pinnacle’ (C) و ‘Eyeliner’ (D).

Figure 5. Sprouting and production of scaly leaf (A) and main stem (B) two months after bulblet potting, flowering of size 3 bulblet after dormancy breaking by GA_3 in ‘Pinnacle’ (C) and ‘Eyeliner’ (D) cultivars.



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر رقم، اندازه سوخک و تیمارهای شکست خواب بر درصد گلدهی سوخک (A) و طول غنچه (B) چهار ماه بعد از جوانه‌زنی در ارقام لیلیوم.

Figure 6. Mean comparisons of the effect of cultivar, bulblet size, and treatments of dormancy breaking on flowering percentage (A) and bud length (B) four months after sprouting in lily cultivars.

نتیجه‌گیری کلی

در حال حاضر، به علت نداشتن روشی مناسب جهت تکثیر و افزایش اندازه سوخک‌های لیلیوم برای رسیدن به اندازه با قابلیت تولید گل، ۹۳ درصد سوخ مورد نیاز کشور از طریق واردات تأمین می‌شود که این امر سبب خروج مبالغ زیاد ارز از کشور شده است. لذا تحقیق و ارائه پروتکلی مطلوب جهت تولید و افزایش اندازه سوخک در داخل کشور نیاز می‌باشد. در این آزمایش با موفقیت از فلس و سوخک‌های شش رقم تجاری لیلیوم جهت تولید سوخک جدید و بررسی میزان افزایش اندازه سوخک طی فصل رشد استفاده شد. با بررسی اثر NAA بر نرخ سوخک‌زایی، نتایج نشان داد که NAA بر نرخ تکثیر سوخک نه تنها اثر مثبت نداشته بلکه اثر منفی نیز نشان داده است. دو رقم 'Pinnacle' و 'Eyeliner'، علاوه بر اینکه نرخ سوخک‌زایی بالایی داشتند، از نظر میزان افزایش محیط پیرامون و وزن سوخک به ترتیب در جایگاه اول و دوم قرار گرفتند و بعد از شکست خواب سوخک‌ها به گل نیز رفتند. با توجه به نتایج حاصل شده می‌توان این دو رقم را به‌عنوان ارقام مناسب برای تولید و تکثیر سوخک از فلس در شرایط گلخانه معرفی نمود. سرعت تغییر محیط پیرامون و وزن سوخک در سوخک‌های بزرگتر نسبت به سوخک‌های کوچک‌تر بیشتر بوده است. همچنین در مقایسه دو بستر پیت:پرلیت (۷۰:۳۰) و بستر ماسه‌ای، سوخک‌ها در بستر پیت:پرلیت افزایش اندازه و محیط پیرامون بیشتری نشان دادند. از بین تیمارهای شکست خواب، سوخک‌های تیمار شده با جیبرلیک اسید، سریع‌تر از سوخک‌های سرمادهی و گرمادهی شده جوانه زده و گل تولید نمودند. بنابراین برای شکست خواب سوخ‌های لیلیوم، می‌توان جیبرلیک اسید را جایگزین سرمادهی نمود. به این ترتیب عدم نیاز به انبارهای سرمادهی و همچنین حذف هزینه‌های ضدعفونی و انتقال سوخ‌ها از گلخانه به انبار، سبب کاهش هزینه‌های تولید به مقدار قابل توجهی خواهد شد. همچنین در انبارهای سرمادهی به دلیل نوسان دما و رطوبت تعداد زیادی از سوخ‌ها فاسد شده و از بین می‌روند (Kundu *et al*., 2021).

سپاسگزاری

منابع مالی این پروژه (۰۵-۰۳۷-۰۹۴۵۳-۹۶۱۶۳۰-۰۵-۱۲) با حمایت پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران واقع در کرج تأمین شده و با همکاری بخش کشت بافت این مجموعه به انجام رسیده است که بدینوسیله از همکاری آن‌ها تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Aelaei, M., Narimani, H., Bahari, A. & Mohammadi, A. (2017). Regeneration, proliferation and commercialized micro propagation of *Anthurium andraeanum* cv. Pink. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 49 (1), 243-252. (In Farsi).
2. Al-Ajlouni, M. G., Ayad, J. Y. & Othman, Y. A. (2017). Increasing nutrient levels promote growth and flower quality in lilies grown under soilless culture. *Horticultural Science* (Prague), 44 (4), 171-177.
3. Anu, B. (2015). *Effect of calcium nitrate on propagation of la hybrid lilies through scaling*. M.S.c. thesis, University of Horticulture and Forestry, Nauni Solan, India.
4. Arens, P., Shahin, A. & Van Tuyl, J. M. (2014). (Molecular) breeding of *Lilium*. In: *III International symposium on the genus Lilium*, Zhangzhou, China.
5. Azadi, P. (2006). *Barriers of using biotechnology in ornamental plants and the solutions.* Book of Abstracts: National Symposium on Improvement of Production and Expansion to Import Ornamental Plants in Iran. Mahallat, Iran (in Farsi).
6. Awang, Y., Shaharom, A. S., Mohammad, R. B. & Selamatm, A. (2009). Chemical and physical characteristics of cocopeat-based media mixtures and their effects on the growth and development of *Celosia cristata*. *Agriculture and Biological Sciences*, 4 (1), 63-71.
7. Brito de Almeida, D., Barbosa, J. G., Saraiva Grossi, J. A., Finge, F. L. & Heidemann, J. C. (2017). Influence of vernalization and bulb size on the production of lily cut flowers and lily bulbs. *Semina: Ciências Agrárias*, 38 (4), 2399-2408.
8. Centraal Bureau voor de Statistiek, (2022). Statline.cbs.nl.

9. De Hertogh, A. A., Van Scheepen, J., Le Nard, M., Okubo, H. & Kamenetsky, R. (2012). Globalization of the flower bulb industry. In: Kamenetsky, R. and Okubo, H. (eds) *Ornamental geophytes*: from basic science to sustainable production. CRC Press. NW, US: 1-16.
10. Delaune, A. (2005). *Aspects of production for Clerodendrum as potted flowering plants*. Master thesis, Louisiana State University, USA.
11. Franssen, J. M. & Voskens, P. G. J. M. (1997). Competetion between sprout and daughter sprout and daughter bulbs for carbohydrates in tulip as affected by mother bulb size and cytokiknins. *Acta Horticulture*, 430, 63-72.
12. Gerrits, M. M., Kim, K. S. & De Klerk, G. J. (1992). Hormonal control of dormancy in bulblets of *Lilium speciosum* cultured *in vitro*. *Acta Horticulture*, 325, 521-527.
13. Guney, K., Cetin, M., Guney, K. B., Melekoglu, A. (2017). The effects of some hormone applications on *Lilium martagon* L. germination and morpholgical characters. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26 (6), 2533-2538.
14. Fathi, Sh. M. & Attiya, H. J. (2017). Effects of NAA and BA on Lily (*Lilium* spp.) propagation by scaling. *Iraqi Journal of Science*, 58 (3C), 1593-1600.
15. Han, S. S., Halevy, A. H., Sachs, R. M. & Reid, M. S. (1991). Flowering and corm yield of *Brodiaea* in response to temperature, photoperiod, corm size, and planting depth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116, 19-22.
16. Han, B. H., Yae, B. W., Yu, H. U. & Peak., K. Y. (2005). Improvement of *in vitro* micropropagation of *Lilium oriental* hybrid 'Casablanca' by the formation of shoots with abnormally swollen basal plates. *Scientia Horticuturae*, 103, 351-359.
17. Hanks, G. R. & Rees, A. R. (1977). Growth regulator treatments to improve the yield of twins called narcissus. *Scientia Horticuturae*, 6 (3), 237-240.
18. Hatamzadeh, A., Shafyii-Masouleh, S. S. & Samizadeh, H. (2010). Gibberellin effects on development process from visible bud to flowering in *Lilium*. *Horticulture, Environment, Biotechnology*, 51 (5), 449-452.
19. Heidari, S., Reezi, S., Mortazavi, S. N. & Nikbakht, A. (2021). Study the effect of cultivar and disbudding on the bulb propagation of lily. *Journal of Horticultural Science*, 35 (2), 301-311. (In Farsi).
20. Huong, B. Th. Th., Gioi, D. H. & Thang, B. V. (2017). Optimisation of an *in-vitro* propagation protocol for a valuable lily (*Lilium* spp.). *Journal of Biotechnology*, 4 (2), 227-232.
21. Islam, Md. S., Kadir Roni, Md. Z. & Shimasaki, K. (2017). Factors affecting bulblet growth of *Lilium* sp. *in vitro* and *in vivo*. *Plant Omics Journal*, 10 (5), 263-268.
22. Khosravi, S., Vatanpour Azghandi, A., Haddad, R. & Mojtahedi, N. (2007). *In-vitro* propagation of a commericial cultivar of *Lilium* (*Lilium longiflorum* var. Ceb-Dazzle) through direct somatic embryogenesis. *Seed and Plant*, 23 (2), 159-168. (In Farsi).
23. Kim, M. J., Hong, S. J. & Kim, H. K. (2013). Effect of bulblets size oriented from tissue culture on growth and bulb enlargement of *Lilium oriental* hybrids grown in highlands. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 31, 165-172.
24. Kumar, S., Sharma, D. R., Sharma, Y. D. & Pathania, N. S. (2001). *In vitro* propagation of Asiatic hybrid lily from bulb scales. *Indian Journal Agriculture Science*, 71, 463-465.
25. Kumar, S., Malik, A., Dahiya, D. S. & Kaur, M. (2018). Appraisal of Asiatic hybrid *Lilium* cultivars under playhouse growing condition in semi-arid Haryana, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7 (6), 3389-3394.
26. Kundu, M., Suresh, K., Rajesh, L., & Sakshi. (2021). Effect of different media on in vitro rooting in different cultivar of *Lilium longiflorum* Cv. Elite, Brunello, Cordelia. *Agricultural Science Digest* - A Research Journal, 42 (4), 472-474.
27. Langens-Gerrits, M. M., De Klerk, G. J. & Croes, A. F. (2003a). Phase change in lily bulblets regenerated *in vitro*. *Physiologia Plantarum*, 119, 590-597.
28. Langens-Gerrits, M. M., Kuijpers, A. M., De Klerk, G. J. & Croes, A. F. (2003b). Contribution of explant carbohydrate reserves and sucrose in the medium to bulb growth of lily regenerated on scale segments *in vitro*. *Physiology Plant*, 117, 245-255.
29. Langens-Gerrits, M., Lilien-Kipnis, H., Croes, T., Miller, W. B., Kollöffel, C. & De Klerk, G. J. (1996). Bulb growth in lily regenerated *in vitro*. *Acta Horticulture*, 430, 267-274.
30. Langens-Gerrits, M. M., Miller, W. B. M., Croes, A. F. & Klerk, G. J. (2003c). Effect of low temperature on dormancy breaking and growth after planting in lily bulblets regenerated *in vitro*. *Plant Growth Regulation*, 40, 267-275.
31. Langens-Gerrits, M. M., Nashimoto, S., Croes, A. F. & De Klerk, G. J. (2001). Development of dormancy in different lily genotypes regenerated *in vitro*. *Plant Growth Regulation*, 34, 215-222.

32. Le Nard, M. (1983). *Physiology and storage of bulbs: concepts and nature of dormancy in bulbs*. In: Lieberman M. (ed.), Post harvest physiology and crop preservation, NATO Advanced study institute series, Series A: Life science. Plenum press, New York, pp. 191-230.
33. Le Nard, M. & De Hertogh, A. A. (1993). *Bulb growth and development and flowering*. In: De Hertogh A. and Le Nard M. (eds), The physiology of flower bulbs. Elsevier, Amsterdam, pp. 29-43.
34. Lestari, N. K. D., Deswiniyanti, N. W., Astarini, I. A. & Arpiwi, L. M. (2019). Callus and shoot induction of leaf culture *Lilium longiflorum* with NAA and BAP. *Nusantara Bioscience*, 11(2), 162-165.
35. Liu, F. J., Sun, H. M. & Tian, Y. H. (2006). Effects of plant growth regulators on scale propagation in lily. *Northern Horticulture*, 30 (1), 40-42.
36. Marinangeli, P. A., Hernandez, L. F., Pellegrini, N. R. & Curvetto, N. R. (2003). Bulblet differentiation after scale propagation of *Lilium longiflorum*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128, 324-329.
37. Mojtahedi, N., Koobaz, P., Fathi, M., Dabirashrafi, O., Azadi, P. & Khosravi, S. (2014). Maturating, enlarging and breaking dormancy of *in vitro Lilium* bulblets. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 1 (2), 101-109.
38. Naseri, M. & Ebrahimi, M. (1998). *Physiology of bulbous flowers* (translation). Mashhad University press, 352 pages. (In Farsi).
39. Niimi, Y., Endo, Y. & Arisaka, E. (1988). Effects of chilling- and GA_3-treatments on breaking dormancy in *Lilium rubellum* Baker bulblets cultured *in vitro*. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 57, 250-257.
40. Padasht Dehkaei, M. N., Khalighi, A., Naderi, R. & Mousavi, A. (2006). Effects of temperature, propagation media and scale position on bulblet regeneration of chelcheragh Lily (*Lilium ledebouri* Boiss.) by scaling method. *Seed and Plant*, 22 (3), 383-397. (In Farsi).
41. Ranjbar, A. & Ahmadi, N. (2016). The effects of IBA and NAA, and rooting media on propagation of miniature rose cuttings (*Rosa hybrida*). *Journal of Horticultural Science*, 30 (3), 520-528. (In Farsi).
42. Roberts, A. N. & Tomasovic, B. J. (1975). Predicting bulb size and maturity in *Lilium longiflorum* thunb. cultivars. *Acta Horticulture*, 47, 339-346.
43. Saleem Khan, A. & Chaudhry, N. Y. (2006). GA_3 improves flower yield in some cucurbits treated with lead and mercury. *African Journal of Biotechnology*, 5, 149-153.
44. Shafiei-Masouleh, S. S. (2019). A critique of mass production of lily bulbs through tissue culture approach (Technical justification of *Lilium* bulb production). *11th Iranian Congress of Horticultural Sciences*. 26-29 August, Urmia University, Iran, Urmia. (In Farsi).
45. Shafyii-Masouleh, S. S., Hatamzadeh, A. & Samizadeh, H. (2010). Modeling flower bud elongation in hybrid lily 'Menorca' in response to gibberellin. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 51 (6), 566-572.
46. Streck, N. A. (2002). A generalized vernalization response function for lily (*Lilium* spp.). *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 10 (2), 221-228.
47. Takayama, Sh. & Misawa, M. (1979). Differentiation in *Lilium* bulb scales grown *in vitro*. Effect of various cultural conditions. *Physiologia Plantarum*, 46, 184-190.
48. Taiz, L., Zeiger, E (eds). (1998). *Plant physiology*. Sinauer Associates, Inc, Sunderland, MA.
49. Terui, K. & Okagami, N. (1988). Loss of short day requirement for dormancy breaking of bulbils from gibberellic acid-treated plants in *Sedum bulbiferum*. *Plant Science*, 58, 129-134.
50. Thakur, R., Sood, A. & Nagar, P. (2006). Regulation of growth of *Lilium* plantlets in liquid medium by application of paclobutrazol or ancymidol, for its amenability in a bioreactor system: growth parameters. *Plant Cell Reports*, 25, 382-391.
51. Tinus, R. W. & McDonald, S. E. (1979). *How to grow tree seedlings in containers in greenhouses*. General Technical Report Rm-60. Washington, DC: Rocky Mountain Forest and Range Experimental. Station, USDA Forest Service.
52. Tymoszuk, J., Saniewski, M. & Rudnicki, R. M. (1979). The physiology of hyacinth bulbs. XV. The effect of gibberellic acid and silver nitrate on dormancy release and growth. *Scientia Horticuturae*, 11, 95-99.
53. Van Tuyl, J. M. & Arens, P. (2011). *Lilium*: breeding history of the modern cultivar assortment. In: Grassotti, A., Burchi, G. (Eds). II International Symposium on the Genus *Lilium*. *Acta Horticulturae*, 900, 223-230.
54. Wattimena, G. A. (1991). Zat Pengatur Tumbuh Tanaman. *Bogor*: PAU IPB.
55. Xiuting, J., Yafan, H., Rulong, J. & Daocheng, T. (2020). Effects of temperature and plant growth regulators on the scale propagation of *Lilium davidii* var. unicolor. *Hortscience*, 55 (6), 870-875.

56. Zarin, N., Shoor, M., Tehranifar, A. & Karimian, Z. (2019). Effect of day length and gibberrelic acid on some morphological and biochemical characteristics of chrysanthemum. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51 (4), 979-993. (In Farsi).
57. Zhang, W., Song, L. N., Teixeira da Silva, J. A. & Sun, H. M. (2013). Effects of temperature, plant growth regulators and substrates and changes in carbohydrate content during bulblet formation by twin scale propagation in *Hippeastrum vittatum* 'Red lion'. *Scientia Horticuturae*, 160, 230-237.