



Investigating the Interaction Effects of Temperature, Benzylaminopurine and Antibacterial Compounds on Enzyme Activity and Vase Life of Cut Leaves of *Canna indica*

Fatemeh Aghebati¹, Vahid Reza Saffari², Homayoun Farahmand³

1. Department of Horticultural Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. E-mail: faghebati@agr.uk.ac.ir

2. Corresponding Author, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. E-mail: safari@uk.ac.ir

3. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. E-mail: hfarahmand@uk.ac.ir

Article Info

ABSTRACT

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 31 July 2023

Received in revised form: 24 October 2023

Accepted: 11 November 2023

Published online: 22 December 2023

Keywords:

Cut foliage,

Essential oil,

Postharvest,

Temperature conditions.

Indian shot (*Canna indica*) is a multipurpose ornamental plant, and due to its foliage value, its leaves are used in flower arrangements. The leaves of Indian shot have a short life after harvesting and quickly turn yellow and deteriorate. This research was done in the form of a factorial experiment in a completely randomized design with four replications. The experimental factors included three levels of benzylaminopurine (0, 10 and 20 mg/liter), four levels of antibacterial compounds including: silver nitrate (20 mg/liter), thyme essential oil (50 mg/liter), savory essential oil (50 mg/liter) and control, and two levels of the ambient temperature (10°C and 20°C). The results indicated that keeping the cut leaves of *Canna indica* flower at low temperature (10°C) was superior to high temperature (20°C) in all treatments and the lowest applied concentration of cytokinin (10 mg/liter) was more effective compared to higher concentration. Also, in terms of antibacterial compounds, the use of natural essential oils (thyme and savory), especially savory essential oil, was more effective than silver nitrate. The highest activity of enzymes peroxidase, ascorbate peroxidase, polyphenol oxidase, catalase, superoxide dismutase and proline accumulation and the lowest amount of hydrogen peroxide and malondialdehyde content were gained in the interaction treatment of 10°C, benzylaminopurine 10 mg/liter and savory essential oil (50 mg/liter). Therefore, the most desirable leaves with the longest vase life period and visual quality (33 days) were observed in this treatment, compared to the control (8 days).

Cite this article: Aghebati, F., Saffari, V. R. & Farahmand, H. (2023). Investigating the Interaction Effects of Temperature, Benzylaminopurine and Antibacterial Compounds on Enzyme Activity and Vase Life of Cut Leaves of *Canna indica*. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 54 (4), 643-660. DOI: <https://doi.org/10.22059/IJHS.2023.363125.2118>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/IJHS.2023.363125.2118>

Publisher: The University of Tehran Press.

Extended Abstract

Introduction

Indian shot (*Canna indica*, Cannaceae) is a rhizomatous bulbous plant with large leaves and prominent veins, whose leaves have a special aesthetic value for flower arrangement. The use of leafy plants is given special attention in the floriculture industry due to their special shape and unique color. Foliage plants include all plants that are generally grown for their branches and leaves, and the flowers are not aesthetically important in this group of ornamental plants. This group includes plants whose leaves are of interest and used as filler leaves. Cut foliages, while having a high economic value, are highly perishable. Postharvest senescence is a limiting factor in the marketability of woody cut species with a wide range of physiological processes. Since the importance of *Canna indica* and the use of its leaves in flower arrangement as a foliage plant have not been

covered so far, this research was performed to improve the postharvest quality of the Indian shot cut leaves using benzylaminopurine and natural essential oils of thyme and savory in different temperature conditions.

Materials and Methods

This research was carried out in the autumn of 2019 in the physiology research laboratory and cold storage of the department of horticulture sciences of Shahid Bahonar University of Kerman. The relative humidity in the laboratory environment was 20-30 % with a temperature of $20 \pm 1^\circ\text{C}$ and in the cold storage the humidity was 60-70 % with a temperature of $10 \pm 1^\circ\text{C}$. The leaves of *Canna indica* were placed in containers containing a preprepared vase solution. The experimental factors used in this research include Benzylaminopurine at three levels (0, 10 and 20 mg/liter), antibacterial compounds at four levels, including Silver nitrate (20 mg/liter), savory and thyme essential oils (50 mg/liter) and control (no consumption), and environmental temperatures at two levels (10°C and 20°C). This study was performed as a CRD-based factorial with four replications and two cut leaves in each replication. In this research, traits such as the activity of enzymes peroxidase, ascorbate peroxidase, polyphenol oxidase, catalase, superoxide dismutase and amounts of hydrogen peroxide, proline, malondialdehyde, along with the appearance quality and vase life of the leaves, were investigated.

Results and Discussion

The results showed that the interaction of ambient temperature, benzylaminopurine and antibacterial compounds on the amount of hydrogen peroxide accumulation, activity of peroxidase enzymes, ascorbate peroxidase, polyphenol oxidase, catalase, superoxide dismutase, proline amount, malondialdehyde content, leaf appearance quality and leaf vase life, was significant at the 0.01 level. With the increase in ambient temperature, the amount of hydrogen peroxide accumulation increased. The amount of malondialdehyde was also significantly increased when using silver nitrate combinational treatment of the of 10°C temperature and 20 mg/liter benzylaminopurine. Also, the longest vase life of the leaves along with maintaining their appearance quality were also observed in this treatment. It seems that lowering the temperature had a significant effect on increasing the leaf quality even at low concentration of benzylaminopurine. While increasing the amount of this cytokinin as an anti-aging regulator at high temperature could not reduce the destructive effects and appearance abnormalities. Decreasing the amount of malondialdehyde as an indicator of membrane stability has increased the vase life. According to the results, temperature increment, increased the enzyme activity in the cut leaves of Indian shot. The increase in enzyme activity is one of the primary defense mechanisms of plants, which improves the vase life of plants by reducing the damage caused by the production of phenols and reactive oxygen species.

Conclusion

The results revealed that the maximum durability and longevity of the leaves for 33 days, while maintaining their quality, occurred in the interaction treatment of 10°C temperature, 10 mg/liter benzylaminopurine and 50 mg/liter essential oil in the cold storage, which was accompanied by lowest amount of hydrogen peroxide accumulation and the lowest content of malondialdehyde. Additionally, an increase in the activity of antioxidant and oxidative enzymes to eliminate and reduce reactive *oxygen* species was observed in the same treatment.



بررسی اثرات برهمکنش دما، بنزیل آمینوپورین و ترکیبات آنتی باکتریال بر فعالیت آنزیمی و ماندگاری برگ‌های بریده گل اختر (*Canna indica*)

فاطمه عاقبتی^۱ | وحیدرضا صفاری^۲ | همایون فرهمند^۳

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: faghebati@agr.uk.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: safariv@uk.ac.ir

۳. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: hfarahmand@uk.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله:</p> <p>مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۹</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۰۲</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۰</p> <p>تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱</p> <p>کلیدواژه‌ها:</p> <p>اسانس، برگ‌ساره، پس از برداشت، شرایط دمایی.</p>	<p>گل اختر گیاهی زینتی و چند منظوره است که برگ‌های آن به دلیل ارزش برگ‌ساره‌ای در گل‌آرایی کاربرد دارند. برگ‌های این گیاه پس از برداشت، عمر کوتاهی داشته و سریع دچار زردی می‌شوند. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از: بنزیل آمینوپورین در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر)؛ ترکیبات آنتی باکتریال با چهار سطح شامل نیترات نقره (۲۰ میلی گرم در لیتر)، اسانس آویشن (۵۰ میلی گرم در لیتر)، اسانس مرزه (۵۰ میلی گرم در لیتر) و شاهد؛ و دمای محیط در دو سطح (۱۰ و ۲۰ درجه سلسیوس). نتایج نشان داد که نگهداری برگ‌های بریده گل اختر در دمای پایین (۱۰ درجه سلسیوس) در تمامی تیمارها نسبت به دمای بالا (۲۰ درجه سلسیوس) برتری داشت و پایین‌ترین غلظت کاربرد ساینوکینین (۱۰ میلی گرم در لیتر) در مقایسه با غلظت بالای آن اثرگذارتر بود. هم‌چنین در رابطه با ترکیبات آنتی باکتریال، استفاده از اسانس‌های طبیعی (آویشن و مرزه) به ویژه اسانس مرزه، مؤثرتر از نیترات نقره بود. بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، اسکوربات پراکسیداز، پلی فنول اکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و تجمع پرولین و کمترین میزان پراکسید هیدروژن و محتوای مالون‌دی‌آلدئید در برهمکنش دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس مرزه با غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر به دست آمدند. از این رو مطلوب‌ترین برگ‌ها با طولانی‌ترین دوره ماندگاری و کیفیت ظاهری به مدت ۳۳ روز، در مقایسه با شاهد که برگ آن ۸ روز دوام داشت، در تیمار برهمکنش دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس مرزه با غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر مشاهده گردید.</p>

استناد: عاقبتی، فاطمه؛ صفاری، وحیدرضا و فرهمند، همایون (۱۴۰۲). بررسی اثرات برهمکنش دما، بنزیل آمینوپورین و ترکیبات آنتی باکتریال بر فعالیت آنزیمی و ماندگاری برگ‌های بریده گل اختر (*Canna indica*). *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۴ (۴)، ۶۴۳-۶۶۰. DOI: <https://doi.org/10.22059/IJHS.2023.363125.2118>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/IJHS.2023.363125.2118>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

جنس گل اختر دارای چندین گونه است که از دیدگاه زینتی، دارویی و حتی خوراکی ارزشمند می‌باشند (*Chigurupatia et al.*, 2008). گل اختر هندی گیاهی گرمسیری و نیمه گرمسیری، بومی آمریکای جنوبی و شمالی و از تیره Cannaceae می‌باشد. گیاهی علفی، چند ساله، ریزوم‌دار با ساقه‌های طویل و بدون انشعاب که دارای برگ‌های بزرگ، پهن با رگبرگ‌های برجسته و بدون بریدگی می‌باشد. از این رو برگ آن نیز به باغچه زینت می‌دهد. طول ساقه آن ممکن است به ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر برسد. گل‌ها به رنگ‌های قرمز، نارنجی، صورتی، زرد، سفید و گاهی نیز دو رنگ دیده می‌شوند. مهم‌ترین گونه آن، اختر هندی است که دارای برگ‌های سبز تیره و گل‌های قرمز روشن و یا نارنجی است (*Indrayan et al.*, 2011). برخی از رقم‌های گل اختر دارای برگ‌ساره رنگی بوده و ارزش زیباشناختی ویژه‌ای برای طراحی دارند. از برگ‌های گل اختر در گل‌آرایی استفاده می‌شود. همچنین، در برخی از پژوهش‌ها از گل اختر برای پالایش آب تالاب‌های آلوده نیز استفاده شده است (*Sandoval et al.*, 2019).

باغبانی زینتی با بخش‌های مهم تجاری و اقتصادی از جمله گل بریده، یک صنعت گسترده با گردش مالی بزرگ در سطح جهان است (*Gabellini & Scaramuzzi*, 2022). همچنین، حوزه گلکاری و گل بریده، یک صنعت پویا و مهم از دیدگاه اقتصادی با فرصت‌ها و چالش‌های منحصر به فرد است (*Horibe*, 2020; *Darras*, 2021). بیش از ۹۰ کشور جهان در صنعت گل و گیاهان زینتی نقش دارند و این فعالیت سالیانه ارزشی برابر با ۱۳۰ میلیارد دلار دارد (*Meir & Philosoph-Hadas*, 2021). حدود ۱۰ درصد صنعت گل اروپا، مربوط به گیاهان برگ‌ساره‌ای می‌باشد (*Whelton*, 2020). به دلیل تنوع گسترده در گیاهان برگ‌ساره‌ای که دربرگیرنده درختان، درختچه‌ها، پیچ‌های چوبی، گیاهان خزنده، یک ساله‌ها، چند ساله‌های علفی، باریک برگان زینتی، نخل‌ها، سیکادها و سرخس‌ها می‌شود، گل‌فروشان و طراحان دسته گل امکانات بسیار خوبی برای نوآوری در گل‌آرایی دارند (*Treer-Windisch*, 2014; *Farahmand*, 2016). مجموع گونه‌های گیاهی که در حال حاضر با عنوان برگ‌ساره‌های بریده^۱ و شاخساره‌های بریده^۲ شناخته شده و برای گل‌آرایی به کار می‌روند، ۲۵ تا ۳۰ درصد بازار گل‌های بریدنی را تشکیل می‌دهند (*Gowthami et al.*, 2021).

کاربرد گیاهان برگ‌ساره‌ای به عنوان یک بخش جدایی ناپذیر از طراحی فضای سبز معاصر تبدیل شده است. این گروه گیاهان سبب ایجاد تنوع رنگی و طراوت گردیده و به دلیل ساختار و رنگ ویژه در اندام‌های رویشی هوایی خود در گلکاری مورد توجه هستند. حضور رنگ و شکل‌های خاص در این گیاهان سبب شده است که در صنعت گل‌آرایی و تزئین، مورد توجه ویژه قرار گیرند. بر اساس تعریف، گیاهان برگ‌ساره‌ای شامل همه گیاهانی هستند که عموماً برای تولید شاخه و برگ پرورش داده می‌شوند. در این گروه، گل‌ها در صورت وجود قابل توجه و جالب نیستند و معمولاً اهمیتی ثانویه داشته و در درجه دوم قرار می‌گیرند (*Idirisinghe et al.*, 2013). در واقع این گروه دربرگیرنده گیاهانی هستند که برگ‌های آن‌ها مورد توجه بوده و به صورت برگ‌ساره^۳ پُرکننده^۴ کاربرد دارند (*Aghebati et al.*, 2020). شرایط آب و هوایی مختلف در کشورهای تولیدکننده موجب گردیده است تا نمونه‌هایی از جنس‌های خاص گیاهی در این ارتباط بیشتر مورد توجه باشند. تاکنون پژوهش‌های کمی در مورد نگهداری اندام‌های این گروه از گیاهان برگ‌ساره در مراحل پس از برداشت نسبت به نگهداری گل‌های بریده صورت گرفته است (*Wirthenson & Sedgley*, 2000).

برگ‌های بریده ضمن داشتن ارزش اقتصادی زیاد، فسادپذیری بالایی دارند. تنفس بالا و حساسیت به آسیب دیدگی باعث گردیده که به مراقبت پس از برداشت بیشتری نیاز داشته باشند. پیری پس از برداشت عامل محدود کننده در بازاریابی

1 Indian shot (*Canna indica*)

2 Ornamental horticulture

3 Foliage plants

4. Cut foliage

5. Woody cuts

6 Filler

گونه‌های شاخه بریده می‌باشد. پیری را می‌توان مرحله نهایی زندگی یک اندام دانست که با یک‌سری رویدادهای طبیعی غیرقابل برگشت آغاز شده و در نهایت منجر به از بین رفتن سلول‌ها و مرگ اندام می‌شود. همچنین، فرآیند زوال طبیعی نیز پیری تلقی می‌شود که شامل گستره وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی است (Kaviani *et al.*, 2021). تلاش‌های زیادی برای افزایش عمر پس از برداشت گل‌ها با استفاده از تیمارهای شیمیایی مختلف انجام گرفته است، اما به دلیل سمیت اکثر مواد شیمیایی و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از آن‌ها، استفاده از ترکیبات طبیعی که فاقد اثرات جانبی بر انسان و محیط زیست بوده و نسبتاً ارزان باشند، اهمیت فراوانی دارد. استفاده از ترکیبات طبیعی در چند سال گذشته به عنوان ایده‌ای جدید در کنترل و کاهش ضایعات پس از برداشت محصولات باغبانی و گل‌های بریده مطرح می‌باشد. از جمله این مواد طبیعی می‌توان به اسانس‌های گیاهی که به طور کلی بی‌خطر تشخیص داده شده‌اند اشاره نمود. این ترکیبات دارای خواص ضد میکروبی بوده و نقش آن‌ها در کنترل قارچ‌ها به اثبات رسیده است. اسانس‌ها مواد فراری هستند که از قسمت‌های مختلف گیاهان معطر استخراج می‌شوند. برخی متابولیت‌های ثانویه شامل ترپنوئیدها، ترکیبات فنلی، فلاونول‌ها، فلاونوئیدها و آلکالوئیدها می‌باشند که مسئول خواص ضد میکروبی و ضد قارچی اسانس‌ها می‌باشند و می‌توان از آن‌ها در محلول‌های گل‌جایی گل‌های شاخه بریده و شاخه و برگ‌های زینتی، جهت کاهش مقدار ضایعات پس از برداشت استفاده نمود (Akhtar, 2014).

بنزیل آمینوپورین که یکی از سایتوکینین‌های مصنوعی محسوب می‌شود، برای جوان ماندن و تأخیر در پیری اندام‌های گیاهی بریده شده توصیه می‌شود، این تنظیم کننده رشد تخریب و تجزیه کلروفیل را به تأخیر می‌اندازد (Da Silva, 2003). در بین سایتوکینین‌ها معمولاً سایتوکینین‌های مصنوعی در به تأخیر انداختن پیری مؤثرتر هستند و علت آن احتمالاً پایداری بیشتر این ترکیبات است. این مواد به خاطر تأثیری که در ساخته شدن اسید نوکلئیک‌ها و پروتئین‌ها دارند، قادر هستند که پیری را در برگ‌ها و سایر اندام‌های گیاهی به تعویق بیندازند. سایتوکینین‌ها قادر به افزایش عمر گلدانی و جلوگیری از زرد شدن برگ در برخی از گل‌ها و برگ‌های بریده می‌باشند. در واقع سایتوکینین‌ها کمک می‌کنند تا حساسیت بافت‌های گیاه به اتیلن کاهش و در نتیجه عمر گلجایی و ماندگاری افزایش یابد، همچنین با حفظ کلروفیل، برگ‌ها کیفیت ظاهری بهتری داشته باشند (Hassanpour Asil *et al.*, 2011).

در مورد کاربرد تیمارها و مواد گوناگون برای افزایش عمر گلجایی برگ‌های بریده، اطلاعات چندانی در داخل کشور در دسترس نیست و نیاز به پژوهش‌های بیشتری وجود دارد. از آنجا که تاکنون به اهمیت گل اختر و کاربرد برگ‌های آن در گل‌آرایی به عنوان یک گیاه برگساره‌ای پرداخته نشده، این تحقیق با هدف افزایش ماندگاری پس از برداشت برگ‌های بریده گل اختر تحت تیمارهای مورد استفاده اجرا گردید.

پیشینه پژوهش

در این پژوهش اسانس‌های آویشن و مرزه مورد استفاده قرار گرفتند. در زمینه کاربرد ترکیبات آنتی‌باکتریال بررسی‌ها نشان داده است که در برگ‌های بریده مارچوبه سرخسی، تیمار ضربانی ترکیب ساکارز به همراه ۲۵ میلی‌گرم در لیتر تنظیم‌کننده بنزیل‌آدنین و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر ۸-هیدروکسی کینولین سیترات، باعث افزایش عمر گلجایی شده است (Safeena *et al.*, 2013). نتایج تحقیقی دیگر در گل بریده ژبربا با غلظت‌های متفاوت اسانس آویشن شیرازی نشان داده است که تیمار آویشن شیرازی با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه ساکارز ۳ درصد مؤثرتر واقع شده و موجب افزایش میزان جذب محلول، وزن تر نسبی، میزان آنتوسیانین، مواد جامد محلول ساقه، شاخص ثبات غشای سلولی و کیفیت گل‌های شاخه بریده می‌شود. فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در این تیمار نسبت به نمونه شاهد با سرعت کمتری کاهش یافت و عمر ماندگاری ژبربا نیز نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش داشت (Darini *et al.*, 2013).

در پژوهشی که درباره ماندگاری و کیفیت گل بریده نرگس رقم شهلا صورت گرفته بود نتایج نشان داد که تیمار ۵۰ میلی گرم در لیتر اسانس مرزه سبب بهبود جذب محلول و عمر گلجایی گل‌ها و کاهش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز شد. در مقابل تیمار ۲۰۰ میلی گرم در لیتر اسانس آویشن با آسیب رساندن به ساقه گل‌ها سبب کاهش کیفیت و عمر گلجایی شد. در این زمینه محققان اظهار داشتند که تیمار اسانس مرزه نسبت به اسانس آویشن عمر گلجایی گل‌های نرگس را بیشتر افزایش داده است (Baninaeim & Samsampour, 2016).

در گزارشی آمده است که گل‌های بریدنی مناطق گرمسیری مانند مریم، اغلب به دمای پایین حساس بوده و بایستی در دماهای ۸ تا ۱۵ درجه سلسیوس نگهداری شوند. دما یک ارتباط تنگاتنگ با تنفس محصول داشته و افزایش دما باعث افزایش تنفس و کاهش عمر گلجایی می‌شود. انبارمانی در دمای بالا و شرایط تاریکی منجر به زرد شدن برگ‌های ارقام خاصی از داوودی، آلسترومیا و مارگریت شده است. در دمای پایین، از دست دادن آب بافت، رشد و گسترش میکروارگانیزم‌ها با سرعت کمتری اتفاق می‌افتد (Edrisi *et al.*, 2011). دمای بالا در طول دوره رشد، عمر قفسه‌ای گل‌ها، برگ‌ها و نیز کیفیت آن‌ها را کاهش می‌دهد و همچنین مصرف کربوهیدرات‌های موجود و اتلاف آب در بافت‌ها، با افزایش دما تسریع می‌گردد. دمای مناسب برای نگهداری گل‌ها و برگ‌های شاخه بریده بر اساس گونه گیاهی و مرحله نموی گیاه متفاوت می‌باشد. نگهداری گل و برگ‌های شاخه بریده در انبار سرد موجب افزایش ماندگاری و تازه ماندن آن‌ها می‌گردد که این امر منجر به افزایش بازارپسندی می‌شود (Ahmad *et al.*, 2013).

اهمیت پژوهش در زمینه گل‌ها و برگ‌های بریدنی به دلیل فاصله‌های زیاد بین قطب‌ها و محل‌های تولید و مصرف، خیلی بیشتر از گذشته است (Salehi Selmi & Korkei, 2021). برای این که شاخساره‌های بریده مورد پذیرش پرورش دهندگان و نیز گل فروشان قرار بگیرند، لازم است تا اطلاعات بیشتری در مورد انتقال و پس از برداشت آن‌ها وجود داشته باشد. مواردی همچون دمای هوا، دمای آب، پیش تیمارها، محل انبار و ترکیب محلول گلجایی، ضروری هستند (Aghebati *et al.*, 2020).

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در پاییز سال ۱۳۹۹ در آزمایشگاه و سردخانه تحقیقاتی فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. میزان و شدت نور موجود در محل آزمایشگاه و سردخانه ۱۱/۴۹-۱۰/۸۱ میکرومول بر ثانیه در متر مربع بود که از طریق نور طبیعی و نوردهی تکمیلی با استفاده از لامپ فلورسنت تأمین شد. طول دوره روشنی در طی این آزمایش به صورت ۲۴ ساعت روشنی کامل، رطوبت نسبی در محیط آزمایشگاه ۳۰-۲۰ درصد با دمای 1 ± 20 درجه سلسیوس و در محیط سردخانه رطوبت ۷۰-۶۰ درصد با دمای 1 ± 10 درجه سلسیوس بود. شرایط در طول دوره آزمایش ثابت نگه داشته شد.

برگ‌های گل اختر هندی از بوته‌های موجود این گیاه در مجموعه تولیدی فضای سبز دانشگاه شهید باهنر کرمان در صبح زود به دلیل شادابی و محتوای آبی بالا برداشت شدند و در کمترین زمان ممکن به آزمایشگاه منتقل گردیدند. اساس انتخاب برگ‌ها بر این بود که برگ‌های جوانی که نزدیک به رأس بوته قرار داشتند، قطع شوند. سپس برگ‌ها به طور تصادفی تا پایان آزمایش در داخل ظروف حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول‌های حاوی تیمارهای به کار رفته در این مطالعه قرار گرفتند. جهت نگهداری برگ‌ها در طی دوره پس از برداشت از ظروف شیشه‌ای استفاده شد که قبل از استفاده، شسته شده و با اتانول ۷۰ درصد ضدعفونی شده بودند. برای جلوگیری از اثر احتمالی نور محیط، روی محلول گلجایی و برای به حداقل رساندن تبخیر و جلوگیری از آلودگی سطح ظروف پوشانده شد. تیمارهای به کار رفته در این پژوهش شامل: فاکتور اول بنزیل‌آمینوپورین (تهیه شده از شرکت سیگما آلدریج) در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر)، فاکتور دوم ترکیبات آنتی‌باکتریال با چهار سطح شامل نیترات نقره (تهیه شده از شرکت مرک آلمان) در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و اسانس‌های گیاهی آویشن و مرزه (تهیه شده از شرکت باریج اسانس اصفهان) در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به صورت مجزا از هم و شاهد (عدم مصرف ترکیبات

آنتی باکتریال) و فاکتور سوم درجه حرارت محل نگهداری با دو سطح شامل دمای محیط آزمایشگاه (۲۰ درجه سلسیوس) و دمای محیط سردخانه (۱۰ درجه سلسیوس) بودند. طرح آزمایشی مورد استفاده در این پژوهش، فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و دو برگ بریده در هر تکرار بود. در این تحقیق صفاتی نظیر مقادیر پراکسید هیدروژن، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز، پلی فنول اکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و تجمع پرولین، مالون‌دی‌آلدئید، به همراه کیفیت ظاهری و ماندگاری برگ‌ها مورد بررسی قرار گرفتند.

بررسی دوره ماندگاری و عمر گلجایی برگ‌ها، بر اساس تعداد روزها از زمان قرار گرفتن برگ‌ها در ظروف آزمایش (روز صفر) تا مشاهده علائم پژمردگی ۵۰ درصد برگ‌های هر تیمار، محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری کیفیت ظاهری برگ‌ها، ۵ مشخصه شامل سوختگی برگ، لوله شدن و تغییر حالت برگ، رنگ پریدگی، زاویه خمش و در نهایت خشکی و شکنندگی، هر یک به صورت مجزا برای هر برگ در نظر گرفته و اندازه‌گیری شد. امتیازدهی بر اساس روش Clark *et al.* (2010) بود. به گونه‌ای که به هر یک از این مشخصات حداکثر ۴ امتیاز داده شد و در هر مرحله از بازدید جمع امتیازهای ۵ صفت فوق به کیفیت ظاهری هر برگ اختصاص داده شد. نحوه امتیازدهی به شکلی بود که برگ‌ها که هیچ نشانی از تغییر نداشت و به طور کامل سالم بود، امتیاز ۲۰ و برگ‌هایی که از درصد سلامت آن‌ها کم شده بود، از امتیاز آن‌ها به نسبت درصد تغییر مشخصات ظاهری، بر حسب هر یک از مشخصات ذکر شده در بالا کم می‌شد. امتیاز ۲۰ یعنی برگ در مرحله عالی بوده است، به تدریج از امتیازها کاسته شده به نحوی که برگ‌های با امتیاز کمتر از ۱۰ به تدریج از بازارپسندی آن‌ها کاسته و جزء برگ‌های از دست رفته محسوب می‌شدند.

میزان تجمع پراکسید هیدروژن طبق روش Harinasut *et al.* (2003) در طول موج ۳۹۰ نانومتر، فعالیت آنزیم پراکسیداز با روش Liang *et al.* (2018) در طول موج ۴۳۶ نانومتر، فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز بر اساس روش Asada (2006) در طول موج ۲۹۰ نانومتر، فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز طبق روش Nguyen *et al.* (2003) در طول موج ۴۲۰ نانومتر، فعالیت آنزیم کاتالاز با روش Zhang *et al.* (2013) در طول موج ۲۴۰ نانومتر، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با روش Zhang *et al.* (2013) در طول موج ۵۶۰ نانومتر، سنجش مقدار پرولین با روش Carillo *et al.* (2008) در طول موج ۵۲۰ نانومتر و سنجش میزان مالون‌دی‌آلدئید بر اساس روش Turkan *et al.* (2005) در طول موج ۵۳۲ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر یو وی ویزیبیل ۲۱۰۰ مدل یونیکو (ساخت آمریکا، خوانده شد.

تجزیه و تحلیل‌های آماری طبق آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام و کلیه داده‌های حاصل از آزمایش مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقادیر میانگین با روش چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند. محاسبات تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS و اثرات متقابل نیز با نرم‌افزار MSTATC انجام شد.

یافته‌های پژوهش

پراکسید هیدروژن

بررسی‌ها نشان داد که برهمکنش دمای محیط، بنزیل آمینوپورین و باکتری کش بر میزان پراکسید هیدروژن در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین تجمع پراکسید هیدروژن در تیمار برهمکنش دمای ۲۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و اسانس آویشن، به میزان ۰/۵۲ میلی‌مولار بر گرم وزن تر دیده شد. کمترین میزان پراکسید هیدروژن در تیمار برهمکنش دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و اسانس مرزه، به میزان ۰/۰۷ میلی‌مولار بر گرم وزن تر مشاهده گردید (جدول ۲).

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی برگ‌های بریده گل اختر تحت برهمکنش دمای محیط، بنزیل‌آمینوپورین و مواد آنتی‌باکتریال.

میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	پراکسید هیدروژن	پراکسیداز	آسکورات پراکسیداز	پلی فنول اکسیداز	کاتالاز
دمای محیط	۱	**۰/۲۸	**۱۴/۲۸	**۱۴/۹۲	**۱۸/۲۲	**۲/۲۷
بنزیل‌آمینوپورین	۲	**۰/۰۳	**۶/۵۱	**۵/۷۳	**۴/۸۰	**۰/۷۷
ترکیبات آنتی‌باکتریال	۳	**۰/۰۵	**۸/۶۵	**۷/۴۲	**۶/۸۵	**۰/۳۱
دمای محیط*بنزیل‌آمینوپورین	۲	**۰/۰۸	**۳/۶۱	**۳/۹۲	**۷/۰۷	**۰/۸۱
دمای محیط*ترکیبات آنتی‌باکتریال	۳	**۰/۰۷	**۰/۵۳	**۰/۵۵	**۰/۴۱	**۰/۱۱
بنزیل‌آمینوپورین*ترکیبات آنتی‌باکتریال	۶	**۰/۰۱	**۱/۰۱	**۰/۸۸	**۱/۶۳	**۰/۰۷
دما*بنزیل‌آمینوپورین*ترکیبات آنتی‌باکتریال	۶	**۰/۰۱	**۰/۶۸	**۰/۵۶	**۱/۴۸	**۰/۰۵
خطا	۷۲	۰/۴۱	۰/۶۳	۰/۵۹	۰/۴۴	۰/۲۲

*, **, و ns: به ترتیب نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار. (منبع: یافته‌های تحقیق)

جدول ۱ (ادامه). تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی برگ‌های بریده گل اختر تحت برهمکنش دمای محیط، بنزیل‌آمینوپورین و مواد آنتی‌باکتریال.

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	سوپراکسید دیسموتاز	پرولین	مالون‌دی‌آلدئید	کیفیت ماندگاری
دمای محیط	۱	**۴۲/۶۳	**۲/۲۶	**۲۲/۴۱	**۱۱۱/۰۵
بنزیل‌آمینوپورین	۲	**۲۱/۸۸	**۰/۸۱	**۷/۰۳	**۲۹/۶۲
ترکیبات آنتی‌باکتریال	۳	**۲۷/۳۵	**۱/۰۸	**۸/۳۶	**۳۷/۸۲
دمای محیط*بنزیل‌آمینوپورین	۲	**۷/۲۵	**۰/۷۳	**۴/۶۰	**۸۵/۷۶
دمای محیط*ترکیبات آنتی‌باکتریال	۳	**۱/۸۲	**۰/۰۶	**۱/۱۶	**۳۱/۱۸
بنزیل‌آمینوپورین*ترکیبات آنتی‌باکتریال	۶	**۲/۶۹	**۰/۰۹	**۲/۰۲	**۱۰/۲۱
دما*بنزیل‌آمینوپورین*ترکیبات آنتی‌باکتریال	۶	**۱/۴۴	**۰/۱۰	**۱/۱۲	**۲۰/۷۹
خطا	۷۲	۰/۵۴	۰/۶۳	۰/۳۷	۴/۴۸

*, **, و ns: به ترتیب نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار. (منبع: یافته‌های تحقیق)

فعالیت آنزیم پراکسیداز

نتایج حاکی از آن بود که اثرات متقابل دما، بنزیل‌آمینوپورین و باکتری کش بر آنزیم پراکسیداز در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ۱). بیشترین میزان فعالیت پراکسیداز در تیمار برهمکنش دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل‌آمینوپورین ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و اسانس مرزه، به میزان ۵/۰۴ واحد بر میلی‌گرم پروتئین دیده شد و کمترین میزان آن در تیمار اثرات متقابل دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل‌آمینوپورین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و نیترا نقره، به میزان ۱/۸۷ واحد بر میلی‌گرم پروتئین مشاهده گردید (جدول ۲). رادیکال‌های آزاد تولید شده با اکسیداسیون لیپیدها، پروتئین‌ها و اسید نوکلئیک‌ها در متابولیسم گیاه اختلال ایجاد می‌کنند و به این ترتیب فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت را تحت تأثیر قرار می‌دهند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، افزایش دما سبب افزایش فعالیت آنزیمی در گیاه گردیده است.

فعالیت آنزیم آسکورات پراکسیداز

بررسی نتایج بیانگر آن بود که برهمکنش دمای محیط، بنزیل‌آمینوپورین و باکتری کش بر فعالیت آنزیم آسکورات پراکسیداز در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). بیشترین میزان فعالیت آنزیم آسکورات پراکسیداز در تیمار اثرات متقابل دمای

۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس مرزه، به میزان ۵/۱ واحد بر میلی گرم پروتئین دیده شد. کمترین میزان فعالیت آسکوربات پراکسیداز در تیمار توأم دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۲۰ میلی گرم در لیتر و نیترا نقره، به میزان ۱/۸۷ واحد بر میلی گرم پروتئین مشاهده گردید (جدول ۲).

فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز

طبق نتایج برهمکنش دما، بنزیل آمینوپورین و باکتری کش بر فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز در تیمار توأم دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس مرزه، به میزان ۵/۹۱ واحد بر میلی گرم پروتئین دیده شد. کمترین فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز در تیمار توأم دمای ۲۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس آویشن، به میزان ۲/۳۴ واحد بر میلی گرم پروتئین مشاهده گردید (جدول ۲).

فعالیت آنزیم کاتالاز

بررسی اثرات متقابل دما، بنزیل آمینوپورین و باکتری کش بر آنزیم کاتالاز در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار توأم دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس مرزه، به میزان ۱/۷۸ واحد بر میلی گرم پروتئین دیده شد. کمترین میزان فعالیت کاتالاز در تیمار اثرات متقابل دمای ۲۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس آویشن، به میزان ۰/۵۴ واحد بر میلی گرم پروتئین مشاهده گردید (جدول ۲).

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

نتایج فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در این پژوهش حاکی از اثرات متقابل معنی دار تیمارهای به کار رفته بود (جدول ۱). بیشترین مقدار فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در برهمکنش دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس مرزه، به میزان ۷/۴۵ واحد بر گرم وزن تر دیده شد. کمترین مقدار فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمار اثرات متقابل دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۲۰ میلی گرم در لیتر و نیترا نقره، به میزان ۱/۹۰ واحد بر گرم وزن تر مشاهده گردید (جدول ۲).

تجمع پرولین

اثرات متقابل تیمارهای به کار رفته بر صفت پرولین در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). بیشترین میزان پرولین در تیمار توأم دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس مرزه، به میزان ۱/۵ میکرومول بر گرم وزن تر دیده شد. کمترین میزان پرولین در تیمار برهمکنش دمای ۲۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس آویشن، به میزان ۰/۲ میکرومول بر گرم وزن تر مشاهده گردید (جدول ۲).

محتوای مالون دی آلدئید

بر اساس یافته‌ها، اثرات متقابل دمای محیط، بنزیل آمینوپورین و باکتری کش بر صفت مالون دی آلدئید در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین محتوای مالون دی آلدئید در تیمار برهمکنش دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۲۰ میلی گرم در لیتر و نیترا نقره، به میزان ۳/۸۹ نانومول بر گرم وزن تر دیده شد. کمترین محتوای مالون دی آلدئید در تیمار اثرات متقابل دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس مرزه، به میزان ۰/۷۳ نانومول بر گرم وزن تر مشاهده گردید (جدول ۲).

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی برگ‌های بریده گل اختر تحت برهمکنش دما، بنزیل‌آمینوپورین و مواد آنتی‌باکتریال.

کاتالاز	پلی‌فتول اکسیداز	آسکوریات پراکسیداز	پراکسیداز	پراکسید هیدروژن	مواد آنتی باکتریال	بنزیل‌آمینوپورین	دما
(واحد بر میلی‌گرم پروتئین)	(واحد بر میلی‌گرم پروتئین)	(واحد بر میلی‌گرم پروتئین)	(واحد بر میلی‌گرم پروتئین)	(میلی‌مولار بر گرم وزن تر)	(میلی‌گرم در لیتر)	(میلی‌گرم در لیتر)	(درجه سلسیوس)
l./۷۷	k۴/۱۶	k۲/۹۱	k۲/۸۱	fg./۳۱	عدم استفاده		
ijkl./۷۹	q۳/۳۱	p۲/۴۵	n۲/۳۹	ef./۳۳	نیترات نقره	.	
ijk./۸۸	o۳/۴۸	m۲/۶۱	lm۲/۵۳	de./۳۵	اسانس آویشن		
g./۹	j۴/۲۷	e۳/۹۰	e۴/۱۲	h./۲۷	اسانس مرزه		
ij./۸۱	l۴/۱۱	l۲/۷۹	k۲/۷۸	efg./۳۲	عدم استفاده		۲۰
m./۷۲	p۲/۴۳	n۲/۵۵	m۲/۴۸	c./۳۸	نیترات نقره	۱۰	
o./۵۴	u۲/۳۴	q۲/۱۷	o۲/۲۸	a./۵۲	اسانس آویشن		
gh./۸۹	i۴/۳۱	e۳/۸۷	e۴/۱۴	h./۲۷	اسانس مرزه		
ijkl./۷۵	q۳/۳۳	o۲/۴۹	n۲/۴۳	ef./۳۳	عدم استفاده		
kl./۷۸	s۲/۹۰	r۲/۰۱	p۱/۹۷	fg./۳۱	نیترات نقره	۲۰	
ijkl./۷۸	n۳/۶۲	i۳/۲۹	i۳/۳۸	e./۳۴	اسانس آویشن		
i./۸۲	m۴/۰۷	l۲/۷۸	k۲/۸	efg./۳۲	اسانس مرزه		
h./۸۷	m۴/۰۴	f۳/۸۲	f۳/۹۰	gh./۲۸	عدم استفاده		
m./۷۲	s۲/۸۸	m۲/۵۸	l۲/۵۶	c./۴	نیترات نقره	.	
m./۷۲	r۲/۱۶	k۲/۹۱	j۲/۸۹	cd./۳۸	اسانس آویشن		
e۱/۱	g۴/۷۹	d۴/۲	d۴/۳۲	ijkl./۱۷	اسانس مرزه		
c۱/۲۹	f۴/۹۶	c۴/۴	c۴/۵۱	kl./۱۶	عدم استفاده		
d۱/۱۸	b۵/۴۱	g۳/۶۵	g۳/۷۱	ijk./۱۹	نیترات نقره	۱۰	۱۰
b۱/۴۱	c۵/۳۷	b۴/۸۱	b۴/۷۷	l./۱۴	اسانس آویشن		
a۱/۷۸	a۵/۹۱	a۵/۱	a۵/۰۴	m./۰۷	اسانس مرزه		
gh./۸۸	h۴/۴۲	j۳/۰۲	j۲/۹۰	fg./۳۱	عدم استفاده		
n./۶۶	t۲/۷۲	s۱/۸۷	q۱/۸۷	b./۴۵	نیترات نقره	۲۰	
f۱/۰۴	e۵/۰۷	h۳/۵	i۳/۳۸	ij./۲	اسانس آویشن		
f۱/۰۴	d۵/۱	h۳/۴۷	h۳/۵۲	i./۲۲	اسانس مرزه		

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند. (منبع: یافته‌های تحقیق)

جدول ۲ (ادامه). مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی برگ‌های بریده گل اختر تحت برهمکنش دما، بنزیل آمینوپورین و مواد آنتی باکتریال.

ماندگاری	کیفیت	مالون دی آلدئید	پرولین	سوپراکسید دیسموتاز	مواد آنتی باکتریال	بنزیل آمینوپورین	دما
(روز)	(امتیاز)	(نانومول بر گرم وزن تر)	(میکرومول بر گرم وزن تر)	(واحد بر گرم وزن تر)	(میلی گرم در لیتر)	(میلی گرم در لیتر)	(درجه سلسیوس)
mn ₈	hi ₉	h ₃ /15	h ₀ /64	۱۴/۲	عدم استفاده		
no ₇	ij ₈ /25	f ₃ /34	k ₀ /4	۱۲/۵۷	نیترا ت نقره	.	
klm ₁₀	f ₁₃ /25	g ₃ /26	j ₀ /45	۹۳/۳۴	اسانس آویشن		
d ₂₅	cd ₁₄ /5	p ₁ /49	e ₀ /92	۵۵/۹۱	اسانس مرزه		
klm ₁₀	g ₁₁ /5	e ₃ /38	i ₀ /6	m ₄ /09	عدم استفاده		
lmn ₉ /25	ij ₈ /25	c ₃ /49	k ₀ /4	۲۳/۲۷	نیترا ت نقره	۱۰	۲۰
hi ₁₈	cdef ₁₄	b ₃ /58	n ₀ /2	p ₃ /58	اسانس آویشن		
d ₂₅	cd ₁₄ /5	o ₁ /55	e ₀ /91	f ₅ /78	اسانس مرزه		
lmn ₉	h ₉ /25	e ₃ /38	k ₀ /41	s ₂ /7	عدم استفاده		
o ₅	kl ₇ /25	c ₃ /5	l ₀ /35	u ₂ /09	نیترا ت نقره	۲۰	
ef ₂₂	cde ₁₄ /25	m ₁ /91	i ₀ /6	h ₅ /01	اسانس آویشن		
kl ₁₀ /5	f ₁₃ /25	d ₃ /42	i ₀ /59	n ₃ /99	اسانس مرزه		
de ₂₄	cd ₁₄ /5	n ₁ /65	f ₀ /86	f ₅ /78	عدم استفاده		
gh ₁₉	def ₁₃ /75	i ₂ /94	l ₀ /36	o ₃ /93	نیترا ت نقره	.	
fg ₂₁	cdef ₁₄	j ₂ /57	j ₀ /45	k ₄ /38	اسانس آویشن		
c ₂₈	c ₁₄ /75	q ₁ /04	d ₁ /03	d ₆ /46	اسانس مرزه		
bc ₂₉	b ₁₆ /5	r ₀ /94	c ₁ /1	e ₆ /68	عدم استفاده		
ij ₁₆	def ₁₃ /75	l ₂ /03	e ₀ /91	ε ₅ /4	نیترا ت نقره	۱۰	۱۰
ab ₃₁	ab ₁₇ /25	s ₀ /8	b ₁ /26	b ₇ /12	اسانس آویشن		
a ₃₃	a ₁₇ /75	t ₀ /73	a ₁ /5	a ₇ /45	اسانس مرزه		
k ₁₂	ef ₁₃ /5	i ₂ /97	h ₀ /66	j ₄ /42	عدم استفاده		
o ₅ /75	j ₈	a ₃ /89	m ₀ /25	v ₁ /90	نیترا ت نقره	۲۰	
j ₁₅	ef ₁₃ /5	k ₂ /38	g ₀ /81	i ₄ /93	اسانس آویشن		
j ₁₅ /5	ef ₁₃ /5	k ₂ /4	ε ₀ /8	i ₄ /95	اسانس مرزه		

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار

می‌باشند. (منبع: یافته‌های تحقیق)

کیفیت ظاهری برگ

یافته‌ها نشان داد که برهمکنش دمای محیط، بنزیل آمینوپورین و باکتری کش بر کیفیت ظاهری برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۱). بیشترین میزان کیفیت ظاهری برگ به ترتیب در تیمار توأم دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس مرزه و نیز اثرات متقابل دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس آویشن با امتیاز ۱۷/۷۵ و ۱۷/۲۵ دیده شد. کمترین میزان کیفیت ظاهری برگ در تیمار توأم دمای ۲۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۲۰ میلی گرم در لیتر و نیترات نقره با کمترین امتیاز به مقدار ۷/۲۵ مشاهده گردید (جدول ۲). کاهش دما تأثیر به سزایی در افزایش کیفیت برگ حتی در غلظت پایین بنزیل آمینوپورین داشت. در حالی که افزایش مقدار این سایتوکینین به عنوان یک تنظیم‌کننده ضد پیری در دمای بالا نتوانست که اثرات مخرب و ناهنجاری‌های ظاهری را کاهش دهد.

ماندگاری و عمر برگ

یکی از مهم‌ترین صفات در نگهداری پس از برداشت اندام گیاهی، طول عمر انباری یا ماندگاری می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که اثرات متقابل بین تیمارهای مورد استفاده معنی‌دار است (جدول ۱). بیشترین تعداد روزهای ماندگاری برگ به ترتیب در تیمار اثرات متقابل دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس مرزه و نیز تیمار توأم دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۱۰ میلی گرم در لیتر و اسانس آویشن، به ترتیب به میزان ۳۳ و ۳۱ روز بود. کمترین میزان دوام برگ هم در تیمار برهمکنش دمای ۲۰ درجه سلسیوس، بنزیل آمینوپورین ۲۰ میلی گرم در لیتر و نیترات نقره به مدت ۵ روز بود (جدول ۲).

بحث

پیری بافت‌های گیاهی از جمله پدیده‌هایی است که در سطح یاخته یا دیگر اندام‌های گیاه رخ می‌دهد. این پدیده با واکنش‌های اکسایشی در یاخته همراه است که منجر به تخریب غشاء می‌شود (Kumar et al., 2010). از آنجا که گونه‌های رادیکال اکسیژن یکی از مهم‌ترین عوامل در پیری زودرس هستند و از سوی دیگر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سبب خنثی شدن اثر سمی رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شوند، بنابراین فعالیت این آنزیم‌ها از پیری برگ‌ها ممانعت می‌کند. علاوه بر آن وقتی برگ‌ساره‌ها و شاخه‌های بریده از گیاه مادری جدا می‌شوند دچار تنش به ویژه تنش کم آبی شده و فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها در چنین شرایطی به وجود می‌آید (Mortazavi et al., 2007). آنزیم‌های پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز، پلی فنول اکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز از جمله مهم‌ترین و کارآمدترین آنزیم‌های دفاع آنتی‌اکسیدانی و خط دفاعی اولیه برای حذف رادیکال‌های آزاد هستند (Hasanuzzaman et al., 2020). عمر پس از برداشت گل‌های بریده و برگ‌ساره‌ای، اغلب در اثر بسته شدن انتهای ساقه و آوندهای چوبی توسط انسداد میکروبه‌ها، انسداد فیزیولوژیک و وجود هوا در آوندهای چوبی تحت تأثیر قرار می‌گیرد که باعث عدم جذب آب و یا ترشح آنزیم‌های خارج سلولی می‌گردد که می‌تواند دیواره سلولی لوله‌های آوندی را تخریب کند (Damunupola et al., 2010). یکی از بهترین منابع آنتی‌اکسیدان طبیعی، ترکیبات فنولی موجود در اسانس‌های گیاهی هستند. نقش اسانس‌ها در حفاظت گیاهان، نوعی مکانیسم دفاعی آنتی‌اکسیدانی است که از ساختار غشاء سلولی در مقابل پراکسیداسیون لیپیدها محافظت می‌کند. این ترکیبات طبیعی دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، توانایی خنثی سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن و پایداری دیواره و غشای سلولی هستند (Jalili Marandi et al., 2011).

طبق نتایج به دست آمده از این پژوهش به نظر می‌رسد که کاهش دما تأثیر به سزایی در افزایش کیفیت برگ حتی در غلظت پایین بنزیل آمینوپورین داشته است. در حالی که افزایش مقدار این سایتوکینین به عنوان یک تنظیم‌کننده ضد پیری در دمای بالا نتوانسته است که اثرات مخرب و ناهنجاری‌های ظاهری را کاهش دهد. کاهش مقدار مالون دی‌آلدئید نیز به عنوان

شاخص پایداری غشاء سبب افزایش عمر گلجایی شده است. از سوی دیگر افزایش دما سبب افزایش فعالیت آنزیمی در برگ‌های بریده گل اختر شده است. به نظر می‌رسد که افزایش دمای محیط نقش بسیار مهمی در افزایش تجمع پراکسید هیدروژن داشته است. غلظت بالا و سمی رادیکال‌های فعال اکسیژن باعث آسیب شدید به غشاء و ساختارهای پروتئینی، مهار فعالیت آنزیم‌های متعدد از مسیرهای متابولیک و در نتیجه اکسیداسیون ماکرومولکول‌هایی از جمله لیپیدها و DNA می‌شود، بنابراین سبب مرگ ناگهانی سلول می‌گردد (Gill & Tuteja, 2010).

افزایش فعالیت آنزیمی یکی از مکانیسم‌های دفاعی اولیه گیاهان است که با کاهش آسیب‌های ناشی از تولید فنول‌ها و رادیکال‌های آزاد اکسیژن، سبب بهبود عمر گلجایی می‌گردد (Hasanuzzaman *et al.*, 2020). آنزیم پلی‌فنول اکسیداز از آنزیم یاخته‌ای است که با اکسایش فنول‌ها ایجاد رنگ قهوه‌ای می‌نماید که در مورد برگ‌های شاخه بریده سبب کاهش کیفیت و بازاری‌پسندی آن‌ها می‌شود. یافته‌ها به اثر مستقیم دما بر میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز اشاره داشتند. با افزایش دما، فعالیت این آنزیم افزایش یافت. افزایش فعالیت این آنزیم از طریق کاهش آسیب‌های ناشی از تولید فنول‌ها و رادیکال‌های آزاد، باعث بهبود عمر گلجایی می‌گردد (Gill & Tuteja, 2010). آنزیم کاتالاز نیز مسئول حذف بخش عظیمی از مولکول‌های پراکسید هیدروژن است. به نظر می‌رسد که میزان فعالیت آنزیم کاتالاز به منظور خنثی کردن اثرات رادیکال‌های آزاد اکسیژن و پایداری غشاء، افزایش یافته است (Motakefi *et al.*, 2021). افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نیز از دیگر مکانیسم‌های دفاعی اولیه گیاهان در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن است. نتایج به دست آمده از این پژوهش بیانگر آن بود که فعالیت این آنزیم افزایش یافته است که با توجه به نقش آن در تعدیل رادیکال سوپراکسید، این افزایش توجیه‌پذیر است.

تجمع پرولین یکی از شاخص‌های بیوشیمیایی پیری است. پرولین به عنوان یک اسمولیت سازگار کننده نقش مهمی در تنظیم اسمزی درون سلولی، پایدار کردن ساختار پروتئین‌ها و غشای سلولی و نیز جاروب کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن دارد (Wang *et al.*, 2014). همچنین در این پژوهش کاهش مقدار مالون‌دی‌آلدئید سبب افزایش عمر گلجایی برگ‌های بریده گل اختر است. کاهش مقدار مالون‌دی‌آلدئید نشان دهنده پایداری و یکپارچگی بیشتر غشاهای سلولی می‌باشد که با کاهش پراکسیداسیون لیپیدها، حفظ یکپارچگی غشاء و ساختار سلولی، عمر گلجایی افزایش می‌یابد (Arefnia *et al.*, 2019). رادیکال‌های آزاد اکسیژن با پراکسیداسیون اسیدهای چرب اشباع، آلدئیدهایی مانند مالون‌دی‌آلدئید تولید می‌کنند که این محصولات آلدئیدی معمولاً به عنوان شاخص تنش اکسایشی اندازه‌گیری می‌شوند (Shulaev & Oliver, 2006).

در گزارشی تأثیر کاربرد بنزیل‌آدنین در غلظت‌های مختلف در کاهش فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده در برگ‌های گیاه هوستا به اثبات رسیده است (Rabiza-Swider *et al.*, 2004). در گل بریده نرگس رقم شهلا استفاده از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر مرزه سبب بهبود جذب محلول و عمر گلجایی گل‌ها و کاهش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز شده است (Baninaeim & Samsampour, 2016). همچنین، نتایج تحقیقی در گل بریده ژربرا نشان داد که فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در تیمار ۵۰ میلی‌گرم در لیتر آویشن باغی نسبت به شاهد با سرعت کمتری کاهش پیدا کرد و ماندگاری و شادابی گل بریده ژربرا نیز نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت (Darini *et al.*, 2013). محققان تجمع پرولین در زمان پیری گل و نیز در مرحله پیری برگ‌ها را در گیاه شیپوری گزارش کردند (Rabiza-Swider *et al.*, 2004)، در حالی که در رابطه با گل رز، افزایش میزان پرولین تنها در زمان پیری گلبرگ‌ها گزارش شده است (Kumar *et al.*, 2008). نتایج پژوهشی در گل‌های بریده آلسترومریا، ثابت کرد که اسانس کارواکرول در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه نانو ذرات نقره در سطح ۵ میلی‌گرم در لیتر، کمترین محتوای مالون‌دی‌آلدئید را داشته است (Madadzadeh *et al.*, 2014). تولید مالون‌دی‌آلدئید در گلبرگ‌های گل داوودی در مرحله پیری نسبت به مرحله غنچه گل بیشتر است (Asgari *et al.*, 2013). همچنین در مرحله پیری، اعمال تنش‌های اکسیداتیو باعث افزایش سنتز مالون‌دی‌آلدئید در گلبرگ‌های گل داوودی گردیده است (Chakrabarty

(*et al.*, 2007). مطالعات نشان داده است که نگهداری گل‌های شاخه بریده لیلیوم در دمای ۴ درجه سلسیوس باعث افزایش ماندگاری آن‌ها می‌شود. محلول‌پاشی قبل از برداشت گل‌های سوسن شرقی با سایتوکینین‌ها می‌تواند ماندگاری و کیفیت گل‌ها را در زمان برداشت افزایش دهد (Arefnia *et al.*, 2019). در پژوهشی دیگر، دمای ۱/۵ درجه سلسیوس بهترین دما برای نگهداری گل‌های شاخه بریده داوودی معرفی گردیده است (Da Silva Vieira *et al.*, 2012). در آزمایشی که روی برگ‌های بریده گیاه گلشانه‌سا صورت گرفته بود، نتایج حاکی از آن بود که کاربرد توأم اسید جیبرلیک و بنزیل‌آدنین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به طور مشخصی عمر برگ‌ها را در مقایسه با شاهد افزایش داد و سبب سبز ماندن برگ‌ها شد. تیمار بنزیل‌آدنین نیز سبب افزایش استقامت گیاه و عدم خم‌شدگی آن شد (Pinto *et al.*, 2009). بررسی‌ها نشان داده است که کاربرد غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کانتین و ساکارز ۳ درصد در افزایش عمر گل بریده لیلیوم و تیمار توأم کانتین و اسید جیبرلیک به میزان ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در افزایش طول عمر برگ‌های این گل بریده بیشترین تأثیر را داشتند (Hashemi *et al.*, 2014). نتایج گزارشی که در زمینه پس از برداشت برگ‌های بریده مارچوبه سرخسی انجام شده بود، حاکی از آن بود که تیمار ضربانی ترکیب ساکارز به همراه ۲۵ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر ۸-هیدروکسی‌کینولین‌سیترات باعث افزایش عمر گلجایی شده است (Safeena *et al.*, 2013). یافته‌های تحقیق دیگری نشان داد که گل‌های لیزیانوس تیمار شده با اسانس آویشن با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، به مدت ۱۷ روز در مقایسه با شاهد که ۱۱ روز بود، عمر گلجایی، ماندگاری و کیفیت بهتری داشتند (Pourianejad *et al.*, 2011).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج به دست آمده از این پژوهش بیانگر آن است که بیشترین ماندگاری و طول عمر برگ‌ها به مدت ۳۳ روز، در تیمار برهمکنش دمای ۱۰ درجه سلسیوس، بنزیل‌آمینوپورین ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و اسانس مرزه به میزان ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط سردخانه بود. نمونه‌های برگ‌ی قرار گرفته در این تیمار از نظر ظاهری شرایط نسبتاً مطلوبی از نظر بازارپسندی داشتند. در این تیمار کمترین مقدار تجمع پراکسید هیدروژن و نیز پایین‌ترین محتوای مالون‌دی‌آلدئید مشاهده گردید و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و اکسایشی هم، در راستای حذف و کاهش رادیکال‌های فعال اکسیژن قابل مشاهده می‌باشد. همچنین، کاهش دما نقش مهمی در افزایش ماندگاری برگ‌های بریده گل اختر داشته است. استفاده هم‌زمان از ترکیب سایتوکینین در غلظت کم هم، برای حفظ سبزیگی برگ و جلوگیری از پیری و نیز اسانس مرزه برای کاهش فعالیت میکروبی و جلوگیری از بسته شدن آوندها مؤثر واقع شده است. بنابراین، می‌توان اظهار داشت که نگهداری برگ‌های بریده گل اختر در دمای پایین و کاربرد ترکیبات طبیعی مانند اسانس‌های آویشن و مرزه اثر بهتری در مقایسه با ترکیب شیمیایی مضر نیترات نقره در همان دما دارد و باعث دوام و ماندگاری بیشتر برگ‌ها می‌شود.

با توجه به یافته‌های این گزارش، پیشنهاد می‌شود که در دیگر گونه‌های این جنس مطالعات مشابه صورت گیرد. مسلماً تنوع تیمارهای هورمونی و ترکیبات آنتی‌باکتریال و همچنین تغییر در محیط نگهداری برگ‌ها، به ویژه استفاده از شرایط متنوع محیطی از جمله؛ دما، شدت نور و سیکل نوری نیز می‌تواند زمینه‌ای برای انجام تحقیقات کامل‌تر باشد.

منابع

بنی‌نعیم، ایمان و صمصام‌پور، داود (۱۳۹۵). اثر اسانس‌های گیاهی آویشن و مرزه بر کیفیت و عمر گلجایی گل بریده نرگس رقم شهلا (*Narcissus tazetta* L. cv. Shahla). *نشریه علمی علوم باغبانی*، ۳۰(۳)، ۵۷۴-۵۸۰. [10.22067/jhorts4.v30i3.50097](https://doi.org/10.22067/jhorts4.v30i3.50097).
پوریا نژاد، فرزانه؛ کلاته‌جاری، سپیده و حسن‌زاده، نادر (۱۳۹۰). اثر برخی اسانس‌ها بر حفظ کیفیت و افزایش طول عمر گلجایی گل لیسیانوس. *فصل‌نامه علمی و پژوهشی گیاه و زیست بوم*، ۷(۲۹)، ۹۵-۱۰۶.

1. *Ctenanthe setosa*
2. *Asparagus setaceus*

- دارینی، حسین؛ عبدوسی، وحید و دانایی، الهام (دهم بهمن ماه، ۱۳۹۲). بررسی کاربرد اسانس‌های گیاهی مختلف در عمر پس از برداشت گل شاخه بریده ژربرا رقم Sorbet. اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران. <https://civilica.com/doc/258533>
- صالحی سلمی، محمدرضا و کرکئی، عارف (۱۴۰۰). مقایسه روش‌های پرورش، عملکرد و فناوری گلخانه‌های تولیدکننده گل بریدنی رز در دو شهرستان اندیمشک و دزفول در استان خوزستان. گل و گیاهان زینتی، ۶(۲)، ۱۴۶-۱۳۳. [20.1001.1.26765993.1400.6.2.4.4](https://doi.org/10.1001.1.26765993.1400.6.2.4.4)
- عارف‌نیا، ریحانه؛ حاتم‌زاده، عبدالله و قاسم‌نژاد، محمود (۱۳۹۹). تأثیر کاربرد بنزیل آذین بر کاهش پراکسیداسیون لیپید و میزان کاروتنوئیدها در گل سوسن (*Lilium oriental cv. Belladona*). فیزیولوژی محیطی گیاهی، ۱۵(۵۷)، ۶۴-۵۳. [20.1001.1.76712423.1399.15.57.5.8](https://doi.org/10.1001.1.76712423.1399.15.57.5.8)
- عاقبتی، فاطمه؛ صفاری، وحیدرضا و فرهنگ، همایون (بیست و هشتم بهمن ماه، ۱۳۹۸). بررسی تیمارهای پس از برداشت در رایج‌ترین گیاهان برگساره‌ای. نهمین کنفرانس علمی پژوهشی آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان. <https://civilica.com/doc/1007276>
- فرهمنند، همایون و مهدیخانی، نجمه (۱۳۹۵). نقش رنگدانه‌ها و ساز و کارهای احتمالی درگیر در تغییر رنگ برگ گیاهان و اهمیت آن در فضای سبز. گل و گیاهان زینتی، ۱(۱)، ۷۷-۶۰. [20.1001.1.26765993.1395.1.1.6.9](https://doi.org/10.1001.1.26765993.1395.1.1.6.9)
- کاوایانی، بهزاد؛ حق ویردی، محمد و صفری مطلق، محمدرضا (۱۴۰۰). بهبود عمر پس از برداشت گل میخک (*Dianthus caryophyllus L.*) با به کارگیری اسانس‌های گیاهی ژرانیوم، اکالیپتوس و مورد. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، ۱۰(۴۱)، ۵۲-۳۵. [20.1001.1.23222727.1400.10.41.5.5](https://doi.org/10.1001.1.23222727.1400.10.41.5.5)
- مددزاده، نادر؛ حسن‌پور اصیل، معظم و رویین، زینب (۱۳۹۳). تأثیر اسانس‌های گیاهی و نانوذرات نقره بر ماندگاری گل بریدنی آلسترومریا رقم سوکاری. نشریه علوم باغبانی ایران، ۴۵(۱)، ۶۷-۷۸.
- معتکفی، مهدی؛ سیروس مهر، علیرضا و موسوی نیک، محسن (۱۴۰۰). تأثیر محلول پاشی سلنیوم و کلسیم بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و برخی صفات بیوشیمیایی گیاه گلرنگ در شرایط تنش خشکی. زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۱۳(۴)، ۶۹-۸۸. [10.22108/ijpb.2022.131019.1265](https://doi.org/10.22108/ijpb.2022.131019.1265)
- هاشمی، مریم؛ میردهقان، سید حسین و فرهنگ، همایون (۱۳۹۳). اثرات تیمول، منتول و اوژنول بر کیفیت و عمر گلجایی گل بریده داوودی. مجله تحقیقات کشاورزی ایران، ۳۲(۲)، ۵۵-۷۰. [10.22099/iar.2014.2005](https://doi.org/10.22099/iar.2014.2005)
- Aghebati, F., Saffari, V.R., & Farahmand, H. (2020, February, 17). *Investigation of postharvest treatments in the most common foliage plants*. 9th National Conference on Watershed Management and Soil and Water Management, Kerman, Iran. (In Persian).
- Ahmad, S.S., Tahir, I., & Shahri, W. (2013). Effect of Different storage treatments on physiology and postharvest performance cut scapes of three *Iris* species. *Journal of Agriculture Science Technology*, 15(1), 223-331.
- Akhtar, S. (2014). Antimicrobial potential of leaf and fruit extracts and oils of wild and cultivated edible olive. *Pakistan Journal of Botany*, 46(4), 1463-1468.
- Arefnia, R., Hatamzadeh, A., & Ghasemnejad, M. (2019). The effect of benzyl adenine application on reducing lipid peroxidation and carotenoids in lily flower (*Lilium orientalis cv. Belladona*). *Journal of Plant Environmental Physiology*, 15(57), 53-64. (In Persian).
- Asada, k. (2006). Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. *Journal of Plant Physiology*, 141(1), 391-396. <https://doi.org/10.1104/pp.106.082040>.
- Asgari, M., Azimi, M.H., Hamzehi, Z., Mortazavi, S.N., & Khodabandelu, F. (2013). Effect of nano-silver and sucrose on vase life of tuberose (*Polianthes tuberosa cv. Peril*) cut flowers. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(4), 680-687.
- Baninaeim, A., & Samsampour, D. (2016). The effect of thyme and savory plant essential oils on the quality and shelf life of *Narcissus tazetta L. cv. Shahla* cut flowers. *Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries)*, 30(3), 574-580. (In Persian).
- Carillo, P., Mastrolonardo, G., Nacca, F., Parisi, D., Verlotto, A., & Fuggi, A. (2008). Nitrogen metabolism in durum wheat under salinity: accumulation of proline and glycine betaine. *Journal*

- of *Functional Plant Biology*, 35(1), 412-426.
- Chakrabarty, D., Chatterjee, J., & Datta, S. (2007). Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in chrysanthemum florets. *Journal of Plant Growth Regulators*, 53(1), 107-115.
- Chigurupatia, S., Abdul Rahman Alharbi, N., Kumar Sharmab, A., Alhowailed, A., Vardharajula, V.R., Vijayabalanef, S., Das, S., Kauser, F., & Amin, E. (2021). Pharmacological and pharmacognostical valuation of *Canna indica* leaves extract by quantifying safety profile and neuroprotective potential. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(1), 5579-5584.
- Clark, E.M., Dole, J.M., Carlson, A.S., Moody, E.P., McCall, I.F., Fanelli, F.L., & Fonteno, W.C. (2010). Vase life of new cut flower cultivars. *Journal of Horticultural Technology*, 20(6), 1016-1025.
- Da Silva Vieira, M.R., De Medeiros, D.C., Costa, P.N., Santos, C.M.G., De Alencar Paes, R., De Sousa Fernandez, L.M., De Oliveira, N.G., Allan, A., & Silva, F. (2012). Effect of refrigeration on postharvest flowers. *African Journal of Biotechnology*, 11(1), 13065-13068.
- Damunupola, J.W., Qian, T., Muusers, R., Joyce, D.C., Irving, D.E., & Van Meeteren, U. (2010). Effect of S-carvone on vase life parameters of selected cut flower and foliage species. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 55(1), 66-69. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.07.009>.
- Darini, H., Abdousi, V., & Danaei, E. (2013). Investigation of the use of different plant essential oils in the life postharvesting of cut flowers of gerbera cultivar 'Sorbet'. *The First National Conference of Agricultural and Environmental Sciences*, 198-205. (In Persian).
- Darras, A. (2021). Overview of the dynamic role of specialty cut flowers in the international cut flower market. *Journal of Horticulturae*, 7, 51. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7030051>.
- Edrisi, B., Sadrpoor, A., & Saffari, V.R. (2011). Effects of chemicals on vase life of cut carnation (*Dianthus caryophyllus* L. 'Delphi') and microorganisms population in solution. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 2(1), 1-11.
- El-Zahara, F., & El-Tony, H. (2021). Phylogenetic relationship among different varieties and species of *Canna* using molecular markers. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants*, 8(1), 165-180. <https://doi.org/10.21608/sjfop.2021.163280>.
- Farahmand, H., & Mehdikhani, N. (2016). The role of pigments and the putative mechanisms involved in plants leaf color change and its importance in landscape. *Journal of Flower and Ornamental Plants*, 1(1), 60-77. <https://doi.org/20.1001.1.26765993.1395.1.1.6.9>. (In Persian).
- Gabellini, S., & Scaramuzzi, S. (2022). Evolving consumption trends, marketing strategies, and governance settings in ornamental horticulture: a grey literature review. *Journal of Horticulturae*, 8(3), 234-262. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030234>.
- Gill, S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12), 909-930.
- Gowthami, L., Roy, A., & Bhaskar, V.V. (2021). Production details for cut foliage: A boon to farmers. *The Farm Innovation Journal*, 10(7), 294-298.
- Harinasut, P., Poonsopa, D., Roengmongkol, K., & Charoensalaporn, R. (2003). Salinity effects on antioxidant enzymes in mulburg cultivar. *Asian Journal Scientific Research*, 29(1), 109-113.
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M.B., Zulfiqar, F., Raza, A., Ohsin, S.M., Mahmud, J.A., Fujita, M., & Otopoulos, V. (2020). Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of a universal defense regulator. *Journal of Antioxidants*, 9(8), 681. <https://doi.org/10.3390/antiox9080681>.
- Hashemi, M., Mirdehghan, H., & Farahmand, H. (2014). The effects of thymol, menthol and eugenol on quality and vase life of chrysanthemum cut flowers. *Iran Agricultural Research*, 32(2), 55-70. (In Persian).
- Hassanpour Asil, M., Rooin, Z., & Abbasi, J. (2011). Response of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) to gibberellic acid and benzyladenine. *Journal of Horticulture, Environment and Biotechnology*, 52(1), 46-51.
- Horibe, T. (2020). Use of light stimuli as a postharvest technology for cut flowers. *Frontiers in Plant Science*, 11:573490. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.573490>.

- Idirisinghe, I.M.S.P., Ratnayake, R.H.M.K., & Edirisinghe, J.C. (2013). Current status of postharvest handling of cut flowers and foliage in the retail sites of western and north western provinces of Sri Lanka. In *proceedings of 12th Agricultural Research Symposium*, Sri Lanka. 117-121.
- Imai, K. (2008). Edible *Canna*: A prospective plant resource from South America. *Japanese Journal of Plant Science, Global Science Books*, 2, 46-53.
- Indrayan, A.K., Bhojak, N.K., Kumar, N., Shatru, A., & Gaura, A. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from the rhizome of *Canna indica* Linn. *Indian Journal of Chemistry*, 50(1), 1136-1139.
- Jalili Marandi, R., Hassani, A., Abdollahi, A., & Hanafi, S. (2011). Improvement of the vase life of cut gladiolus flowers by essential oils, salicylic acid and silver thiosulfate. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(20), 5039-5043.
- Kaviani, B., Haghvirdi, M., & Safari Motlagh, M.R. (2021). Antioxidant enzymes, Non-climacteric flowers, Vase life, Caryophyllaceae family. *Plant Process and Function*. 10(41), 35-52. <https://doi.org/20.1001.1.23222727.1400.10.41.5.5>. (In Persian).
- Kumar, A.J., Gough, W.A., Karagatzides, J.D., Bolton, K.A., & Tsuji, L.J.S. (2008). Testing the validity of a critical sulphur and nitrogen load model in Southern Ontario., Canada, using soil chemistry data from MARYP. *Environmental Monitoring Assessment*, 69(3), 221-230.
- Kumar, N., Pal, M., Singh, A., Kumar Sairam, R., & Srivastava, G.C. (2010). Exogenous proline alleviates oxidative stress and increase vase life in rose (*Rosa hybrida* L. 'Grand Gala'). *Journal of Horticultural Science*, 127(1), 79-85. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.009>.
- Liang, L., Deng, Y., Sun, X., Jia, X., & Su, J. (2018). Exogenous nitric oxide pretreatment enhances chilling tolerance of *Anthurium*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 143(1), 3-13.
- Madadzadeh, N., Hassanpour Asil, M., & Roein, Z. (2014). Effect of essential oils and silver nanoparticles (SNP) on vase life of *Alstroemeria* cut flowers (cv. Sukari). *Iranian Journal Horticulture Science*, 45(1), 67-78. (In Persian).
- Meir, S., & Philosoph-Hadas, S. (2021). Postharvest physiology of ornamentals: processes and their regulation. *Journal of Agronomy*, 11, 2387. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122387>.
- Mortazavi, S.N., Naderi, R., Khalighi, A., Babalar, M., & Allizadeh, H. (2007). The effect of cytokinin and calcium on cut flower quality in Rose (*Rosa hybrida* cv. Illona). *Journal of Food Agriculture & Environment*, 5(3, 4), 311-313. <https://doi.org/10.1234/4.2007.1208>.
- Motakefi, M., Sirousmehr, A., & Mousavi Nik, M. (2021). Effect of selenium and calcium foliar application on antioxidant enzymes activity and some biochemical traits of safflower under drought stress conditions. *Iranian Journal of Plant Biology*, 13(4), 69-88. <https://doi.org/10.22108/IJPB.2022.131019.1265>. (In Persian).
- Nguyen, T.B.T., Ketsa, S., & Van Doorn, W.G. (2003). Relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 30(1), 187-193.
- Pinto, A.C.R., Mello, S.C., Geerdink, G.M., Minami, K., Oliveira, R.F., & Barbosa, J.C. (2009). Pulse treatment to extend the postharvest life of *Ctenanthe setosa* cut foliages. *Acta Horticulturae*, 813(813), 663-670.
- Pourianejad, F., Kalatejari, S., & Hassanzadeh, N. (2011). The effect of some essential oils on maintaining the quality and increasing the life span of lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) cultivar Echo in the immersion application method. *Scientific Research Quarterly Journal of Plant and Biosystem*, 7(29), 95-106. (In Persian).
- Rabiza-Swider, J., Lukaszewska, A., Skutnik, E., Rybka, Z., & Wachowicz, M. (2004). Lipoxigenase in senescing cut leaves of *Zantedeschia aethiopica* and *Hosta undulata* var. 'Erromema' treated with GA₃. *Journal of Acta Physiologiae Plantarum*, 26(1), 411-415.
- Safeena, S.A., Jayanthi, R., Raju, B., Jaganath, S., Ramakrishna, B.M., & Ramakrishna Parama, V.R. (2013). Effect of pulsing on postharvest longevity of cut leaves of Lace Fern/Bridal Fern (*Asparagus setaceus* syn. *plumosus*). *Proceedings of the National Academy of Sciences, India*,

Section B: Biological Sciences.

- Salehi Selmi, M.R., & Korkei, A. (2021). Comparison of growing method, yield and technology of greenhouses producing rose cut-flowers in Andimeshk and Dezful cities in Khuzestan province. *Journal of Flower and Ornamental Plants*, 6(2), 133-146. <https://doi.org/10.52547/flowerjournal.6.2.133>. (In Persian).
- Sandoval, L., Aurelio Zamora-Castro, S., Vidal-Alvarez, M., & Marin-Muniz, J.L. (2019). Role of wetland plants and use of ornamental flowering plants in constructed wetlands for wastewater treatment: a review. *Journal of Applied Sciences*, 9(4), 685-702. <https://doi.org/10.3390/app9040685>.
- Shulaev, V., & Oliver, D.J. (2006). Metabolic and proteomic markers for oxidative stress. New tools for reactive oxygen species research. *Journal of Plant Physiology*, 141(2), 367-372.
- Tanaka, N. 2008. A new species of the genus *Canna* (Cannaceae) from Eastern Honduras. *The Journal of Japanese Botany*, 83, 7-10.
- Treer-Windisch, M. (2014). *The Production and Postharvest Treatments of Hungarian Salix taxa Used as Woody Cuts*. (Doctoral Dissertation, University of Budapest).
- Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F., & Koca, H. (2005). Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Journal of Plant Science*, 168(1), 223-231.
- Wang, Y., Luo, Z., & Huang, H. (2014). Effect of exogenous γ -aminobutyric acid (GABA) treatment on chilling injury and antioxidant capacity in banana peel. *Scientia Horticulturae*, 168(4), 132-137.
- Whelton, A. (2020). Cut foliage production. Agriculture and Food Production Authority. *Teagasc Horticultural Development Unit, Fact Sheet*, 1/20. https://www.teagasc.ie/media/website/crops/horticulture/cut-foliage/1_20-Cut-Foliage-Production-.pdf.
- Wirthenson, M.D., & Sedgley, M. (2000). *Eucalyptus* foliage, cut stems pruning and post harvest leaf wax structure. *Journal of Australian Plants*, 20(1), 271-276.
- Zhang, X., Shen, L., Li, F., Meng, D., & Sheng, J. (2013). Amelioration of chilling stress by arginine in tomato fruit: changes in endogenous arginine catabolism. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 76(1), 106-111.