بررسی نیاز سرمایی جام‌زرین پاییزه (*Sternbergia lutea*) و اثر اندازه سوخ (پیاز) بر رشد، نمو و گل‌دهی آن

امیر ناصری[۱]، فرزاد نظری[۲*] و مجید رستمی بروجنی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۱)

چکیده

جام‌زرین پاییزه یکی از گیاهان سوخوار (پیازی) در ایران است که پتانسیل استفاده به عنوان یک گیاه زینتی و پوششی دارد. درک و کنترل خواب و بررسی نیاز سرمایی سوخ این گیاه، برای کشت و امکان تجاری‌سازی آن ضروری است. به همین دلیل این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور یکی مدت زمان اعمال سرمای چهار درجه سلسیوس در چهار سطح (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز) و دیگری اندازه‌های مختلف سوخ در سه سطح (شامل کوچک، متوسط و بزرگ) بر رشد، نمو و گل‌دهی جام‌زرین پاییزه بررسی شد. پس از اعمال تیمار سرما و کاشت سوخ‌ها در مهرماه ۱۳۹۴، ویژگی‌های رویشی و زایشی به‌ازای هر سوخ در هنگام و پایان آزمایش (اسفندماه ۱۳۹۴) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با اعمال سرمادهی، تعداد روز تا سبز شدن و رسیدن بوته به دو و چهار برگی بیشتر شد. در تیمار سوخ بزرگ و ۴۰ روز سرمادهی، بیشترین سطح، وزن تر و خشک برگ به‌دست آمد. بیشترین حجم، طول، تعداد، وزن تر و خشک ریشه مربوط به سوخ‌هایی بود که سرما دریافت نکرده بودند. در سرمادهی سوخ‌های بزرگ به‌مدت ۲۰ روز بیشترین درصد گل‌دهی، عمر گل روی بوته، طول ساقه گل، وزن تر و خشک ساقه گل به‌دست آمد. همچنین، در سرمادهی ۴۰ و ۶۰ روز سوخ، هیچ گونه گل‌دهی مشاهده نشد. با توجه به نتایج این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که سوخ جام‌زرین پاییزه دارای نیاز سرمایی کمی است و یا اینکه نیاز سرمایی آن الزامی نیست. به‌طورکلی، طبق نتایج به‌دست آمده تیمارسرمادهی ۲۰ روز و اندازه بزرگ سوخ توصیه می‌شود، اگرچه نیاز به پژوهش‌های بیشتر برای بررسی وضعیت خواب سوخ از جنبه‌های فیزیولوژی، بیوشیمیایی و مولکولی است.

واژه‌های کلیدی: جام‌زرین پاییزه، نیاز سرمایی، سوخ، گل‌دهی

۱ و ۳. به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد واستادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر
۲. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه کردستان، سنندج
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: f.nazari@uok.ac.ir

مقدمه

کشور ایران دارای ۸۰۰۰ گونه گیاه گل‌دهنده متعلق به ۱۶۷ تیره گیاهی و ۱۲۰۰ جنس است که حدود ۱۷۰۰ گونه (۲۱/۲۵ درصد) آنها بومی هستند (۹). از این تعداد گونه‌های بومی، بیش از ۲۰۰ گونه (۱۱/۷۷ درصد) آنها سوخوار هستند که در نقاط مختلف کشور رشد می‌کنند (۱۰). در جهان سوخوارهای گل‌دار (Flower bulbs) از لحاظ زیست‌شناسی نمو و پاسخ‌های فیزیولوژیک به عوامل محیطی متفاوت هستند (۱۴). یکی از این گیاهان، جام‌زرین پاییزه (*Sternbergia lutea*) از تیره نرگس‌سانان (*Amaryllidaceae*) با نام انگلیسی نرگس پاییزه (Autumn daffodil) است که گیاهی چند ساله علفی بوده و از سراسر مدیترانه، اروپا و ترکیه تا آسیای مرکزی، شمال و غرب ایران گسترش یافته است (۳۰). جنس *Sternbergia* توسط والدستین و کیتابل در سال ۱۸۰۳ میلادی در مراتع خشک کشور مجارستان معرفی شد و نام این جنس به احترام Caspar von Sternberg که یک گیاه‌شناس مجارستانی بود، نام‌گذاری شد (۱۱). این جنس در ایران دو گونه معتبر پاییز گل به نام‌های جام‌زرین کوروش (*Sternbergia clusiana*) و جام‌زرین پاییزه (*S. lutea*) (شکل ۱-الف) و یک گونه نامعتبر بهار گل به نام جام‌زرین گلستانه (*S. fischeriana*) وجود دارد که در هر سه گونه، رنگ گل زرد طلایی است و اندام زیر زمینی آنها از نوع سوخ (Bulb) است (شکل ۱-ب) (۱۹).

دما در بین عوامل طبیعی تأثیرگذار بر رشدونمو گیاهان سوخوار، مهم‌ترین اهمیت را دارد و در فرایندهایی مانند انگیزش، آغازش، اندام زایی، بلوغ و شکوفایی گل و نیز دوره خواب در سوخوارها نقش دارد (۱۶). وجود خواب در اندام‌های زیرزمینی سوخوارها، دارای فوایدی برای تولید تجاری آنها است زیرا اجازه مدیریت، انبارداری و جابه‌جایی اندام‌های در حال خواب را می‌دهد و نیز دارای دارای مکانیزم پیچیده‌ای بوده و دارای تعاریف متفاوتی است (۱۴). در یکی از کامل‌ترین آنها عنوان شده که خواب یک حالت دینامیک و پیچیده فیزیولوژی، مورفولوژی و بیوشیمیایی در سوخ است که هیچ تغییر مورفولوژی قابل مشاهده و یا هیچ‌گونه رشدی به چشم نمی‌خورد، اما به‌طور درونی برخی رخدادهای فیزیولوژیکی در حال وقوع هستند و به محض مشاهده تغییرات بیرونی مانند رشد ریشه روی صفحه پایگاهی (Basal plate) و یا مشاهده رشد شاخساره، خواب سوخ رفع شده است (۷). همچنین گزارش شده که گونه‌های سوخوار برای زنده ماندن در شرایط نامطلوب محیطی از مکانیزم خواب و توسعه آن استفاده می‌کنند، این گونه‌ها به عوامل محیطی مختلفی مانند دما، طول روز و تنش خشکی که تعیین‌کننده زمان ورود یا خروج آنها از خفتگی است، پاسخ می‌دهند (۲۷). در بیشتر موارد، رفع خواب توسط سرما است و مکانیزم واقعی رفع خفتگی بر اثر سرما هنوز به‌طور کامل شناخته شده نیست.

یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار در گیاهان سوخوار برای دریافت سرما و گل‌دهی، اندازه اندام ذخیره‌ای است. در اندازه سوخ فاکتورهایی مانند وزن، طول، قطر و محیط سوخ مورد نظر است. گزارش شده که اندازه سوخ بر رشدونمو گیاهان سوخوار اثرگذار است و میزان رشد این گیاهان بستگی به محیط آن دارد. در پژوهشی اثر وزن پداژه (Corm) بر گل‌دهی زعفران گزارش شده که در پداژه‌های با وزن کمتر از هشت گرم، توان گل‌دهی محدود بود در حالی‌که درصد گل‌دهی و مقدار گل پداژه‌های بیش از ۱۰ گرم افزایش چشمگیری داشته است (۷). در گیاهان غیر سوخوار تعداد برگ به‌عنوان نشانه پایان دوره نونهالی در نظر گرفته می‌شود، اما در گیاهان سوخوار اندازه محیط اندام ذخیره‌ای معیار سنجش پایان دوره نونهالی است. به‌عنوان نمونه دوره نونهالی از یک سال در فریزیا (Freesia) با محیط پداژه سه تا چهار سانتی‌متر، تا چهار الی هفت سال در گل لاله با محیط سوخ ۶ تا ۱۰ سانتی‌متر است (۸). گل‌دهی ناقص، کاهش درصد و یکنواختی گل‌دهی در برخی از گیاهان سوخوار به‌دلیل اندازه کوچک سوخ یا پداژه است (۲۴) و به‌طور معمول حداقل اندازه و وزن اندام ذخیره‌ای در بین گونه‌های سوخوار متفاوت است (۷). این ویژگی تأثیرپذیری مقدار و درصد گل‌دهی از اندازه اندام ذخیره‌ای در صنعت گل‌های سوخوار اهمیت دارد،

شکل ۱. الف) گل‌دهی جام‌زرین پاییزه در اواخر آذرماه در رویشگاه طبیعی آن در شهرستان چرداول استان ایلام و ب) سه اندازه سوخ آن

زیرا افزونه‌های (Propagules) بزرگ‌تر با پتانسیل بالای گل‌دهی و تولید گل بیشتر را می‌توان با قیمت بالاتر به فروش رساند (۲۸).

به‌طورکلی اعتقاد بر این است که دریافت سرما توسط سوخ سبب تغییرات فیزیولوژیکی مانند تغییر وضعیت آبی، تعادل هورمونی، تنفس و تحرک‌پذیری کربوهیدرات‌ها در آن خواهد شد و یا اینکه با دریافت سرما، میزان حساسیت سوخ به هورمون آکسین بیشتر شده و در نتیجه سبب افزایش رشد ریشه‌ها می‌شود. همچنین انگیزش رشد سبب تحرک‌بخشی مواد ذخیره‌ای سوخ و نیز تولید هورمون اسید جیبرلیک می‌شود. در نهایت این هورمون سبب طویل شدن ساقه و گل‌دهی می‌شود (۱۶). همچنین گزارش شده که کاربرد دمای پایین به‌مدت ۱۰ هفته در سوخ یک گونه سوسن (*Lilium rubelum*) موجب افزایش میزان ساکارز و کاهش سایر قندهای احیا در فلس‌های سوخ می‌شود که این پدیده در سوخ گل‌های دیگر همانند سوسن عید پاک (۲۰)، سنبل و لاله (۳) نیز مشاهده شده است. پژوهش‌ها نشان داده که قرار دادن سوخ‌های گل لاله به‌مدت ۱۲ هفته در دمای پنج درجه سلسیوس سبب رشد طولی سریع ساقه گل و گل‌دهی شده است. همچنین سرمادهی سبب شکستن نشاسته توسط آنزیم α –آمیلاز در فلس‌ها شده و تحرک بخشی نشاسته، فروکتان‌ها و سوکروز در فلس‌ها را سبب می‌شود (۱۸). همچنین گزارش شده که دمای چهار درجه سلسیوس اثر معنی‌داری بر تعداد برگ، تعداد جوانه رویشی، تعداد جوانه گل‌دهنده، قطر و وزن سوخ در گل نرگس نداشته، اما اختلاف معنی‌داری در زمان سبز شدن، ظهور ساقه گل‌دهنده، گل‌دهی، طول ساقه، قطر ساقه و طول برگ مشاهده شده است (۱۳).

متأسفانه تاکنون پژوهش‌ها در مورد خواب در گیاهان سوخوار تنها محدود به گونه‌هایی مانند گلایول، سنبل، زنبق، سوسن، نرگس و لاله شده است و در صدها گونه دیگر که ممکن است پتانسیل بالایی برای تجاری‌سازی در صنعت گل و گیاهان زینتی داشته باشند، پژوهش‌هایی در مورد خواب اندام ذخیره‌ای آنها انجام نشده است (۸). بنابراین با توجه به اینکه یکی از عوامل مهم در کشت و تجاری‌سازی گونه‌های جدید سوخوار بررسی نیاز سرمایی آنها است (۱۲) و نیز با توجه به در معرض انقراض بودن این گونه با پتانسیل بالای زینتی آن و نیز عدم انجام هیچ‌گونه پژوهشی در زمینه نیاز سرمایی آن، هدف از این پژوهش بررسی نیاز سرمایی آن و نیز اثر اندازه سوخ بر رشدونمو آن است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از مرداد تا اسفند سال ۱۳۹۴ به‌صورت گلدانی در یک گلخانه یک‌طرفه با میانگین دمای روزانه ۲۳ تا ۲۵ درجه سلسیوس و دمای شبانه ۱۶ تا ۱۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ درصد در شهر کرمانشاه با موقعیت جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی، انجام شد. مساحت گلخانه ۳۰۰ متر مربع با پوشش سقف و سیستم گرمایشی گلخانه ترکیب بخاری الکتریکی فن‌دار خودکار و بخاری گازسوز و نیز سیستم خنک‌کننده

پوشال و پنکه بود. برای انجام آزمایش، ابتدا سوخ‌های جام‌زرین پاییزه در مردادماه سال ۱۳۹۴ از رویشگاه طبیعی آن در استان ایلام جمع‌آوری شد و بر اساس اندازه قطر، طول، محیط و وزن به سه گروه کوچک، متوسط و بزرگ تقسیم شدند (شکل ۱-ب و جدول ۱). سوخ‌ها تا زمان اعمال تیمارهای سرما در دمای اتاق نگهداری شدند. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور یکی مدت زمان اعمال سرمای چهار درجه سلسیوس بر سوخ در سه سطح ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز و تیمار شاهد (بدون سرمادهی) و فاکتور دیگر اندازه‌های سوخ در سه اندازه شامل کوچک، متوسط و بزرگ (جدول ۱) بود که به‌طورکلی ۱۲ تیمار و هر تیمار با سه تکرار اعمال شد که هر تکرار شامل سه گلدان و هر گلدان دارای چهار عدد سوخ بود. برای سرمادهی از کیسه‌های نایلونی سوراخ‌دار و از یخچال معمولی استفاده شد. اولین کیسه‌های سوخ برای تیمار سرمای ۶۰ روز در تاریخ ۱۳۹۴/۵/۲۴، سرمای ۴۰ روز در تاریخ ۱۳۹۴/۶/۱۳ و در نهایت برای اعمال سرمای ۲۰ روز در تاریخ ۱۳۹۴/۷/۲ در یخچال قرار گرفتند.

سپس همزمان کیسه‌های هر سه زمان سرمادهی از یخچال خارج کرده و در تاریخ ۲۲ مهر ۱۳۹۴، سوخ‌ها در آمیخته خاکی با نسبت حجمی ۵۰ درصد خاک زراعی، ۳۰ درصد کود دامی پوسیده و ۲۰ درصد ماسه در گلدان‌های پلاستیکی مشکی رنگ با قطر دهانه ۱۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۴سانتی‌متر کشت شدند. بی‌درنگ پس از کشت، گلدان‌ها به گلخانه منتقل شدند و آبیاری انجام شد. در دو هفته اول پس از کاشت هر سه تا پنج روز یک‌بار و پس از آن هر پنج تا هفت روز یک‌بار گلدان‌ها آبیاری شدند و آخرین آبیاری در اواسط بهمن ۱۳۹۴ انجام شد و پس از این اجازه داده شد که با شروع زرد شدن برگساره، سوخ‌ها وارد دوره خواب شوند. در این پژوهش صفات رویشی مانند زمان سبز شدن، دو برگی و چهار برگی شدن سوخ‌ها (بر حسب تعداد روز پس از کاشت)، درصد سبزشدن سوخ‌ها، ارتفاع بوته بدون گل، تعداد، وزن تر، خشک و مساحت برگ‌ها، تعداد، طول، وزن تر، خشک و حجم ریشه و نیز صفاتی زایشی مانند زمان گل‌دهی (بر حسب تعداد روز پس از کاشت)، درصد گل‌دهی، عمر گل روی بوته، طول، وزن تر و خشک ساقه گل ارزیابی شد. برای اندازه‌گیری قطر و طول سوخ‌ها از کولیس دیجیتالی گانگلو (Guanglu) ساخت کشور چین استفاده شد. برای اندازه‌گیری قطر سوخ‌ها، دهانه باز کولیس را در دو سوی برآمدگی شکمی هر سوخ قرار داده و قطر سوخ بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. در اندازه‌گیری طول سوخ‌ها دهانه کولیس را باز و از زیر صفحه پایگاهی هر سوخ تا بالای دماغه (Nose) آن یعنی جایی که پوشش خشک (Tunic) تمام می‌شد، بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری صورت گرفت. محیط سوخ‌ها با استفاده از فرمول $2\pi r$ برحسب سانتی‌متر محاسبه شد که در آن π برابراست با ۳/۱۴ و r شعاع سوخ‌ها است. برای اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌های برگ، گل و ریشه، از آون الکتریکی به‌مدت ۴۸ ساعت با دمای ۷۲ درجه سلسیوس استفاده شد. سطح برگ با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل Delta T. Image Devices Co. LTD اندازه‌گیری شد. برای سنجش حجم ریشه از یک ظرف شیشه‌ای ۵۰۰ میلی‌لیتری استفاده شد. بدین صورت که تا حجم ۳۰۰ میلی‌لیتری ظرف با آب مقطر پر شده و پس از افزودن ریشه‌ها درون این ظرف، میزان حجم افزایش یافته مایع بر حسب میلی‌لیتر (سانتی‌متر مکعب) به‌عنوان حجم ریشه محاسبه شد (۱۷). برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری MSTAT-C استفاده شد و میانگین ها در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD مقایسه شدند.

نتایج و بحث

ویژگی‌های رویشی

همچنان که در جدول‌های ۲ تا ۴ تجزیه واریانس مشاهده می‌شود اثر متقابل مدت زمان سرمادهی در اندازه سوخ بر زمان سبز شدن سوخ، زمان دو برگی و چهار برگی، وزن تر و خشک برگ‌ها، حجم، طول و تعداد ریشه در سطح احتمال یک درصد

جدول ۱. ویژگی‌های سه اندازه کوچک، متوسط و بزرگ سوخ مورد استفاده در این پژوهش

ویژگی‌ها	اندازه کوچک	اندازه متوسط	اندازه بزرگ
طول سوخ (سانتی‌متر)	۳/۲۸	۳/۶۸	۴/۲۳
قطر سوخ (سانتی‌متر)	۲/۹۷	۳/۳۴	۴/۰۰
محیط سوخ (سانتی‌متر)	۹/۶۰	۱۰/۶۸	۱۲/۵۵
وزن سوخ (گرم)	۱۲/۳۰	۱۶/۸۰	۲۶/۴۲

جدول ۲. خلاصه نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر مدت زمان سرمادهی در اندازه سوخ بر زمان و درصد سبز شدن سوخ‌ها، زمان دو برگی و چهار برگی بوته جام‌زرین پاییزه

منابع تغییرات	درجه آزادی	زمان سبز شدن سوخ‌ها	درصد سبز شدن سوخ‌ها	زمان دو برگی (تعداد روز پس از کاشت)	زمان چهار برگی (تعداد روز پس از کاشت)
سرمادهی	۳	۵۳۳/۷۹**	۸۶/۱۵**	۲۰۵/۲۴**	۵۵۵/۱۵**
اندازه سوخ	۲	۹/۵۰**	۹/۷۱^{ns}	۴۶/۶۶**	۳/۴۵**
اندازه سوخ × سرمادهی	۶	۸/۶۳**	۱۵/۸^{ns}	۲۳/۵۱**	۵۰/۶۸**
خطا	۲۴	۰/۲۸	۰/۴۵	۳/۱۷	۴/۱۸
ضریب تغییرات	–	۵/۳۷	۶/۳۵	۱۲/۴۷	۱۰/۴۵

ns، * و** : به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

جدول ۳. خلاصه نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر مدت زمان سرمادهی در اندازه سوخ بر ارتفاع بوته بدون گل، وزن تر، خشک، سطح و تعداد برگ‌ها در بوته جام‌زرین پاییزه

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته بدون گل	وزن تر برگ‌ها	وزن خشک برگ‌ها	سطح برگ‌ها	تعداد برگ‌ها
سرما دهی	۳	۴۴/۷۲**	۱/۰۳**	۰/۲۱**	۸۹/۱۶*	۳/۴۸۳^{ns}
اندازه سوخ	۲	۳۷/۴۵*	۷/۵۱**	۰/۱۸**	۶۳/۶*	۴/۹۹۱^{ns}
اندازه سوخ × سرمادهی	۶	۱/۱۹*	۰/۶۸**	۰/۰۱**	۳/۰۱*	۰/۲۶۴^{ns}
خطا	۲۴	۲/۱۵	۱/۰۸۳	۰/۰۱	۶/۷۷	۱/۰۳۵
ضریب تغییرات	–	۷/۴۴	۲۳/۶۹	۱۹/۲۰	۱۴/۶۰	۲۰/۶۷

ns، * و** : به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

جدول ۴. خلاصه نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر مدت زمان سرمادهی در اندازه سوخ بر وزن تر، خشک، حجم، طول و تعداد ریشه در بوته جام‌زرین پاییزه

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	طول ریشه	تعداد ریشه
سرما دهی	۳	۷/۵۵**	۰/۰۷**	۷/۴۴**	۱۳۳۷۷۶/۹۲**	۹۶۹/۰۸**
اندازه سوخ	۲	۲/۳**	۰/۰۰۹**	۰/۷**	۵۳۹۷/۴۶**	۳۳/۶۸**
اندازه سوخ × سرمادهی	۶	۰/۱۲^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۸۲**	۱۸۰۹۷/۵۱**	۲۰/۵۳**
خطا	۲۴	۰/۰۸۳	۰/۰۰۲	۰/۰۸۳	۷۸۴/۰۸۳	۴۰/۳۳۳
ضریب تغییرات	–	۱۱/۱۶	۱۳/۸۱	۲۱/۶۴	۱۱/۸۹	۱۷/۵۴

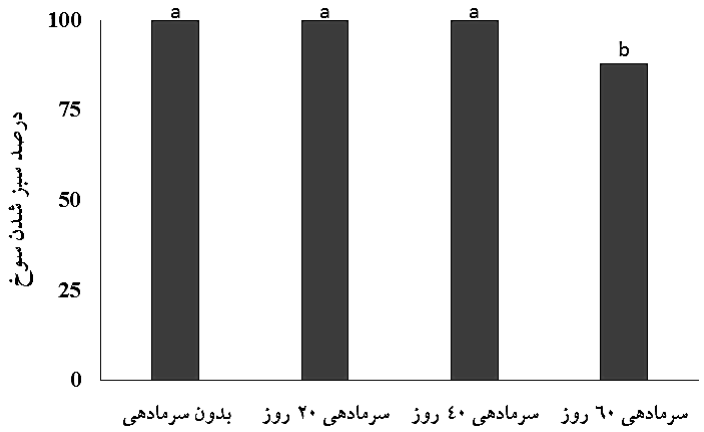
ns، * و** : به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

و بر ارتفاع بوته بدون گل و سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. درصد سبز شدن به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تنها تحت تأثیر اثر ساده مدت زمان سرمادهی قرار گرفت (جدول ۲). هیچ‌کدام از فاکتورها اثر معنی‌داری بر تعداد برگ نداشتند (جدول ۳). وزن تر و خشک ریشه به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرساده مدت زمان سرمادهی و اندازه سوخ قرار گرفتند (جدول ۴).

همچنان که در جدول آنالیز واریانس (جدول ۲) مشاهده شد تنها اثر ساده مدت زمان سرمادهی بر درصد سبز شدن معنی‌دار شد. نتایج اثر مدت زمان‌های مختلف سرمادهی بر درصد سبز شدن سوخ (شکل ۲) نشان داد که در همه تیمارها به‌جز سرمادهی ۶۰ روز، همه سوخ‌ها سبز شدند. در سرمادهی ۶۰ روز مقدار سبز شدن سوخ‌ها ۸۷/۸۹ درصد بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (شکل ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل اندازه سوخ و سرمادهی (جدول ۵) نشان می‌دهد با افزایش مدت زمان سرمادهی، تعداد روز تا سبز شدن نیز افزایش یافت. با افزایش اندازه سوخ‌ها و مدت زمان سرمادهی تعداد روز از کاشت سوخ تا سبز شدن بیشتر شد. سوخ‌های با اندازه متوسط و سرمادهی ۶۰ روز بیشترین زمان تا سبز شدن (۲۲/۴۲ روز پس از کاشت) را داشته‌اند و کمترین زمان سبز شدن (۱/۴۱ روز پس از کاشت) را سوخ‌های بزرگ بدون سرمادهی داشتند که با تیمار بدون سرمادهی و اندازه‌های دیگر سوخ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). در سوخ‌های بزرگ و متوسط نسبت به سوخ‌های کوچک، زمان بیشتری طول کشید تا به حالت دو و چهار برگی برسند. بیشترین زمان از کشت تا حالت دو برگی (۲۲/۷۵ روز) در سوخ‌های متوسط با ۶۰ روز سرمادهی مشاهده شد که با سایر تیمارها معنی‌دار بود. در سوخ با اندازه متوسط بدون سرمادهی در کمترین زمان (۳/۴۱ روز) گیاه به حالت دو برگی رسید که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۵). بیشترین زمان از کشت سوخ تا رسیدن بوته به چهار برگی (۳۴/۶ روز) در تیمار اندازه کوچک سوخ با سرمادهی ۶۰ روز مشاهده شد. کمترین زمان (۹/۵۸ روز) برای رسیدن به حالت چهار برگی پس از کشت سوخ، مربوط به تیمار شاهد با اندازه کوچک سوخ بود که با تیمارهای اندازه متوسط سوخ بدون سرمادهی و اندازه کوچک سوخ با سرمادهی ۴۰ روز تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). سوخ‌های با اندازه متوسط بدون سرمادهی، بیشترین ارتفاع بوته بدون گل (۲۳/۲۶ سانتی‌متر) را تولید کردند که با تیمار سوخ بزرگ بدون سرمادهی و سوخ‌های متوسط و بزرگ با سرمادهی ۲۰ روز، تفاوت معنی‌داری نداشت. سوخ‌های کوچک با سرمادهی ۶۰ روز، کمترین ارتفاع بوته بدون گل (۱۵/۹۴ سانتی‌متر) را داشتند (جدول ۵).

مقایسه میانگین جدول ۶ نشان می‌دهد که سوخ‌های بزرگ با سرمادهی ۴۰ روز بیشترین وزن تر برگ (۵/۹ گرم)، وزن خشک برگ (۰/۹۰ گرم) و سطح برگ (۲۰/۷۲ سانتی‌مترمربع) را دارند. کمترین وزن تر برگ‌ها (۲/۶۸ گرم) مربوط به تیمار اندازه کوچک سوخ با سرمادهی ۶۰ روز بود (جدول ۶). سوخ‌های بزرگ با سرمادهی ۴۰ روز که بیشترین وزن خشک برگ را داشتند با اندازه‌های متوسط و بزرگ سوخ بدون سرمادهی تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین وزن خشک برگ‌ها (۰/۲۸ گرم) مربوط به تیمار اندازه سوخ کوچک با سرمادهی ۶۰ روز بود که با تیمار اندازه سوخ متوسط با سرمادهی ۴۰ روز، تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶). بیشترین میانگین سطح برگ‌ها که مربوط به سوخ‌های بزرگ با سرمادهی ۴۰ روز بود با سایر تیمارها به‌جز تیمار اندازه کوچک سوخ و سرمادهی ۲۰ و ۶۰ روز، تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنان که در جدول آنالیز واریانس (جدول ۳) نشان داده شد، تعداد برگ تحت تأثیر برهم‌کنش مدت زمان سرمادهی و اندازه سوخ و یا اثر ساده آنها قرار نگرفت. بیشترین حجم ریشه (۳/۶۶ سانتی‌متر مکعب) در تیمار کوچک سوخ بدون سرمادهی به‌دست آمد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت و کمترین حجم ریشه (۰/۴۹ سانتی‌متر مکعب) در تیمار سوخ کوچک و سرمادهی ۶۰ روز مشاهده شد (جدول ۶). بیشترین مجموع طول ریشه‌های یک سوخ (۴۰۹/۸ سانتی‌متر) در تیمار اندازه متوسط سوخ بدون سرمادهی به‌دست آمد که با اندازه‌های کوچک و بزرگ آن تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین طول ریشه (۶۳/۳۴ سانتی‌متر) مربوط



شکل ۲. اثر زمان‌های مختلف سرمادهی همراه با تیمار شاهد (بدون سرمادهی) بر درصد سبز شدن سوخ جام‌زرین پاییزه. حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD است.

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل مدت زمان سرمادهی در اندازه سوخ بر زمان سبز شدن، دو برگی و چهار برگی سوخ و ارتفاع بوته بدون گل در هر بوته جام‌زرین پاییزه

مدت زمان سرمادهی	اندازه سوخ	زمان سبز شدن سوخ (تعداد روز پس از کاشت)	زمان دو برگی (تعداد روز پس از کاشت)	زمان چهار برگی (تعداد روز پس از کاشت)	ارتفاع بوته بدون گل (سانتی‌متر)
بدون سرمادهی	کوچک	۲/۱۷^{h}	۸/۴۲^{f}	۹/۵۸^{f}	۲۰/۴۶^{bcd}
	متوسط	۱/۴۱^{h}	۳/۴۱^{g}	۱۰/۰۸^{ef}	۲۳/۲۶^{a}
	بزرگ	۱/۴۲^{h}	۱۲/۵۸^{e}	۱۳/۴۲^{e}	۲۲/۶۹^{ab}
سرمادهی ۲۰ روز	کوچک	۶/۶۶^{f}	۱۳/۵۰^{de}	۱۹/۶۷^{d}	۱۸/۳۰$^{d-g}$
	متوسط	۴/۹۲^{g}	۱۳/۲۵^{de}	۱۸/۹۲^{d}	۲۱/۶۰^{abc}
	بزرگ	۵/۹۲^{f}	۱۵/۶۷^{cd}	۲۱/۸۳^{cd}	۲۱/۵۰^{abc}
سرمادهی ۴۰ روز	کوچک	۱۱/۷۵^{e}	۱۴/۵۸^{cde}	۱۱/۷۵^{ef}	۱۸/۶۹^{def}
	متوسط	۱۲/۵۰^{e}	۱۴/۷۵^{cde}	۱۹/۷۵^{d}	۲۰/۰۶^{cde}
	بزرگ	۱۳/۸۳^{d}	۱۶/۰۰^{cd}	۱۹/۸۳^{d}	۱۹/۹۳^{cde}
سرمادهی ۶۰ روز	کوچک	۱۷/۰۸^{c}	۱۷/۱۹^{bc}	۳۴/۶۰^{a}	۱۵/۹۴^{g}
	متوسط	۲۲/۴۲^{a}	۲۲/۷۵^{a}	۳۰/۳۳^{a}	۱۷/۷۱^{efg}
	بزرگ	۱۸/۰۰^{b}	۱۹/۳۳^{b}	۲۴/۸۳^{c}	۱۶/۷۳^{fg}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

به تیمار سوخ کوچک با سرمادهی ۶۰ روز بود که با تیمارهای سوخ کوچک با سرمادهی ۴۰ روز و سوخ متوسط با سرمادهی ۶۰ روز تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۶). بیشترین تعداد ریشه سوخ (۵۰/۴۲ عدد) در تیمار بدون سرمادهی و اندازه متوسط سوخ به‌دست آمد که با اندازه‌های کوچک و بزرگ سوخ آن و نیز سه اندازه سوخ در سرمادهی ۲۰ روز تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین تعداد ریشه به‌ازای هر سوخ (۲۲/۸۳ عدد) در تیمار سرمادهی ۴۰ روز و اندازه متوسط سوخ به‌دست آمد. همچنان که در جدول ۳ آنالیز واریانس مشاهده شد، اثر برهم‌کنش مدت زمان سرمادهی و اندازه سوخ بر وزن تر و

جدول ۶. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل مدت زمان سرمادهی در اندازه سوخ بر وزن تر، خشک و سطح برگ‌ها، حجم، طول و تعداد ریشه در هر بوته جام‌زرین پاییزه

مدت زمان سرمادهی	اندازه سوخ	وزن تر برگ‌ها (گرم)	وزن خشک برگ‌ها (گرم)	سطح برگ‌ها (سانتی‌متر مربع)	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	طول ریشه (سانتی‌متر)	تعداد ریشه
بدون سرمادهی	کوچک	۴/۰۳^{bc}	۰/۶۷^{bcd}	۱۷/۷۵^{ab}	۳/۶۶^{a}	۳۹۷/۴۰^{a}	۴۴/۸۳^{a}
	متوسط	۴/۸۴^{ab}	۰/۸۶^{ab}	۲۰/۲۱^{a}	۲/۶۳^{b}	۴۰۹/۸۰^{a}	۵۰/۴۲^{a}
	بزرگ	۵/۱۹^{ab}	۰/۷۶^{ab}	۲۰/۷۲^{a}	۱/۷۵^{c}	۳۸۴/۶۰^{a}	۴۸/۷۵^{a}
سرمادهی ۲۰ روز	کوچک	۴/۰۳^{bc}	۰/۵۱^{cde}	۱۴/۵۶^{bc}	۱/۲۵^{d}	۳۰۹/۴۰^{b}	۴۰/۵۸^{ab}
	متوسط	۴/۴۳^{abc}	۰/۷۰^{bc}	۱۶/۵۹^{abc}	۱/۰۰^{def}	۳۱۰/۹۰^{b}	۴۰/۹۲^{ab}
	بزرگ	۴/۹۳^{ab}	۰/۷۰^{bc}	۱۷/۹۵^{ab}	۰/۸۱$^{d-g}$	۱۴۸/۵۰^{d}	۴۳/۱۷^{ab}
سرمادهی ۴۰ روز	کوچک	۳/۷۲^{bc}	۰/۴۸^{de}	۱۸/۵۲^{ab}	۱/۰۲^{def}	۷۶/۰۸^{e}	۲۵/۸۳^{cd}
	متوسط	۳/۹۴^{bc}	۰/۴۷^{ef}	۱۸/۹۹^{a}	۰/۶۷^{fg}	۲۰۳/۶۰^{c}	۲۲/۸۳^{d}
	بزرگ	۵/۹۰^{a}	۰/۹۰^{a}	۲۰/۱۹^{a}	۱/۱۹^{de}	۲۳۰/۴۰^{c}	۲۸/۱۷^{cd}
سرمادهی ۶۰ روز	کوچک	۲/۶۸^{c}	۰/۲۸^{f}	۱۳/۰۶^{c}	۰/۴۹^{g}	۶۳/۳۴^{e}	۲۶/۲۷^{cd}
	متوسط	۴/۲۷^{abc}	۰/۵۰^{de}	۱۸/۲۱^{ab}	۰/۷۵^{efg}	۹۵/۰۸^{e}	۳۳/۷۵^{bc}
	بزرگ	۴/۷۷^{ab}	۰/۵۷^{cde}	۱۷/۲۰^{abc}	۰/۷۹$^{d-g}$	۱۹۱/۹۰^{cd}	۲۸/۹۲^{cd}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

خشک ریشه معنی‌دار نبود. در اثر ساده سرمادهی، بیشترین وزن تر و خشک ریشه در تیمار شاهد (بدون سرمادهی) به‌دست آمد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول‌های ۷ و ۸). همچنین در اثر اندازه سوخ به‌تنهایی بر وزن تر و خشک ریشه، بیشترین وزن در اندازه های متوسط و بزرگ به‌دست آمد و تفاوت آنها با اندازه کوچک معنی‌دار بود (جدول‌های ۷ و ۸).

اولین گام در بررسی نیاز سرمایی گونه‌های جدید سوخوار تعیین مبدأ آنها از لحاظ شرایط آب و هوایی است اینکه شامل مناطق معتدله می‌شوند و یا اینکه مبدأ آنها مربوط به مناطق گرمسیری است (۸). با توجه به اینکه جام‌زرین پاییزه بومی مناطق معتدله استان ایلام است بنابراین گمان می‌رود با افزایش دما در اواخر بهار و تابستان وارد یک خواب نسبی شده و برای برطرف شدن این خواب نیاز به سرما داشته باشد. در مقایسه جام‌زرین پاییزه با دیگر گیاهان سوخوار تحت کشت و کار، باید این نکته را مدنظر داشت که چون این گونه وحشی بوده و تا حالا هر ساله تحت شرایط آب و هوایی متفاوتی رشد کرده بنابراین دارای پاسخ‌های متفاوتی به تیمارهای مختلف است. در همین راستا دال و همکاران گزارش کردند ممکن است گونه‌های جدید سوخوار در زمان کشت در مقایسه با حالت طبیعی و مبدأ آنها، پاسخ‌های فیزیولوژیکی متفاوت را نشان دهند (۸). به‌عنوان نمونه با آنکه سوسن عید پاک (*Lilium longiflorum*) بومی جزایر گرمسیری جنوب ژاپن است، اما امروزه دمای مناسب برای رفع خواب سوخ آن دو تا هفت درجه سلسیوس است (۸). در پژوهش حاضر با افزایش مدت زمان سرمادهی، تعداد روز تا سبز شدن نیز افزایش یافت و در سوخ‌های با اندازه متوسط نسبت به سوخ‌های با اندازه کوچک و بزرگ، زمان بیشتری طول کشید تا سبز شوند و بین دو اندازه کوچک و بزرگ با اینکه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت اما در سوخ‌های با اندازه بزرگ، این زمان بیشتر بود (داده‌ها آورده نشده است). برخلاف نتایج ما، در گلایول رقم سفید نشان داده شده که پداژه‌های بزرگ‌تر (با قطر ۵/۱ تا ۵/۶ سانتی‌متر) در مقایسه با پداژه‌های کوچک‌تر (با قطر ۴/۱ تا ۴/۵ سانتی‌متر) در

جدول ۷. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل مدت زمان سرمادهی در اندازه سوخ بر وزن تر ریشه سوخ (گرم) در هر بوته جام‌زرین پاییزه

	کوچک	متوسط	بزرگ	میانگین
شاهد	۳/۴۰^{a}	۴/۰۶^{a}	۴/۰۵^{a}	۳/۸۲^{A}
سرمادهی ۲۰ روز	۱/۸۰^{a}	۲/۶۸^{a}	۳/۱۶^{a}	۲/۵۵^{B}
سرمادهی ۴۰ روز	۲/۰۰^{a}	۲/۳۶^{a}	۲/۷۷^{a}	۲/۳۸^{B}
سرمادهی ۶۰ روز	۱/۲۵^{a}	۱/۷۸^{a}	۱/۷۹^{a}	۱/۶۱^{C}
میانگین	۲/۰۹^{B}	۲/۷۲^{A}	۲/۹۴^{A}	

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی دار ندارند.

جدول ۸. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل مدت زمان سرمادهی در اندازه سوخ بر وزن خشک ریشه سوخ (گرم) در هر بوته جام‌زرین پاییزه

	کوچک	متوسط	بزرگ	میانگین
شاهد	۰/۴۱^{a}	۰/۴۲^{a}	۰/۴۶^{a}	۰/۴۳^{A}
سرمادهی ۲۰ روز	۰/۳۴^{a}	۰/۳۳^{a}	۰/۳۳^{a}	۰/۳۳^{B}
سرمادهی ۴۰ روز	۰/۲۱^{a}	۰/۲۷^{a}	۰/۲۷^{a}	۰/۲۵^{C}
سرمادهی ۶۰ روز	۰/۱۶^{a}	۰/۲۷^{a}	۰/۲۶^{a}	۰/۲۳^{C}
میانگین	۰/۲۸^{B}	۰/۳۳^{A}	۰/۳۳^{A}	

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی دار ندارند.

مدت زمان کمتری سبز شده‌اند (۶). همچنین در جام‌زرین پاییزه سوخ‌های با اندازه متوسط برخلاف دو اندازه دیگر به‌طور ۱۰۰ درصد سبز شدند، بین دو اندازه کوچک و بزرگ با اینکه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما در سوخ‌های با اندازه بزرگ درصد سبز شدن بیشتر بود (داده ها آورده نشده است). همسو با نتایج ما گزارش شده که در گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.) درصد سبز شدن در سوخ‌های بزرگ‌تر (با قطر سه تا چهار سانتی‌متر) در مقایسه با سوخ‌های کوچک‌تر (کمتر از یک سانتی‌متر) بیشتر است (۲). همچنین در پژوهشی دیگر مطابق با نتایج ما گزارش شده در گلایول، پداژه‌های با اندازه بزرگ در مقایسه با پداژه‌های متوسط و کوچک، درصد جوانه‌زنی بیشتر بوده است (۲۵). همچنین در پژوهش انجام شده سوخ‌های با اندازه بزرگ، بیشترین تعداد روز تا زمان سبز شدن را داشته‌اند در حالی که سوخ‌های با اندازه کوچک در کمترین زمان رشد کردند که این نتایج با یافته‌های پژوهش‌های دیگر در گل لاله (۲۳)، سیب‌زمینی شیرین بنفش (۲۶) (*Dioscorea alata* L.) و در یک گیاه سوخوار دیگر به نام لاشنالیا (۱۵) (*Lachenalia aloides*) مغایرت داشت. اینکه تعداد روزهای تا سبز شدن در سوخ‌های بزرگ در مقایسه با اندازه متوسط و کوچک بیشتر است، می‌تواند مربوط به تحرک‌بخشی دیرتر نشاسته به قند و انتقال دیرتر این مواد از فلس‌ها به جوانه مرکزی روی صفحه پایگاهی باشد که این رخداد در سوخ‌های با اندازه کوچک‌تر سریع‌تر اتفاق می‌افتد و سبب سبز شدن سریع‌تر می‌شود. افزون بر این به احتمال هرچه اندازه سوخ بزرگ‌تر شود مواد بازدارنده رشد مانند آبسیزیک اسید (ABA) در آنها بیشتر است و مانع سبز شدن سریع‌تر شده است. برخلاف نتایج ما، گزارش شده که در گیاهان سوخوار قرارگیری اندام‌های ذخیره‌ای در معرض سرمای مرطوب، منجر به کاهش میزان ABA و افزایش GA در آنها شده و در نتیجه سرعت جوانه‌زنی اندام ذخیره‌ای افزایش می‌یابد. به‌عنوان مثال در یک گونه گل سوسن (*Lilium rubellum*) تیمار دمای چهار

درجه سلسیوس با کاهش غلظت ABA در سوخ یکی از تحریک‌کننده‌های مناسب رشد است (۲۹). همچنین حسن‌پور و همکاران گزارش کردند دمای پایین چهار درجه سلسیوس در مقایسه با دمای ۲۳ درجه سلسیوس در گل نرگس هلندی سبب تسریع در سبز شدن آن شده است (۱۳). همسو با نتایج ما گزارش شده در سوخک‌های (Bulblets) به‌دست آمده به‌صورت درون شیشه‌ای از لاله واژگون کله‌ماری (*Fritillaria meleagris*)، مدت زمان زیاد سرمای چهار درجه سلسیوس، اثر منفی بر جوانه‌زنی سوخ‌ها و رشد ریشه خواهد داشت (۲۲). در پژوهش ما با سرمادهی، زمان لازم تا سبز شدن و رسیدن به دو و چهار برگی افزایش یافته که به احتمال زیاد این تفاوت مربوط به نیاز سرمایی پایین جام‌زرین پاییزه است. افزون بر این چون سوخ‌های تیمار شاهد همزمان با سوخ‌های سرمادهی شده در مهرماه کشت شده‌اند و مدت زمانی که سوخ‌های شاهد در انبار با دمای اتاق قرار گرفته‌اند بیشتر بوده است، بنابراین ساختارهای رویشی درون سوخ بیشتر رشد کرده‌اند و با کشت سوخ و انجام آبیاری بلافاصله سبز شده‌اند. همین زودتر سبز شدن آنها سبب شده که ارتفاع بوته بدون گل، وزن تر و خشک، تعداد، حجم و طول ریشه در سوخ‌های سرما ندیده بیشتر باشد. در واقع با زودتر سبز شدن سوخ، بوته جام‌زرین میزان رشد بیشتری داشته و با فتوسنتز بیشتر میزان آسیمیلات‌های بیشتری در برگ‌ها تولید شده و جهت رشد بوته و حتی رشد ریشه‌ها مصرف شده است. در مقایسه اندازه‌های مختلف سوخ در بیشتر موارد صفات رویشی ذکر شده در سوخ‌های بزرگ‌تر وضعیت بهتری داشتند. همسو با نتایج ما، گزارش شده که در گل مریم ارتفاع بوته در سوخ‌های بزرگ‌تر در مقایسه با سوخ‌های کوچک‌تر بیشتر است (۲). بدون شک هر چه اندازه اندام ذخیره‌ای بزرگ‌تر باشد، میزان مواد ذخیره‌ای آن مانند نشاسته بیشتر بوده و سرمادهی سوخ سبب می‌شود که سرعت تجزیه آن در سوخ افزایش یابد و به‌دنبال آن با افزایش میزان تحرک بخشی کربوهیدرات‌ها، سوخ رشد مناسب‌تری خواهد داشت (۱۸). بنابراین با اطمینان می‌توان گفت دلیل وزن تر بیشتر برگ در سوخ‌های بزرگ مربوط به وزن بیشتر این سوخ‌ها و ذخیره غذایی بیشتر آن و به‌دنبال آن رشد بیشتر است. همچنین به احتمال در سوخ‌های بزرگ با توجه به بزرگ بودن صفحه پایگاهی و بیشتر بودن ریشه‌ها، جذب آب و مواد غذایی بیشتر بوده و بنابراین سبب افزایش وزن تر و خشک برگ‌ها شده است. گزارش شده در زعفران پداژه‌های با اندازه بزرگ در مقایسه با اندازه کوچک داری وزن تر و خشک برگ بیشتری هستند (۵). احتمالا با توجه به اینکه تعداد برگ یک صفت ژنتیکی است تحت تأثیر اثر ساده و برهم‌کنش اندازه سوخ و مدت زمان سرمادهی قرار نگرفته است. همسو با این نتیجه، گزارش شده که اندازه سوخ در لاشنالیا اثر معنی‌داری بر تعداد برگ ندارد (۱۵). همچنین اثر سرما در گل نرگس هلندی بر تعداد برگ معنی‌دار نبوده است (۱۳).

ویژگی‌های زایشی

همچنان که در جدول‌های ۹ و ۱۰ آنالیز واریانس مشاهده می‌شود، در همه ویژگی‌های زایشی مورد بررسی مانند زمان گل‌دهی، درصد گل‌دهی، عمر گل روی بوته، طول، وزن تر و خشک ساقه گل، هم اثر ساده مدت زمان سرمادهی و اندازه سوخ و هم اثر برهم‌کنش آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

طبق نتایج مقایسه میانگین صفات زایشی (جدول ۱۱)، در سوخ‌های با اندازه بزرگ با سرمادهی ۲۰ روز، ۱۰۰ درصد گل‌دهی مشاهده شد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. برخلاف این تیمار، در همه سوخ‌هایی که مدت زمان سرمادهی آنها از ۴۰ روز به بالا بود هیچ گلی تولید نکردند (جدول ۱۱). از ایرادهای گل جام‌زرین برای تجاری‌سازی، عمر کم تک‌گل آن و نیز وزن کم ساقه گل آن است. در تیمار سرمادهی ۲۰ روز و اندازه بزرگ سوخ، بیشترین عمر گل روی بوته (۴/۵۸ روز) مشاهده شد که با تیمار بدون سرمادهی و اندازه متوسط سوخ معنی‌دار نبود (جدول ۱۱). البته چنانچه در جام‌زرین پاییزه تعداد بوته‌های زیادی از آن کنار هم کشت شوند، به‌دلیل فواصل بین گل‌دهی آنها، به‌طور معمول حدود ۱۵ تا ۲۰ روز دوره گل‌دهی

جدول ۹. خلاصه نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر مدت زمان سرمادهی در اندازه سوخ بر زمان و درصد گل‌دهی و عمر گل روی بوته در جام‌زرین پاییزه

منابع تغییرات	درجه آزادی	زمان گل‌دهی (تعداد روز پس از کاشت)	درصد گل‌دهی	عمر گل روی بوته (تعداد روز)
سرمادهی	۳	۸۶/۱۵**	۱۱۹۱۵/۵۳**	۲۴/۵۹**
اندازه سوخ	۲	۹/۸۵**	۳۷۸۴/۲۷**	۴/۵۲**
اندازه سوخ × سرمادهی	۶	۱۵/۸۰**	۱۲۹۰/۵۰**	۳/۸۹**
خطا	۲۴	۰/۴۵	۳۴/۷۲	۰/۰۹
ضریب تغییرات	–	۲۲/۳۵	۱۸/۰۵	۲۰/۱۴

**: نتایج معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

جدول ۱۰. خلاصه تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر مدت زمان سرمادهی در اندازه سوخ بر طول، وزن تر و خشک ساقه در بوته جام‌زرین پاییزه

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ساقه گل	وزن تر ساقه گل	وزن خشک ساقه گل
سرمادهی	۳	۲۰۹/۴۲**	۳/۱۹**	۰/۰۰۸**
اندازه سوخ	۲	۲۵/۵۷**	۰/۵۸**	۰/۰۰۱**
اندازه سوخ × سرمادهی	۶	۱۲/۲۳**	۰/۳۴**	۰/۰۰۱**
خطا	۲۴	۰/۲۶۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات	–	۱۲/۳۷	۱۲/۸۲	۲۰/۶۲

**: نتایج معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

جدول ۱۱. مقایسه میانگین اثر متقابل اندازه سوخ در سرمادهی بر زمان و درصد گل‌دهی، عمر گل روی بوته، طول، وزن تر و خشک ساقه گل در هر بوته جام‌زرین پاییزه

مدت زمان سرمادهی	اندازه سوخ	زمان گل‌دهی (تعداد روز پس از کاشت)	درصد گل‌دهی	عمر گل روی بوته (تعداد روز)	طول ساقه گل (سانتی‌متر)	وزن تر ساقه گل (گرم)	وزن خشک ساقه گل (گرم)
بدون سرمادهی	کوچک	۳/۲۵c	۴۱/۶۷c	۱/۳۳d	۵/۲۰d	۰/۶۰d	۰/۰۳b
	متوسط	۵/۶۶b	۸۳/۳۳b	۴/۲۵ab	۹/۷۴b	۱/۳۱b	۰/۰۶ab
	بزرگ	۵/۰۸b	۸۳/۳۳b	۳/۸۳b	۱۱/۲۳a	۱/۳۹b	۰/۰۶ab
سرمادهی ۲۰ روز	کوچک	۵/۵۰b	۴۱/۶۷c	۲/۱۶c	۶/۲۶c	۰/۷۲c	۰/۰۳b
	متوسط	۳/۱۷c	۳۳/۳۳d	۱/۳۳d	۵/۸۴cd	۰/۵۰d	۰/۰۳b
	بزرگ	۱۰/۸۳a	۱۰۰a	۴/۵۸a	۱۱/۷۵a	۱/۶۳a	۰/۰۸a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی دار ندارند.

خواهند داشت. سوخ‌های با اندازه بزرگ و سرمادهی ۲۰ روز، بیشترین میزان طول ساقه گل (۱۱/۷۵ سانتی‌متر) را داشتند هر چند با تیمار بدون سرمادهی و سوخ‌های با اندازه بزرگ تفاوت معنی‌داری نداشتند. نتایج جدول ۸ نشان می‌دهد که سوخ‌های با اندازه بزرگ و تیمار سرمادهی ۲۰ روز بیشترین میزان وزن تر (۱/۶۳ گرم) و خشک ساقه گل را دارند (جدول ۱۱).

گل‌دهی یک سری رویداد پیچیده‌ای است که توسط فرایندهای درون‌زا و عوامل محیطی برون‌زا کنترل می‌شود. نور و دما به‌عنوان دو عامل محیطی برون‌زا نقش‌های حیاتی در انگیزش، آغازش و بلوغ دارند. هرچند چگونگی گل‌دهی تحت تأثیر نور و دما بسته به گونه‌های مختلف متفاوت است (۱). به‌خوبی مشخص شده است دما فرایندهای گل‌دهی بیشتر گیاهان سوخوار را کنترل می‌کند و به نظر می‌رسد به کار بردن دماهای پایین پیش از رویش دوباره درطول فصل رشد جدید، بر رفع خواب، وادارسازی (Forcing) و همچنین تعیین زمان گل‌دهی در گیاهان سوخوار اثر داشته باشد.

همچنان که در نتایج مشخص شد در تیمارهای سرمادهی ۴۰ و ۶۰ روز هیچ‌گونه گل‌دهی مشاهده نشد. با توجه به اطمینان از وجود ساختارهای زایشی درون سوخ با میکروسکوپ نوری در زمان شروع سرمادهی (شکل آورده نشده است)، بنابراین می‌توان اذعان داشت که دلیل عدم گل‌دهی در دو تیمار ذکر شده مربوط به مدت زمان زیاد سرمادهی و سقط شدن ساختارهای زایشی باشد. حتی دیر سبز شدن آنها با افزایش مدت زمان سرمادهی به احتمال مربوط به غیرفعال شدن ژن های مربوط به فاز رویشی بوده باشد. طبق نتایج به‌دست آمده از صفات زایشی این آزمایش، می‌توان گفت که سوخ جام‌زرین در مقایسه با دیگر سوخوارها مانند لاله و سنبل نیاز به سرمای خیلی کمتر و یا حتی به احتمال زیاد مانند نرگس شیراز (*Narcissus tazetta*) نیاز آن به سرما اختیاری (غیرالزامی) است. به احتمال زیاد در این گیاه با زرد شدن شاخساره در اواخر بهار سال پیش، بلافاصله تغییرات آناتومیکی رویشی و زایشی درون سوخ برای سال بعد تکمیل می‌شود و در طول تابستان این ساختارها رشد کرده و در پاییز در صورت وجود بارندگی و هوای خنک گل خواهند داد. در نرگس شیراز که از لحاظ فنولوژی مشابه جام‌زرین پاییزه است، گزارش شده که آغازش و نمو اندام‌های زایشی توسط دمای بالا (بهینه آن ۲۵ درجه سلسیوس است) در اواخر بهار و تابستان تسریع یافته و دماهای ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس سبب تاخیر در آن شده و دمای ۱۲ درجه سلسیوس به‌طور کامل از آن ممانعت می‌کند (۲۱). در پژوهش ما، سوخ‌های بزرگی که ۲۰ روز سرمای چهار درجه سلسیوس را دریافت کرده بودند در مقایسه با سوخ‌های بزرگ بدون دریافت سرما، ۱۰۰ درصد گل‌دهی داشتند. اعتقاد بر این است که دمای پایین سبب افزایش کربوهیدرات‌های محول در سوخ می‌شود و هرچند که میزان کربوهیدرات‌ها به‌طور مستقیم در کنترل گل‌دهی نقش ندارند اما با تجمع، در جوانه‌زنی سوخ و رشد گیاه مؤثر هستند (۷). با فرایند تجمع قندها در سوخ، میزان ABA آزاد هم کاهش پیدا می‌کند (۲۰) و شاید به این دلیل درصد گل‌دهی در گیاه بالا برود. پژوهش‌ها نشان داده که GA در فرایندهای طویل شدن ساقه گل لاله نقش دارد (۱۸). علت افزایش طول ساقه گل با اعمال تیمار سرما در مقایسه با سوخ‌های شاهد، به احتمال سرما سبب فعال شدن ژن‌های بیوسنتز GA شده و این هورمون با تحریک و تسریع تقسیم یاخته‌ای، افزایش طول یاخته و بزرگ شدن آنها سبب طویل شدن ساقه گل شده است (۴). دلیل بیشتر بودن عمر گل روی بوته در سوخ‌هایی که ۲۰ روز سرما دیده‌اند به احتمال مربوط به دیر گل‌دهی آنها و رشد بیشتر برگ‌ها در مقایسه با سوخ‌های سرما ندیده باشد و برگ‌ها مواد کربوهیدراتی بیشتری به سمت گل به‌عنوان یک مصرف‌کننده (Sink) فرستاده‌اند.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه در زمان‌های ۴۰ و ۶۰ روز مدت سرمادهی هیچ‌گونه گل‌دهی مشاهده نشد ولی از لحاظ رویشی بوته‌های جام‌زرین پاییزه وضعیت مناسب‌تری داشتند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت اعمال سرما با مدت بیشتر برای گل‌دهی، نامناسب

است اما به احتمال زیاد برای رشد رویشی و نیز کیفیت سوخ برای سال بعد و همچنین برای بهبود روش‌های رویشی تکثیر جام‌زرین پاییزه مناسب خواهد بود. با توجه به اینکه سوخ‌های شاهد بدون دریافت سرما گل دادند، می‌توان گفت که نیاز جام‌زرین به سرما الزامی نیست. همچنین به دلیل اینکه درصد گل‌دهی، عمر گل روی بوته، طول ساقه گل و نیز وزن تر و خشک ساقه گل در سوخ‌هایی که ۲۰ روز سرما را دریافت کرده‌اند در مقایسه با سوخ‌هایی که سرما را دریافت نکرده‌اند بیشتر بوده است، بنابراین می‌توان گفت که تا حدی سرما سبب بهبود ویژگی‌های زایشی آن شده است، البته باید مدت آن کمتر باشد. همچنین بهتر است در پژوهش‌های بعدی، دماهای دیگر با زمان‌های کمتر از ۲۰ روز بررسی شود.

منابع مورد استفاده

1. Adams, S. R., S. Pearson and P. Hadley. 1998. Inflorescence commitment and subsequent development differ in their responses to temperature and photoperiod in *Osteospermum jucundum*. *Physiologia Plantarum* 104: 225–231.
2. Ahmad, I., T. Ahmad, M. Asif, M. Saleem and A. Akram. 2009. Effect of bulb size on growth, flowering and bulbils production of tuberose. *Sarhad Journal of Agriculture* 25: 391–398.
3. Algera, L. 1936. Concerning the influence of temperature treatment on the carbohydrate metabolism, the respiration and the morphological development of the tulip. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen* 39: 1–29.
4. Al-Khassawneh, N. M., N. S. Karam and R. A. Shibli. 2006. Growth and flowering of black iris (*Iris nigricans* Dinsm.) flowering treatment with plant growth regulators. *Scientia Horticulturae* 107: 187-193.
5. Amirshekari, H., A. Sorooshzadeh, A. M. Modaress Sanavy and M. Jalali Javaran. 2008. Effects of root-zone temperature, corm size, and gibberellin on vegetative growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 14: 96-104.
6. Bhat, Z. A. and F. U. Khan. 2007. Effect of spacing and corm size on growth, flowering and corm production in gladiolus cv. White prosperity under Kashmir conditions. *Journal of Horticultural Science* 2: 112-11.
7. De Hertogh, A. and M. Le Nard. 1993. The Physiology of Flowering Bulbs. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
8. Dole, J. M. 2003. Research approaches for determining cold requirements for forcing and flowering of geophytes. *HortScience* 38: 341–346.
9. Eftekhari, T. and M. Ramezani. 2004. Introduction to Plant Biodiversity in Iran. PP: 39-40. *In:* Pushpangadan, P., K. N. Nair and M. R. Ahmad (Eds.). Biodiversity and Medicinal Plant Wealth of South Asian Countries, National Botanical Research Institute, Lucknow-226001, India.
10. Farahmand, H. and F. Nazari. 2015. Environmental and anthropogenic pressures on geophytes of Iran and the possible protection strategies: A review. *International Journal of Horticultural Science and Technology* 2: 111-132.
11. Frignani, F., C. Angiolini, F. Selvi and V. De Dominicis. 2004. Distribution of the genus *Sternbergia* Waldst. & Kit. (Amaryllidaceae) in Tuscany (central Italy). *Webbia* 59: 395-455.
12. Hartsema, A. M. 1961. Influence of temperature on flower formation and flowering of bulbous and tuberous plants. PP: 123–167. *In:* W. Ruhland (Ed.), Encyclopedia of Plant Physiology, Springer-Verlag, Berlin.
13. Hasanpour Asil, M., Z. Rouein and B. Rabiei. 2008. The effect of low temperature and gibberellic acid on shoot quality obtained from forced Narcissus bulbs (*Narcissus* spp.). *Iranian Journal of Horticultural Science* 9: 129-138 (In Farsi).
14. Kamenetsky, R. and H. Okubo. 2013. Ornamental Geophytes: From Basic Science to Sustainable Production. CRC Press; Boca Raton, FL, USA.
15. Kapczyńska, A. 2014. Effect of bulb size on growth, flowering and bulb formation in lachenalia cultivars. *Horticultural Science (Prague)* 41: 89-94.
16. Khodorova, N. V. and M. Boitel-Conti. 2013. The role of temperature in the growth and flowering of geophytes. *Plants* 2: 699-711.
17. Klein, I., Y. Ben-Tal, S. Lavee, Y. De Malach and I. David. 1994. Saline irrigation of cv. Manzanillo and Uovo di Piccione trees. *Acta Horticulturae* 356: 176–180.
18. Lambrechts, H., F. Rook and C. Kolloffel. 1994. Carbohydrate status of tulip bulbs during cold-induced flower stalk elongation and flowering. *Plant Physiology* 104: 515-520.
19. Mazhari, N. 2004. Flora of Iran (Ixioliriaceae and Amaryllidaceae) Nos. 46 and 47, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.
20. Miller, W. B. and R. W. Langhans. 1990. Low temperature alters carbohydrate metabolism in Easter lily bulbs.

HortScience 25: 463–465.
21. Noy-Porat, T., M. A. Flaishman, A. Eshel, D. Sandler-Ziv and R. Kamenetsky. 2009. Florogenesis of the Mediterranean geophyte *Narcissus tazetta* and temperature requirements for flower initiation and differentiation. *Scientia Horticulturae* 120: 138–142.
22. Petric, M., S. Jevremovic, M. Trifunovic, V. Tadic, S. Milosevic, M. Dragicevic and A. Subotic. 2013. The effect of low temperature and GA_3 treatments on dormancy breaking and activity of antioxidant enzymes in *Fritillaria meleagris* bulblets cultured *in vitro*. *Acta Physiologiae Plantarum* 35: 3223–3236.
23. Rees, A. 1969. Effect of bulb size on the growth of tulips. *Annals of Botany* 33: 133-142.
24. Roh, M. S. 2005. Flowering and inflorescence development of *Lachenalia aloides* 'Pearsonii' as influenced by bulb storage and forcing temperature. *Scientia Horticulturae* 104: 305-323.
25. Satyavir, S. and S. Singh. 1998. Effect of corm size on flowering and corm production. *Journal of Ornamental Plants* 1: 79–80.
26. Toyohara, H., H. Tanifuji, K. Irie, M. Takahashi, T. Myoda and F. Kikuchi. 1998. Effect of seed tuber size on the growth and development of Yam (*Dioscorea alata* L.). *Japanese Journal of Tropical Agriculture* 42: 282–287.
27. Vegis, A. 1964. Dormancy in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology* 15: 185–224.
28. Wang, S. Y. and P. J. Breen. 1984. Respiration and weight changes of Easter lily flowers during development. *HortScience* 19: 702–703.
29. Xu, R. Y., Y. Niimi and D. S. Han. 2006. Changes in endogenous abscisic acid and soluble sugars levels during dormancy release in bulbs of *Lilium rubellum*. *Scientia Horticulturae* 111: 68-72.
30. Zencirkiran, M. and Z. Tumsavas 2006. Effect of bulb circumference on bulb yield and bulblet formation capacity of (*Sternbergia lutea* L. Ker Gawl. Ex Sprengel winter daffodil). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 9: 2366–2368.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 9, No. 1, Spring 2019, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

Investigating the Cold Requirement of Autumn Daffodil (*Sternbergia lutea*) and the Effect of Bulb Size on Its Growth, Development and Flowering

A. Naseri[1], F. Nazari[2*] and M. Rostami Bourojeni[3]

(Received: July 14-2017; Accepted: June 11-2018)

Abstract

Autumn daffodil (*Sternbergia lutea*) is one of bulbous plants from Iran that has potential as an ornamental plant. The understanding and control of dormancy and investigation of cold requirement in this plant are critical for its cultivation This research was conducted to investigate the effects of duration of cold and the size of bulb on growth, development and flowering of autumn daffodil. The experiment was performed as a completely randomized design based on factorial design with two factors: the duration of cold (4 °C) at three levels (20, 40 and 60 days) along with control (without cooling) and three sizes of bulb (small, medium and big) with 3 replications. After applying the cold and planting the bulbs in September 2015, vegetative and reproductive variables were measured. Results indicated that the interaction between cold duration and the different sizes of bulbs had a significant effect on most of the measured vegetative and reproductive characteristics. By applying the cold treatment, the numbers of days to sprouting and two, four and five leaves stages were increased. The highest amounts of leaf area, fresh and dry weights were obtained with big bulb and 40 days of bulb cooling. Parameters such as volume, length, and number, fresh and dry weights of bulb roots were higher in bulbs that had been kept a way from cooling. The highest of flowering percentage, flower longevity on the bush, flowering stem height, fresh and dry weights were obtained in big bulbs with 20 days of bulb cooling. Flowering was not observed in 40 and 60 days of bulb cooling. According to the results of this research, it can be concluded that autumn daffodil bulb has a little cold requirement or the cold requirement is not obligatory. According to the results obtained, the treatment of 20 days of cooling with the big size of bulb is recommended although further research is needed to investigate the dormancy status of the bulb in terms of physiological, biochemical and molecular aspects.

Keywords: Autumn daffodil, cold requirement, bulb, flowering

1, 3. Graduated MSc. Student and Assistant Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Horticultural Science, College of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
*: Corresponding Author, Email: f.nazari@uok.ac.ir