

The effect of natural biostimulants, sodium nitroprusside and melatonin on morphophysiological and biochemical characteristics of *Narcissus tazetta* L. cv. 'Shahla'

Zahra Yarali, Maryam Dehestani-Ardakani*, Mostafa Shirmardi and Jalal Gholamnezhad

Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, P.O. Box 184, Ardakan, Iran

* Corresponding author, Email: mdehestani@ardakan.ac.ir

Abstract

Background and Objective: *Narcissus tazetta* L. cv. 'Shahla' is an important ornamental and medicinal bulbous plant valued for its fragrance and cut flower quality. The aim of this study was to investigate the effects of natural biostimulants, sodium nitroprusside, and melatonin on the morpho-physiological and biochemical characteristics of *Narcissus* cv. Shahla.

Methods: A field experiment was conducted in a randomized complete block design with nine treatments and three replications to evaluate the effects of natural biostimulants on growth and flower quality of *N. tazetta*. Treatments included moringa leaf extract (2.5% and 5%), seaweed extract (20 and 40 g L⁻¹), sodium nitroprusside (50 and 100 mM), and melatonin (0.1 and 0.5 mM), applied twice as foliar sprays. The first application was made about 30 days after planting, when the plants were 20 to 25 cm tall, and the second application was made 15 days after the first foliar spray.

Results: The 0.1 mM melatonin treatment produced the highest leaf length (365.18 mm) and shoot fresh weight (29.63 g). The 5% moringa extract significantly increased leaf width (45.30 mm), root fresh weight (40.56 g), and vase life (12 days) compared to 7 days in the control. The lowest electrolyte leakage (8.75%) was recorded in 20 g L⁻¹ seaweed extract, whereas the control showed the highest value (94.76%). The highest total protein content (4.06 mg g⁻¹ FW), peroxidase activity (2.12 ΔOD min⁻¹ mg⁻¹ protein), and catalase activity (3.24 ΔOD min⁻¹ mg⁻¹ protein) were obtained under 100 mM sodium nitroprusside treatment.

Conclusion: Generally, moringa leaf extract and sodium nitroprusside were the most effective treatments in enhancing quantitative and qualitative traits of *N. tazetta*, supporting their potential application in sustainable ornamental production systems.

Keywords: Antioxidant enzymes; Sodium nitroprusside; Moringa leaf extract; Seaweed extract; Melatonin.

تأثیر محرک‌های زیستی طبیعی، سدیم نیتروپروساید و ملاتونین بر ویژگی‌های

مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گل نرگس رقم "شهلا"

(*Narcissus tazetta* L. cv. 'Shahla')

زهرا یارعلی، مریم دهستانی اردکانیش*، مصطفی شیرمردی و جلال غلام‌نژاد

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
*نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: mdehestani@ardakan.ac.ir

چکیده

پیشینه پژوهش و هدف: گیاه نرگس رقم "شهلا" (*Narcissus tazetta* L. cv. 'Shahla') از گونه‌های ارزشمند زینتی و دارویی است که به دلیل عطر مطبوع و کیفیت گل، جایگاه ویژه‌ای در صنعت گل‌کاری کشور دارد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر محرک‌های زیستی طبیعی، سدیم نیتروپروساید و ملاتونین بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نرگس رقم "شهلا" بود.

روش‌ها: این آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با نه تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل عصاره برگ مورینگا (۲/۵ و ۵ درصد)، عصاره جلبک دریایی (۲۰ و ۴۰ گرم در لیتر)، سدیم نیتروپروساید (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) و ملاتونین (۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) بودند که در دو نوبت به روش محلول‌پاشی برگی اعمال شدند. نوبت اول حدود ۳۰ روز پس از کاشت، زمانی که گیاهان ارتفاع ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر داشتند و مرحله دوم ۱۵ روز پس از اولین محلول‌پاشی صورت گرفت.

نتایج: بیشترین طول برگ (۳۶۵/۱۸ میلی‌متر) و وزن تر اندام هوایی (۲۹/۶ گرم) در تیمار ۰/۱ میلی‌مولار ملاتونین مشاهده گردید. بیشترین عرض برگ (۴۵/۳۰ میلی‌متر)، وزن تر ریشه (۴۰/۵ گرم) و عمر گلجایی (۱۲ روز) نیز در تیمار ۵ درصد عصاره برگ مورینگا حاصل گردید. کمترین نشت یونی (۸/۷ درصد) در تیمار ۲۰ گرم در لیتر جلبک دریایی و بیشترین آن در شاهد (۹۴/۷ درصد) ثبت شد. بالاترین میزان پروتئین کل (۴/۰۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، فعالیت پراکسیداز ($2/1 \Delta OD \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1} \text{ protein}$) و کاتالاز ($3/2 \Delta OD \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1} \text{ protein}$) نیز در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید به‌دست آمد که نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد.

نتیجه‌گیری کلی: به‌طور کلی، تیمارهای عصاره برگ مورینگا و سدیم نیتروپروساید بیشترین نقش را در بهبود شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گل نرگس رقم "شهلا" داشتند و بر این اساس می‌توانند به‌عنوان رویکردی کارآمد برای ارتقای عملکرد رشد و کیفیت نرگس رقم "شهلا" توصیه شوند.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان؛ سدیم نیتروپروساید؛ عصاره برگ مورینگا؛ عصاره جلبک دریایی؛ ملاتونین.

مقدمه

گل نرگس (*Narcissus spp.*) از خانواده Amaryllidaceae گیاهی علفی، دائمی و سوخدار می‌باشد (Karakoyun et al., 2020). این گیاه دارای ارزش زینتی و دارویی بوده و گونه‌های مختلف آن در نقاط مختلف دنیا رشد می‌کنند (Dole and Wilkins, 2005). نرگس رقم "شهلا" (*Narcissus tazetta L. cv. 'Shahla'*) گیاهی سوخدار و چندساله است که از آن به‌عنوان گیاه باغچه‌ای، گلدانی و گل‌شاخه بریده استفاده می‌کنند (Li et al., 2012). این گونه در مناطق مختلف ایران همچون شمال، شمال شرق، فارس، بوشهر، بهبهان، کرمان و خراسان جنوبی رویش دارد، بومی فرانسه، پرتغال، اسپانیا و نواحی مدیترانه بوده و در پاییز و زمستان به گل می‌رود (Nakhaei et al., 2008). در بهبهان، ایران، نرگس رقم "شهلا" به‌صورت وحشی رشد می‌کند و یکی از گونه‌های گل‌دهنده اواخر پاییز است که آن را به‌عنوان یک انتخاب بدیهی برای گل‌شاخه بریده معرفی می‌کند (Hajihashemi and Jahantigh, 2023).

عصاره‌های گیاهی به‌عنوان نوعی کود آلی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ زیرا غنی از ترکیبات زیست‌فعال‌اند که رشد گیاه را تحریک کرده و وضعیت تغذیه‌ای گیاه را بهبود می‌بخشند (Al-Mansour et al., 2018). محلول‌پاشی برگ با هورمون‌های رشد از منابع آلی، رویکردی مؤثر برای تحریک رشد گیاه و ارتقای تولیدات زراعی به‌شمار می‌رود (Hazzoumi et al., 2019; Luziatelli et al., 2014). به همین دلیل پژوهشگران بسیاری به بررسی مواد طبیعی روی آورده‌اند، زیرا این محصولات ارزان، با کاربرد ساده و سازگار با محیط‌زیست‌اند (Ahmad et al., 2019). در میان این مواد طبیعی، عصاره برگ مورینگا^۱ (MLE) و جلبک دریایی به‌عنوان گزینه‌های ایمن و نسبتاً اقتصادی در مقایسه با تنظیم‌کننده‌های رشد مصنوعی شناخته شده و نشان داده شده است که توانایی افزایش چشمگیر رشد رویشی، عملکرد و کیفیت محصولات مختلف را دارا هستند.

تمام قسمت‌های گیاه مورینگا خواص مفید زیادی دارند و برای اهداف دارویی مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند

1- moringa leaf extract

(Mishra et al., 2011). برگ‌های مورینگا سرشار از سیتوکینین‌های طبیعی مانند ایزوپنتیل آدنین، دی‌هیدروزآتین و زآتین هستند که رشد، عملکرد و کیفیت را افزایش می‌دهند. عصاره برگ مورینگا منبع عالی مواد معدنی مانند سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، منگنز، روی و آهن، پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه است (Nasir et al., 2016; Khan et al., 2017; Abdel-Rahman and Abdel-Kader, 2020). علاوه بر این، آنتی‌اکسیدان‌هایی متشکل از ترکیبات دیگر مانند ویتامین C، کاروتنوئیدها، توکوفرول‌ها، کاروتنوئیدها و پلی‌فنل‌ها نیز در عصاره برگ مورینگا گزارش شده‌اند (Galanakis, 2015; Galanakis et al., 2018). کاربرد عصاره برگ مورینگا باعث افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، ترکیبات فنلی، فعالیت جمع‌آوری رادیکال و مواد مغذی در برگ‌های شمعدانی شد (Ali et al., 2018). همچنین این عصاره گیاهی توانست، تعداد گلچه، طول ساقه گل‌دهنده و طول عمر گلجای گل‌های گلاب را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد (Younis et al., 2018).

جلبک دریایی به‌عنوان یک کود آلی و اصلاح‌کننده خاک مؤثر عمل می‌کند و با افزودن مواد مغذی ضروری و مواد آلی، حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد، ساختار خاک را بهبود می‌بخشد و رطوبت را به‌ویژه در خاک‌های رسی افزایش می‌دهد (Choulot et al., 2022). گزارش شده است که مصرف کودهای جلبک دریایی ضمن افزایش متوسط عملکرد محصول به میزان ۱۵/۱۷٪ (و ۲۱/۱۹٪ در محصولات ریشه‌ای و غده‌ای)، موجب ارتقای کیفیت محصول از طریق افزایش نشاسته، پروتئین، نسبت قند به اسید و ویتامین C می‌گردد (Pei et al., 2024). استفاده از عصاره جلبک دریایی با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر به‌طور قابل توجهی ویژگی‌های رویشی و گل‌دهی میخک (*Dianthus chinensis L.*) را بهبود بخشید (Alwan, 2025).

رادیکال آزاد اکسید نیتریک (NO)^۲ در تعدیل طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی و رشدی در گیاهان، از سیگنال‌دهی گرفته تا رشد گیاه و گل‌دهی، نقش دارد (Seligman et al. 2008;)

2- Nitric Oxide

Jamesonii L. نانوذرات مس پوشیده شده با ملاتونین به طور قابل توجهی پارامترهای فتوسنتزی را بهبود بخشید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش داد، قطر ساقه، محتوای لیگنین و ضخامت دیواره سلولی آوند چوبی را افزایش داد و در نتیجه خواص مکانیکی گیاه را تقویت کرد (Katoch et al., 2025).

این پژوهش با هدف ارزیابی اثر محرک‌های زیستی طبیعی شامل عصاره برگ مورینگا، سدیم نیتروپروساید، عصاره جلبک دریایی و ملاتونین بر صفات رشدی، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی نرگس رقم "شها" (*Narcissus tazetta* L.) انجام شد تا کارایی این ترکیبات در بهبود عملکرد رویشی، ارتقای کیفیت گل و افزایش ماندگاری آن در شرایط تولید و عرضه مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

محل آزمایش و مواد گیاهی

این آزمایش در طول فصول پاییز و زمستان ۱۴۰۲ در مزرعه آزمایشی گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، استان یزد (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۰۰ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۰۳۵ متر) اجرا شد. آب و هوای منطقه خشک است و کل بارندگی در زمستان ۱۴۰۲، ۵۹/۷ میلی‌متر بوده است. میانگین حداکثر و حداقل دمای روزانه هوا در پاییز به ترتیب تقریباً ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۰/۹ درجه سانتی‌گراد بود.

پیازهای همگن و عاری از بیماری نرگس رقم "شها" (هر کدام ۲۵ گرم یا بیشتر) از یک مزرعه تجاری در بهبهان، استان خوزستان، ایران تهیه شدند. پیازها در اول مهرماه ۱۴۰۲ در خاک لومی در عمق ۲۰-۱۵ سانتی‌متر کاشته شدند. ردیف‌های کاشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از هم و بین هر پیاز ۲۰ سانتی‌متر فاصله داشتند.

Zhang et al. 2019; Hajhashemi et al. 2020; Hajhashemi 2020). تغییر مرحله رشد رویشی به گلدهی، یک گذار رشدی مهم در چرخه زندگی گیاه برای موفقیت تولید مثلی گونه‌ها است (Seligman et al. 2008). نقش اکسید نیتریک در جلوگیری از شروع گلدهی به خاطر تأثیر آن بر بیان برخی ژن‌های مرتبط با این فرآیند است (Seligman et al. 2008; Zhang et al. 2019). یکی از مهم‌ترین منابع اکسید نیتریک در گیاهان، سدیم نیتروپروساید (SNP) است که می‌تواند از طریق ریشه‌ها در محیط کشت، محلول‌پاشی روی گیاهان یا تزریق در آپوپلاست برگ اعمال شود (Nabi et al. 2019). Hajhashemi & Jahantigh (2023) گزارش کردند که کاربرد غلظت‌های مختلف SNP به‌طور قابل توجهی درصد گلدهی و اندازه گل‌های *Narcissus tazetta* را افزایش داد که با بهبود ساختار آناتومیکی برگ و گلچه همراه بود.

یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد ضروری گیاه در محیط‌های تحت تنش، ملاتونین (MEL) است که یک مولکول کوچک است که به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی عمل می‌کند و بنابراین مقاومت گیاهان را در برابر بسیاری از عوامل تنش‌زای محیطی افزایش می‌دهد (Hoque et al., 2021). این مولکول چندشکلی در قسمت‌های مختلف گیاهان چندین گونه گیاهی مانند کلم بروکلی، گشنیز، انبه، کلم، تنباکو، خیار و پرتقال یافت می‌شود (Badria, 2002; Posmyk et al., 2009; Johns et al., 2013; Aguilera et al., 2015). ملاتونین همچنین در تنظیم جوانه‌زنی بذر، رشد گیاهیچه، کارایی فتوسنتز، معماری سیستم ریشه، پیری برگ، رسیدن میوه، باز شدن روزنه‌ها و هموستاز ردوکس^۴ نقش دارد (Jan et al., 2022). علاوه بر این، ملاتونین به‌عنوان یک محرک ضد تنش و محرک زیستی رشد برای گیاهان باغبانی، به‌ویژه در شرایط نامساعد محیطی مانند سرما، گرما، فلزات سنگین، شوری، خشکسالی، باران اسیدی و تنش UV به‌خوبی تعریف شده است (Sharif et al., 2018; Aghdam et al., 2021; Wu et al., 2021; Zhao et al., 2022). در ژربرا (*Gerbera*)

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه

Table 1. Some physicochemical properties of soil used in this study.

ویژگی ها Parameter	بافت Texture	pH	رسانایی الکتریکی (EC)	ماده آلی (OC)	Ca ²⁺	K	Na ⁺	Mg ²⁺	P	Cl ⁻	نیترژن کل Total N
واحد Unit	لومی Loam	-	dS m ⁻¹	درصد	meq L ⁻¹	mg L ⁻¹	meq L ⁻¹	meq L ⁻¹	mg L ⁻¹	meq L ⁻¹	درصد
مقدار Value	-	7.7	5.76	1.69	88.70	891	726.6	136	69.7	809.9	0.085

طرح آزمایش و تیمارها
این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با سه تکرار انجام شد. هر کرت به ابعاد ۱ × ۱ متر بود. در هر کرت دو ردیف موازی در نظر گرفته شد که فاصله محور تا محور ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر بود؛ به طوری که از هر لبه کناری کرت تا محور نزدیک‌ترین ردیف ۲۵ سانتی‌متر فاصله رعایت شد. فاصله پیازها روی هر ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در مجموع، در هر ردیف ۳ پیاز و در هر کرت ۶ پیاز کشت گردید. در این آزمایش جلیبک دریایی در دو سطح (۲۰ و ۴۰ گرم در لیتر)، سدیم نیتروپروساید در دو سطح (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار)، ملاتونین در دو سطح (۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و عصاره برگ مورینگا در دو سطح (۲/۵ و ۵ درصد) مورد استفاده قرار گرفت. این تحقیق با نه تیمار و سه تکرار انجام شد. محلول‌پاشی برگی در دو مرحله انجام شد: مرحله اول حدود ۳۰ روز پس از کاشت، زمانی که گیاهان ارتفاع ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر و حداقل دارای سه برگ بودند، و مرحله دوم ۱۵ روز پس از اولین محلول‌پاشی. همه تیمارها به طور مساوی با حجم ۵۰ سی‌سی از محلول با استفاده از یک سمپاش دستی انجام شد. در تمام کرت‌های آزمایشی قبل از کاشت پیازها، کود حیوانی کاملاً پوسیده به میزان دو کیلوگرم در متر مربع با خاک مخلوط شد.

آبیاری و مدیریت محصول
آبیاری به صورت هفتگی با استفاده از آب لوله‌کشی انجام شد و مقدار آب به گونه‌ای تنظیم شد که رطوبت خاک در حدود ۸۰٪ ظرفیت مزرعه حفظ شود. مدیریت علف‌های هرز و آفات در تمامی تیمارها با استفاده از روش‌های معمول زراعی و به صورت یکنواخت انجام گرفت.

تهیه عصاره آبی برگ مورینگا و سایر تیمارها
در این مطالعه، برگ‌های *Moringa oleifera* از درختان سالم در جهرم، استان فارس، ایران، جمع‌آوری و در دمای اتاق و به صورت سایه خشک شدند تا به وزن ثابت برسند. پس از خشک‌سازی، برگ‌ها با آسیاب آزمایشگاهی آسیاب شدند و در ظروف دربسته نگهداری گردید. برای تهیه عصاره آبی، از پودر برگ خشک شده برای تولید غلظت‌های نهایی ۲/۵ و ۵ درصد (وزنی/حجمی) بهره گرفته شد. برای تهیه عصاره آبی، ۲۵ و ۵۰ گرم از پودر برگ خشک به هر لیتر آب مقطر افزوده شد و مخلوط به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق تحت هم‌زنی مداوم قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل خاک

قبل از کاشت، نمونه‌های خاک مرکب از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر از مزرعه آزمایشی گرفته شد تا ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش شود. برخی از ویژگی‌های خاک شامل بافت (Gee

ارزیابی عمر گلجایی

به منظور ارزیابی عمر گلجایی، سه نمونه از هر تیمار در مرحله برداشت تجاری جمع‌آوری شد که مشخصه آن باز بودن کامل بیش از نیمی از گلچه‌های روی شاخه بود. بلافاصله پس از برداشت، ساقه‌ها دوباره زیر آب مقطر بریده شدند تا انسداد آوندی ناشی از هواگرفتگی به حداقل برسد. سپس هر ساقه گل به صورت جداگانه در گلدانی پر از آب مقطر قرار داده شد و تحت شرایط محیطی کنترل‌شده، شامل رژیم نوری ۱۲ ساعته که توسط لامپ‌های فلورسنت تأمین می‌شد، رژیم دمایی روز/شب ۱۸/۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰٪ نگهداری شد. عمر گلجایی از روزی که گل‌های بریده شده به گلدان‌ها منتقل شدند محاسبه شد و زمانی که ۵۰٪ از گلچه‌های هر سنبله دچار پیری شدند، پایان عمر گلجایی در نظر گرفته شد. پیری گلبرگ‌ها با از دست دادن تورژانس سلولی در بافت‌های گلبرگ و به دنبال آن پژمردگی قابل مشاهده شناسایی شد (Gun, 2020; Gul & Tahir, 2013).

اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیک

نشت یونی (EL)

برای اندازه‌گیری درصد نشت یونی، ۵/۰ گرم برگ تازه پس از شست‌وشوی سه مرحله‌ای با آب مقطر، در فالكون‌های شیشه‌ای حاوی ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) با هدایت‌سنج اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در آن ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و پس از سرد شدن در دمای اتاق، هدایت الکتریکی ثانویه (EC_2) اندازه‌گیری شد. درصد نشت یونی با رابطه ۱ محاسبه گردید (Ezhilmathi et al., 2007).

$$\text{درصد نشت یونی} = (EC_1/EC_2) \times 100 \quad (1)$$

تعیین محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی

غلظت کلروفیل a و کلروفیل b، طبق روش Lichtenthaler

سپس عصاره با استفاده از پارچه موسلین و کاغذ صافی واتمن شماره ۲ فیلتر شد تا ذرات معلق جداسازی گردد. عصاره‌های تهیه شده بلافاصله قبل از مصرف استفاده شدند یا به مدت حداکثر ۴۸ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Makkar and Becker, 1996).

تیمارهای سدیم نیتروپروساید (SNP) و ملاتونین (MEL) (تهیه شده از سیگما آلدریج، ایالات متحده) به ترتیب با غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار و سطوح ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار در آب دیونیزه حل شدند. سپس به مخلوط، ۰/۱ درصد (حجمی/حجمی) Tween 20 افزوده شد و این ترکیب به طور یکنواخت بر روی برگ‌های نرگس اسپری گردید.

در این پژوهش از پودر جلبک دریایی برند Grow more ساخت آمریکا استفاده شد. این کود حاوی جلبک *Ascophyllum nodosum* و حاوی ۲٪ N، ۰/۲٪ P، ۱۵٪ K، ۲٪ Ca، ۰/۳٪ Mg، ۰/۴٪ Fe، ۰/۰۷٪ B، ۰/۰۶٪ Zn بود.

مشاهدات فنولوژیکی و جمع‌آوری نمونه

رشد رویشی از حدود نیمه مهرماه آغاز شد. اولین گل‌ها در نیمه آذرماه ظاهر شدند، که در آن زمان میانگین دمای روزانه حداکثر و حداقل هوا به ترتیب تقریباً ۱۲/۳ و ۳/۵ درجه سانتی‌گراد بود. دوره گلدهی تقریباً دو ماه طول کشید. در زمان گلدهی کامل، گل‌ها و برگ‌ها برای تجزیه و تحلیل‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نمونه‌برداری شدند. گلبرگ‌ها و برگ‌های تازه برداشت شده بلافاصله در نیتروژن مایع منجمد شده و تا زمان تجزیه و تحلیل در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

اندازه‌گیری شاخص‌های مورفولوژیکی

در پایان دوره رشد، طول و عرض برگ (میلی‌متر) با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Winarea-UT-11، ساخت ایران) اندازه‌گیری شد. پس از خارج کردن گیاه از خاک، برگ و ریشه‌ها جدا شده و وزن تر آن‌ها با ترازوی دقیق ۰/۰۰۱ سنجیده شد.

تحلیل‌ها بر اساس سه تکرار در هر تیمار انجام شد. از تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی (HCA) برای طبقه‌بندی تیمارها بر اساس صفات مورفوفیزیولوژیک و محتوای مواد مغذی استفاده شد. نتایج خوشه‌بندی با استفاده از ابزار وب ClustVis به صورت نقشه‌های حرارتی نمایش داده شدند.

نتایج

بر اساس جدول تجزیه واریانس (۲) اثر تیمارهای مورد استفاده بر طول و عرض برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین طول برگ در تیمار ۰/۱ میلی‌مولار ملاتونین با ۳۶۵/۱۸ میلی‌متر و به دنبال آن در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید به دست آمد. کمترین طول برگ در تیمار ۲/۵ درصد عصاره برگ مورینگا ۲۵۲/۸۸ میلی‌متر مشاهده شد که نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱A). محلول‌پاشی برگ‌ها با ۵ درصد عصاره برگ مورینگا عرض برگ (۴۵/۳۰ میلی‌متر) را به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها افزایش داد. پس از آن تیمار ۰/۱ میلی‌مولار ملاتونین در افزایش عرض برگ نقش مهمی داشت. سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند (شکل ۲B).

بر اساس جدول تجزیه واریانس ۲ اثر تیمارهای مورد استفاده بر وزن تر برگ و ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین وزن تر اندام هوایی در تیمار ۰/۱ میلی‌مولار ملاتونین با ۲۹/۶۳ گرم و به دنبال آن در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار ملاتونین و ۲/۵ درصد عصاره برگ مورینگا (به ترتیب با ۲۵/۴۰، ۲۶/۰۵ و ۲۱/۸۷ گرم) به دست آمد. کمترین وزن تر اندام هوایی در تیمار شاهد با ۸/۵۷ گرم حاصل شد (شکل ۲A). محلول‌پاشی برگ‌ها با ۵٪ عصاره برگ مورینگا منجر به بیشترین وزن تر ریشه (۴۰/۵۶ گرم) در مقایسه با سایر تیمارها شد. کمترین وزن تر ریشه در تیمار شاهد (۳/۳۷ گرم) حاصل شد (شکل ۲B).

اثر تیمارهای مختلف محلول‌پاشی بر نشت یونی و عمر گلجایی گل نرگس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان نشت یونی در تیمارهای شاهد و

(1987) اندازه‌گیری شد. ۰/۱ گرم از بافت برگ در هر تیمار در ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ همگن شد، سپس به مدت ۵ دقیقه در دمای محیط با سرعت ۱۹۵۷ × g سانتریفیوژ شد. جذب محلول شفاف رویی در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۲ نانومتر با استفاده از استون به عنوان شاهد مرجع، با استفاده از اسپکتروفتومتر UV-visible اندازه‌گیری شد. محتوای رنگدانه‌ها محاسبه با پیروی از روابط (۲ و ۳) بیان شد.

$$\text{Chlorophyll a (Chl a)} = 11.24 A_{662} - 2.04 A_{645} \quad (2)$$

$$\text{Chlorophyll b (Chl b)} = 20.13 A_{645} - 4.19 A_{662} \quad (3)$$

میزان پروتئین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در زمان گلدهی در نمونه‌های برگ برداشت‌شده طبق روش Reuveni et al. (1995) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD)، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (CECIL 9500، انگلستان) در طول موج ۴۷۰ نانومتر سنجیده و تغییرات جذب نور به سرعت به مدت یک دقیقه با فاصله زمانی ۱۰ ثانیه اندازه‌گیری شد (Reuveni et al., 1995).

برای اندازه‌گیری فعالیت کاتالاز (CAT)، مخلوط واکنش شامل ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم (pH = 7) و ۱۵ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن بود. واکنش با اضافه کردن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی به حجم نهایی ۳ میلی‌لیتر آغاز شد. تغییرات جذب به مدت سه دقیقه در طول موج ۲۴۰ نانومتر ثبت شد (Dazy et al. 2008). غلظت پروتئین محلول طبق روش Bradford (1976) با استفاده از BSA (آلبومین سرم گاوی) به عنوان پروتئین استاندارد اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۷) و با استفاده از تحلیل واریانس (ANOVA) از نظر آماری ارزیابی شدند تا اهمیت عوامل اصلی و اثرات متقابل آن‌ها ارزیابی شود. آزمون F برای تعیین اهمیت تفاوت‌های تیمارها انجام شد. همه تجزیه و

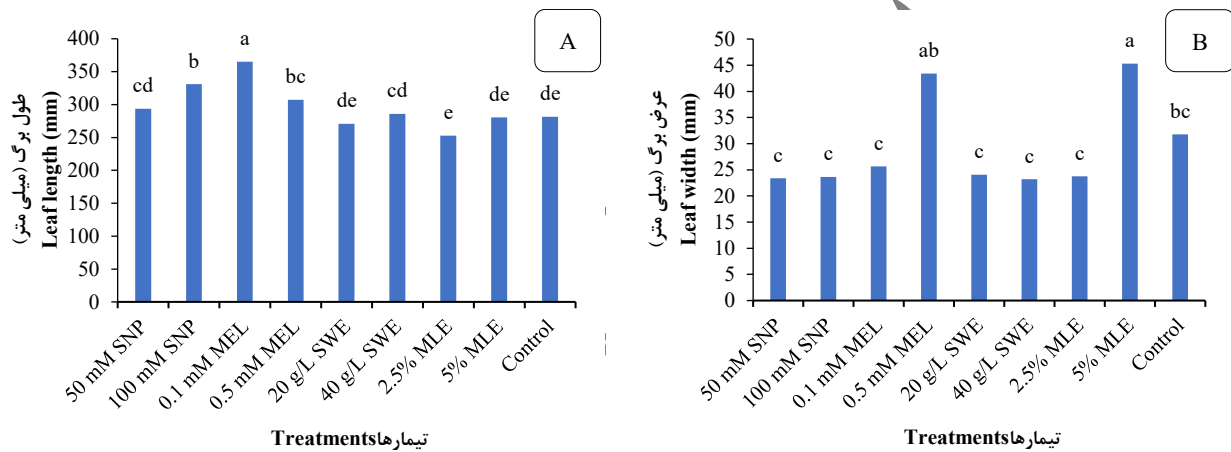
جدول ۲. تجزیه واریانس اثر تیمار بر خصوصیات مورفولوژیک نرگس رقم "شاهلا"

Table 2. Analysis of variance of the effect of treatment on characteristics of *N. tazetta* cv. Shahla

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	طول برگ	عرض برگ	وزن تر برگ	وزن تر ریشه
SOV	DF	Leaf length	Leaf width	FW. Leaf	FW. Root
تیمار Treatment	8	3447.54**	238.39**	129.96**	363.27**
بلوک Block	2	9.27 ^{ns}	1.99 ^{ns}	39.21 ^{ns}	3.33 ^{ns}
خطا Error	-	286.72	48.25	46.14	1.91
cv	-	12.3	10.3	14.70	26.10

** دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns}: عدم معنی داری

**Significant difference at the 1% probability level and ^{ns}: non-significance.

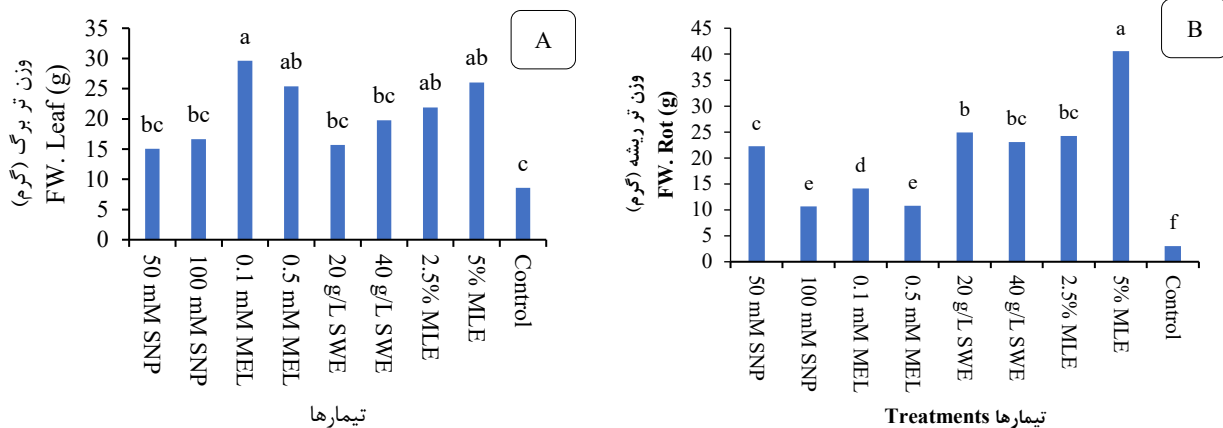


شکل ۱. اثر تیمارهای مختلف کودی بر (A) طول و (B) عرض برگ نرگس رقم "شاهلا". (SNR: سدیم نیتروپروساید، MEL: ملاتونین، SWE: عصاره جلبک دریایی، MLE: عصاره برگ مورینگا و Control: شاهد) میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف یکسان در آزمون چنددامنه‌ای دانکن هستند، از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارند ($p < 0.01$).

Figure 1. Effect of different fertilizer treatments on A) length and B) leaf size of *Narcissus tazetta* cv. Shahla. (SNP: Sodium Nitroprusside, MEL: Melatonin, SWE: Seaweed Extract, MLE: Moringa Leaf Extract, Control: Untreated). The means with same Duncan's multiple range test letters in each column are not statistically significant ($p < 0.01$).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف محلول‌پاشی بر کلروفیل a و b، کل، در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). تیمارهای مختلف نسبت به شاهد به‌طور معنی داری میزان کلروفیل a را نسبت به شاهد افزایش دادند. میان تیمارها از نظر مقدار کلروفیل a تفاوت معنی داری مشاهده نشد. کمترین میزان آن در تیمار شاهد (۱/۱۵ میکروگرم بر گرم وزن تر) حاصل شد (جدول ۴). بیشترین کلروفیل b (۲/۹۹ میکروگرم بر گرم وزن تر) در گیاهان تیمار شده با ۴۰ گرم در لیتر جلبک

۰/۱ میلی‌مولار ملاتونین (به ترتیب ۹۴/۷۶ و ۸۹/۱۸ درصد) و کمترین مقدار در تیمار ۲۰ گرم در لیتر جلبک دریایی با ۸/۷۵ درصد به دست آمد (شکل ۳A). با توجه به شکل ۳B بیشترین عمر گلجایی گل نرگس یعنی ۱۲/۰۰ و ۱۱/۶۶ روز در تیمارهای ۲/۵ و ۵/۰ درصد عصاره برگ مورینگا و کمترین میزان با ۷/۰ روز ماندگاری در گیاهان شاهد مشاهده شد. تیمارهای ملاتونین و سدیم نیتروپروساید تفاوت معنی داری با یکدیگر نشان ندادند (شکل ۳B).



شکل ۲. اثر تیمارهای مختلف کودی بر وزن تر برگ (A) و ریشه (B) رقم "شهلا". (SNP: سدیم نیتروپروساید، MEL: ملاتونین، SWE: عصاره جلبک دریایی، MLE: عصاره برگ مورینگا و Control: شاهد). میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف یکسان در آزمون چنددامنه‌ای دانکن هستند، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند ($p < 0.01$).

Figure 2. Effect of different fertilizer treatments on A) leaf and B) root fresh weight of *Narcissus tazetta* cv. Shahla. (SNP: Sodium Nitroprusside, MEL: Melatonin, SWE: Seaweed Extract, MLE: Moringa Leaf Extract, Control: Untreated). The means with same Duncan's multiple range test letters in each column are not statistically significant ($p < 0.01$).

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تیمار بر خصوصیات فیزیولوژیک برگ و عمر گلجایی رقم "شهلا"

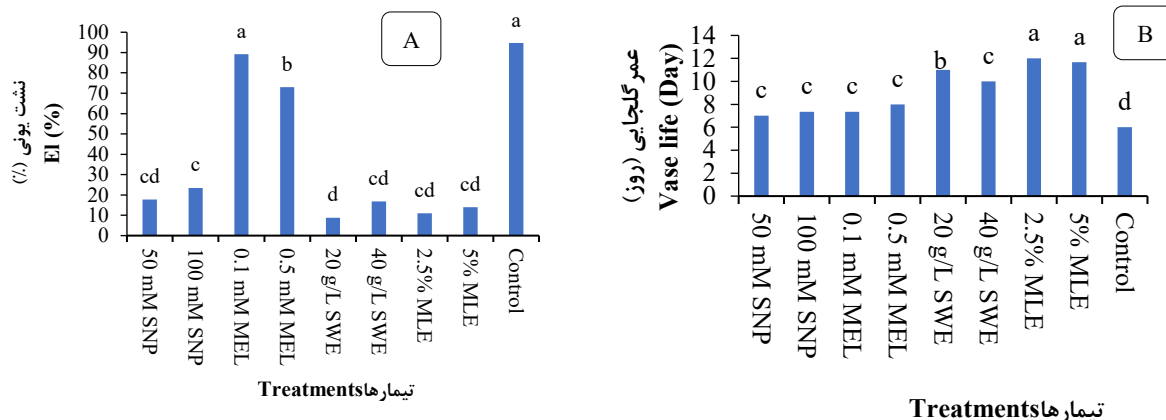
Table 3. Analysis of variance of the effect of treatment on physiological leaf characteristics and vase life of *N. tazetta* cv. Shahla

منابع		میانگین		درجه		تغییرات	
پراکسیداز	کاتالاز	پروتئین	کلروفیل b	کلروفیل a	نشت یونی	عمر گلجایی	آزادی
POX	CAT	Protein	Chl b	Chl a	El	Vase life	DF
0.23**	ns 2547.53	0.74**	2.27**	0.88**	3860.51**	15.23**	8
Treatment							
0.00 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.059 ^{ns}	0.363 ^{ns}	25.33 ^{ns}	0.26 ^{ns}	2
Block							
0.001	2545.94	0.003	0.29	0.41	45.78	0.33	-
Error							
14.70	13.90	13.40	39.20	36.30	28.60	30.10	-
cv							

** دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns}: عدم معنی‌داری
 ** Significant difference at the 1% probability level and ^{ns}: non-significance

معنی‌دار بود (جدول ۳). همه تیمارها به‌طور معنی‌داری میزان پروتئین کل را نسبت به شاهد افزایش دادند. بیشترین میزان پروتئین در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید (۴/۰۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به‌دست آمد (ش جدول ۴). تیمار شاهد با ۲/۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر پروتئین کمترین مقدار را نشان داد (جدول ۴). همه تیمارها به‌طور معنی‌داری میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز را نسبت به شاهد افزایش دادند. بیشترین میزان فعالیت

دریایی به‌دست آمد. پس از آن تیمار ۵ درصد عصاره برگ مورینگا نقش معنی‌داری در افزایش آن داشت. تیمارهای شاهد، ۵۰ میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید و ۰/۵ میلی‌مولار ملاتونین کمترین مقدار کلروفیل b را نشان دادند (جدول ۴). بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف محلول‌پاشی بر میزان پروتئین و آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد و بر فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال پنج درصد



شکل ۳. اثر تیمارهای مختلف کودی بر (A) نشت یونی و (B) عمر گلجایی گل نرگس رقم "شاهلا". (SNP: سدیم نیتروپروساید، MEL: ملاتونین، SWE: عصاره جلبک دریایی، MLE: عصاره برگ مورینگا و Control: شاهد). میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف یکسان در آزمون چنددامنه‌ای دانکن هستند، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند ($p < 0.01$).

Figure 3. Effect of different fertilizer treatments on A) electrolyte leakage and B) vase life of *Narcissus tazetta* cv. Shahla. (SNP: Sodium Nitroprusside, MEL: Melatonin, SWE: Seaweed Extract, MLE: Moringa Leaf Extract, Control: Untreated). The means with same Duncan's multiple range test letters in each column are not statistically significant ($p < 0.01$).

جدول ۴. اثر تیمارهای مختلف کودی بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای پروتئین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در برگ نرگس رقم "شاهلا".

Table 4. Effect of different fertilizer treatments on photosynthetic pigments, protein content, and antioxidant enzyme activity in the leaves of *Narcissus* cv. Shahla.

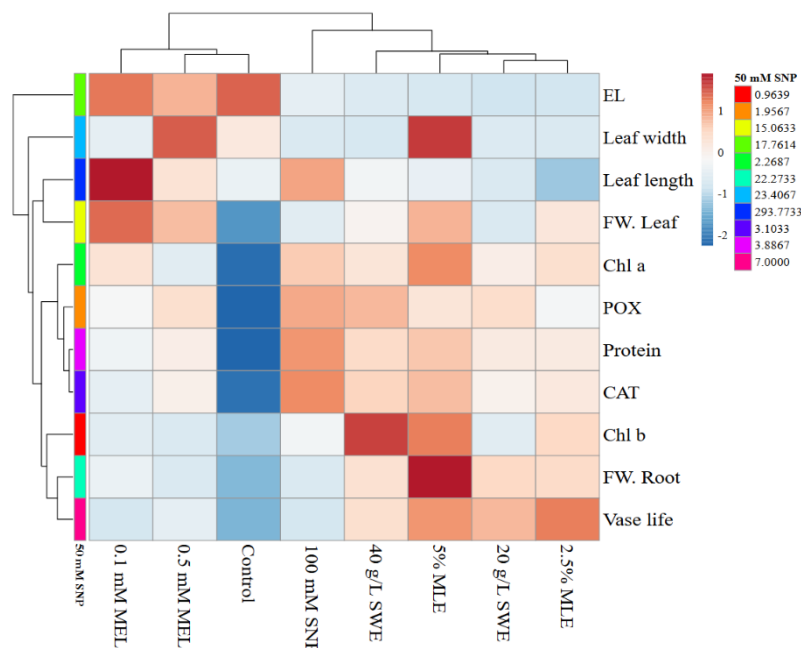
کاتالاز CAT ($\Delta\text{OD}/\text{Min.}/\text{mg. protein}$)	پراکسیداز POX ($\Delta\text{OD}/\text{Min.}/\text{mg. protein}$)	پروتئین Protein (mg/fw)	کلروفیل b Chl b ($\mu\text{g g}^{-1} \text{FW}$)	کلروفیل a Chl a ($\mu\text{g g}^{-1} \text{FW}$)	تیمار Treatment
3.10 ^b	1.95 ^b	3.88 ^b	0.96 ^d	2.26 ^{ab}	50 mM SNP*
3.24 ^a	2.12 ^a	4.06 ^a	1.26 ^{cd}	2.75 ^a	100 mM SNP
2.55 ^d	1.78 ^c	3.33 ^c	1.00 ^{cd}	2.56 ^a	0.1 mM MEL
2.76 ^c	1.96 ^b	3.51 ^d	0.88 ^d	2.06 ^{ab}	0.5 mM MEL
2.73 ^c	1.97 ^b	3.56 ^d	0.99 ^{cd}	2.42 ^a	20 g/L SWE
2.97 ^b	2.08 ^a	3.74 ^c	2.99 ^a	2.55 ^a	40 g/L SWE
2.82 ^c	1.77 ^c	3.55 ^d	1.99 ^{bc}	2.60 ^a	2.5% MLE
3.06 ^b	1.92 ^b	3.84 ^b	2.65 ^{ab}	3.06 ^{ab}	5% MLE
1.88 ^e	1.17 ^c	2.35 ^f	0.48 ^d	1.15 ^b	Control

* (SNP: سدیم نیتروپروساید، MEL: ملاتونین، SWE: عصاره جلبک دریایی، MLE: عصاره برگ مورینگا و Control: شاهد).

(SNP: Sodium Nitroprusside, MEL: Melatonin, SWE: Seaweed Extract, MLE: Moringa Leaf Extract, Control: Untreated).

داد (جدول ۳). بیشترین میزان فعالیت کاتالاز در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید ($\Delta\text{OD}/\text{Min.}/\text{mg. protein}$ ۳/۲۴) به‌دست آمد (جدول ۳). تیمار شاهد با $\Delta\text{OD}/\text{Min.}/\text{mg. protein}$ ۱/۸۸ کمترین مقدار را نشان داد (جدول ۴).

پراکسیداز در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید (۲/۱۲) و ۴۰ گرم در لیتر جلبک دریایی ($\Delta\text{OD}/\text{Min.}/\text{mg. protein}$ ۲/۰۸) به‌دست آمد (جدول ۴). تیمار شاهد با $\Delta\text{OD}/\text{Min.}/\text{mg. protein}$ ۱/۱۷ کمترین مقدار را نشان



شکل ۵. تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی (HCA) از نه تیمار محرک زیستی بر اساس ۱۱ صفت مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی. خوشه‌بندی با استفاده از فاصله اقلیدسی و پیوند وارد برای ردیف‌ها و حداکثر فاصله و پیوند کامل برای ستون‌ها انجام شد. (SNP: سدیم نیتروپروساید، MEL: ملاتونین، SWE: عصاره جلبک دریایی، MLE: عصاره برگ مورینگا و Control: شاهد).

Figure 5. Hierarchical cluster analysis (HCA) of nine biostimulant treatments based on 11 morphological and physiological traits. Clustering was performed using Euclidean distance and Ward linkage for rows and maximum distance and complete linkage for columns. (SNP: Sodium Nitroprusside, MEL: Melatonin, SWE: Seaweed Extract, MLE: Moringa Leaf Extract, Control: Untreated).

این تیمارها، بیشترین افزایش مربوط به فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (POX و CAT)، میزان کلروفیل a و b، پروتئین و عمر گلجایی بود. در مقابل، تیمار شاهد در اغلب صفات بیوشیمیایی به‌ویژه فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و میزان کلروفیل، مقادیر پایین‌تری را نشان داد. تیمارهای با غلظت پایین‌تر ملاتونین (۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) بیشتر موجب بهبود صفات رشدی شامل طول و عرض برگ و وزن تر و خشک برگ شدند، اما تأثیر آن‌ها بر شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی نسبت به تیمار ۵ درصد عصاره برگ مورینگا کمتر بود. تیمارهای عصاره جلبک دریایی (SWE) در غلظت‌های ۴۰ و ۲۰ گرم در لیتر، به‌ترتیب افزایش قابل‌توجهی در کلروفیل b و عمر گلجایی نشان دادند و در خوشه‌ای نسبتاً مستقل از سایر تیمارها قرار گرفتند. همچنین خوشه‌بندی صفات نشان داد که شاخص‌های مرتبط با سیستم آنتی‌اکسیدانی (POX، CAT و پروتئین) در یک گروه و صفات

به‌منظور بررسی الگوی تغییرات صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی تحت تأثیر تیمارهای مختلف، داده‌ها به‌صورت Heatmap همراه با خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی ارائه شد (شکل ۵). در این شکل، مقادیر استاندارد شده صفات (Z-score) نمایش داده شده‌اند؛ به‌طوری‌که رنگ قرمز بیانگر مقادیر بالاتر از میانگین و رنگ آبی نشان‌دهنده مقادیر پایین‌تر از میانگین است. نتایج خوشه‌بندی نشان داد که تیمارها به دو گروه مجزا و چند زیرگروه تقسیم شدند. تیمار شاهد، ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار ملاتونین در یک خوشه مجزا قرار گرفتند به‌طوری‌که شاهد در یک زیرگروه و دو تیمار ملاتونین در زیرگروه دیگر قرار گرفتند. در گروه بعدی تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید (SNP) در یک خوشه مجزا و سایر تیمارها در زیرخوشه دیگر قرار گرفتند. در تیمار ۵٪ عصاره مورینگا (MLE) و ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید اغلب صفات مورد بررسی افزایش نشان دادند. در

مورفولوژیک برگ در گروهی دیگر قرار گرفته‌اند که بیانگر پاسخ‌های هماهنگ فیزیولوژیک است.

بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای مورد استفاده اثر معنی‌داری ($P < 0.01$) بر طول و عرض برگ داشتند که بیانگر حساسیت بالای شاخص‌های مورفولوژیک برگ به تنظیم‌کننده‌های رشد و ترکیبات زیست‌فعال می‌باشد. بیشترین طول برگ در تیمار ۱/۰ میلی مولار ملاتونین مشاهده شد و پس از آن تیمار ۱۰۰ میلی مولار سدیم نیتروپروساید قرار گرفت. این یافته با گزارش‌های پیشین همخوانی دارد؛ زیرا پژوهش‌های مختلف بیانگر آن است که ملاتونین با تعدیل بیان ژن‌های مرتبط با رشد، تحریک تقسیم و طویل شدن سلولی، افزایش کارایی فتوسنتزی و تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی، نقش برجسته‌ای در توسعه اندام‌های رویشی دارد (Khosravi et al., 2023; Luo et al., 2023). نتایج ما نیز نشان داد که افزایش طول برگ در پاسخ به ملاتونین احتمالاً ناشی از همین سازوکارها بوده است. علاوه بر این، اثر مثبت سدیم نیتروپروساید نیز قابل انتظار بود؛ زیرا این ترکیب به‌عنوان دهنده اکسید نیتریک، در مسیرهای سیگنال‌دهی مرتبط با رشد، طویل شدن سلولی، تعدیل پارامترهای فیزیولوژیک و افزایش تنظیم دفاعی گیاه نقش دارد. یافته‌های ما که بهبود شاخص‌های رشدی نرگس رقم "شهلا" را در تیمار SNP نشان داد، با گزارش‌های موجود همخوان است که تأثیر اکسید نیتریک را بر ارتقای رشد و تعدیل پاسخ‌های تنش در گیاهان مختلف تأیید کرده‌اند (Sardar et al., 2023).

نتایج این پژوهش همچنین همسو با گزارش Sheikhalipour et al. (2024) است که نشان داد ملاتونین و سدیم نیتروپروساید با بهبود فرایندهای رشد، کارایی فتوسنتز، وضعیت اکسیداتیو و تولید متابولیت‌های دفاعی، می‌توانند نقش مهمی در تنظیم متابولیسم گیاه و کاهش اثرات تنش ایفا کنند.

نتایج نشان داد که محلول‌پاشی با ۵ درصد عصاره برگ مورینگا عرض برگ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. عصاره برگ

مورینگا به‌عنوان یک محرک زیستی طبیعی، حاوی مقادیر بالایی از سیتوکینین‌های طبیعی به‌ویژه زاتین، عناصر غذایی، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌هاست (Hassan et al., 2020). سیتوکینین‌ها نقش کلیدی در تحریک تقسیم سلولی، افزایش اندازه سلول و گسترش سطح برگ دارند (Taiz et al., 2015). افزون بر این، وجود عناصر معدنی مانند پتاسیم و کلسیم در عصاره مورینگا می‌تواند از طریق تنظیم فشار اسمزی، فعال‌سازی آنزیم‌ها و بهبود فتوسنتز، رشد برگ را تسهیل نماید (Hasegawa et al., 2000). نتایج حاصل از این مطالعه با Ali et al. (2018) روی گیاه شمعدانی مطابقت داشت. آن‌ها نشان دادند که استفاده از عصاره برگ مورینگا با افزایش سطح برگ همراه بود. برگ‌های مورینگا حاوی مقادیر قابل توجهی از سیتوکینین‌های طبیعی از جمله ایزوپنتنیل‌آدنین، دی‌هیدروزاتین و زاتین هستند که نقش مهمی در تحریک رشد، افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گیاه دارند. علاوه بر این، عصاره برگ مورینگا منبع غنی از عناصر معدنی ضروری نظیر سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، منگنز، روی و آهن بوده و همچنین مقادیر قابل توجهی پروتئین و اسیدهای آمینه را در خود جای داده است (Nasir et al., 2016; Khan et al., 2017; Abdel-Rahman and Abdel-Kader, 2020).

نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی با غلظت ۵ درصد عصاره برگ مورینگا بیشترین افزایش معنی‌دار در عرض برگ نرگس رقم "شهلا" را ایجاد کرد. این موضوع را می‌توان به ترکیبات فعال موجود در عصاره مورینگا نسبت داد؛ زیرا این عصاره به‌عنوان یک محرک زیستی طبیعی حاوی سیتوکینین‌های فراوان به‌ویژه زاتین، عناصر غذایی، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌هاست (Hassan et al., 2020). سیتوکینین‌ها با تحریک تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها، به‌طور مستقیم باعث گسترش سطح برگ می‌شوند (Taiz et al., 2015). همچنین وجود عناصر معدنی مانند پتاسیم و کلسیم در عصاره مورینگا می‌تواند با بهبود فتوسنتز و تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مرتبط با رشد برگ، اثر تقویتی آن را تشدید کند (Hasegawa et al., 2000). یافته‌های این تحقیق با نتایج Ali et al. (2018) روی

شمعدانی نیز هم‌راستا بود؛ آن‌ها گزارش کردند که کاربرد عصاره برگ مورینگا موجب افزایش سطح برگ می‌شود. بر اساس گزارش‌های پیشین، برگ‌های مورینگا سرشار از سیتوکینین‌های طبیعی مانند ایزوپنتنیل آدنین، دی‌هیدروزاتین و زاتین هستند که بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاه را موجب می‌شوند. افزون بر این، مورینگا منبعی غنی از عناصر معدنی، پروتئین و اسیدهای آمینه است که می‌تواند رشد رویشی گیاه را تقویت نماید (Nasir et al., 2016; Khan et al., 2017; Abdel Rahman and Abdel Kader, 2020).

نتایج این پژوهش نشان داد که تیمارهای ۲/۵ و ۵ درصد عصاره برگ مورینگا بیشترین عمر گلجایی گل نرگس را به ترتیب با ۱۲ و ۱۱/۶۶ روز به خود اختصاص دادند، تیمار ۲۰ گرم در لیتر جلبک دریایی در رتبه بندی بود و تیمارهای ملاتونین و سدیم نیتروپروساید تفاوتی با یکدیگر نشان ندادند. در حالی که کمترین عمر گلجایی در تیمار شاهد با حدود ۷ روز مشاهده شد. این افزایش معنی‌دار عمر گلجایی (حدود ۷۰ درصد) بیانگر نقش مؤثر عصاره مورینگا در حفظ کیفیت و ماندگاری گل‌هاست. افزایش عمر گلجایی در اثر کاربرد عصاره برگ مورینگا می‌تواند به وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، ویتامین‌های C و A، فنل‌ها و عناصر معدنی نسبت داده شود که با کاهش تجمع گونه‌های فعال اکسیژن، تأخیر در پیری بافت‌ها و حفظ یکپارچگی غشاهای سلولی، موجب افزایش ماندگاری گل‌ها می‌شوند همچنین، سیتوکینین‌های موجود در عصاره مورینگا با به‌تأخیر انداختن فرآیند پیری و کاهش تخریب کلروفیل، نقش مهمی در افزایش عمر گلجایی دارند (Rady et al., 2013; Latif and Mohamed, 2016; Gopalakrishnan et al., 2016). تیمار عصاره برگ مورینگا قادر است با حفظ روابط آبی، افزایش مکانیسم آنتی‌اکسیدانی، کاهش تنش اکسیداتیو در گل بریده شده و با حفظ رنگدانه‌های فتوسنتزی و روابط آبی عمر گل‌های شاخه بریده را افزایش دهد (Hassan & Fetouh, 2019; Hassan et al., 2020). در پژوهش‌های مشابهی کاربرد عصاره برگ مورینگا عمر گلجایی گل شاخه بریده رز و گلابول را افزایش داد (Hassan & Fetouh, 2019; Hassan et al., 2020).

بیشترین وزن تر برگ و ریشه به ترتیب در تیمارهای ۱/۰ میلی‌مولار ملاتونین و ۵٪ عصاره برگ مورینگا مشاهده شد. افزایش وزن تر برگ در اثر محلول‌پاشی ملاتونین می‌تواند به نقش آن در بهبود وضعیت فیزیولوژیک و افزایش تجمع ترکیبات آلی مرتبط باشد. ملاتونین به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد مؤثر، با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش آسیب اکسیداتیو، می‌تواند عملکرد فتوسنتزی و ذخیره کربوهیدرات‌ها را تقویت کند که این عوامل به‌نوبه خود موجب افزایش وزن تر اندام‌های هوایی می‌شوند (Arnao & Hernández-Ruiz, 2019).

یافته‌های این تحقیق نشان داد که تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نسبت به شاهد موجب افزایش معنادار محتوای کلروفیل a و b کل در برگ‌های نرگس رقم "شاهلا" شدند. اگرچه میان تیمارها تفاوت معنی‌داری در میزان کلروفیل a مشاهده نشد، افزایش کلی این رنگیزه فتوسنتزی نسبت به شاهد نشان‌دهنده ارتقای ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها در اثر محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشد است. این افزایش محتوا می‌تواند ناشی از تحریک بیوسنتز رنگیزه‌ها، بهبود تشکیل کلروپلاست‌ها و کاهش تخریب مولکول‌های کلروفیلی باشد که در تحقیقات اخیر به‌عنوان اثر مکانیسم‌های مؤثر محرک‌های زیستی گزارش شده است (Costa et al., 2025). از سوی دیگر، بیشترین مقدار کلروفیل b در تیمار جلبک دریایی و پس از آن در عصاره برگ مورینگا به‌دست آمد. مطالعات جدید نیز نشان داده‌اند که کاربرد عصاره جلبک دریایی می‌تواند محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل b و کارتنوئیدها را افزایش دهد، زیرا این عصاره‌ها حاوی هورمون‌های گیاهی، ویتامین‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و عناصر معدنی هستند که سنتز و پایداری رنگیزه‌ها را بهبود می‌بخشند (Lam et al., 2025). با توجه به غنی بودن جلبک دریایی از اسیدهای آمینه آزاد و مواد آلی و معدنی، استفاده از عصاره جلبک دریایی می‌تواند بر سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی تأثیر بگذارد (Manaf, 2016; Hussain et al., 2021). افزایش محتوای کلروفیل برگ می‌تواند نتیجه کاهش سرعت تخریب کلروفیل باشد که ممکن است به دلیل وجود بتائین‌ها در ترکیب عصاره

جلبک دریایی باشد (Khan et al., 2019). نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج Muetasam Jafr و همکاران (۲۰۲۲) روی گیاه آویشن مطابقت نشان داد. ملاتونین تأثیری مهاری بر روی فعالیت آنزیم‌های کلروفیل‌از و فتوفورباید-آکسیژناز^۵ دارد که در پی آن، باعث حفظ و افزایش سطح کلروفیل، به تأخیر افتادن روند پیری برگ‌ها، بهبود کارایی فتوسیستم II و در نهایت افزایش بهره‌وری فتوسنتز می‌شود (Turl et al., 2014).

پایداری غشا یک فاکتور مهم برای سازش گیاهان به تنش است و شاخص نشت الکتروولت یکی از روش‌های کارآمد در سنجش میزان آسیب‌های غشایی و عملکرد غشا است (Bharwana et al., 2014). کاهش سیالیت غشا در کنار پراکسیداسیون لیپیدها موجب آسیب رساندن به لیپیدهای غشایی و مختل شدن فعالیت غشای سلولی می‌شوند (Han and Bischof, 2004). تداوم این امر موجب تخریب بیشتر غشای سلول و خروج آب و افزایش نشت یونی می‌شود (Azzarello et al., 2009). در این مطالعه کاربرد بیومحرک‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد باعث کاهش خسارات غشایی و حفظ پایداری غشا گردید. گزارش شده است که کاربرد عصاره جلبک دریایی در یونجه باعث پایین آمدن نشت الکتروولت در ژنوتیپ‌های حساس به شوری شد (El-Sharkawy et al., 2017).

یافته‌های این مطالعه نشان داد که تمامی تیمارهای محلول‌پاشی نسبت به شاهد موجب افزایش معنی‌دار میزان پروتئین کل و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در برگ‌های نرگس "شهلا" شدند، به‌گونه‌ای که بیشترین میزان پروتئین کل در تیمار ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید به‌دست آمد. افزایش محتوای پروتئینی در پاسخ به بیومحرک‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد می‌تواند نشان‌دهنده بهبود وضعیت متابولیکی و افزایش سنتز پروتئین‌های ساختاری و آنزیمی باشد، چرا که این ترکیبات اغلب موجب فعال‌سازی مسیرهای بیوسنتزی و افزایش ظرفیت ترجمه mRNA می‌شوند. این کاهش در شاخص‌های تنش اکسیداتیو را می‌توان به وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدانی غنی مانند اسید آسکوربیک،

فنل‌ها، پرولین و فیتوهورمون‌هایی مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها در عصاره برگ مورینگا نسبت داد که سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاهان گلرنگ را پشتیبانی/تقویت کردند (Nasire et al., 2016). این یافته‌ها با یافته‌های Latif و Mohamed (۲۰۱۶) در گیاه لوبیا مطابقت نشان داد. سوپراکسید دیسموتاز اولین خط دفاعی آنتی‌اکسیدانی است و رادیکال‌های سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن تبدیل می‌کند. در مرحله بعد، پراکسید هیدروژن توسط آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز یا گایاکول پراکسیداز در قسمت‌های مختلف سلول به آب و اکسیژن تجزیه می‌شود (Arora et al., 2002). نتایج آزمایش حاضر نشان داد که گیاهان تحت تیمار با ملاتونین و نیتریک اکسید در مقایسه با تیمار شاهد، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به‌طور قابل توجهی افزایش یافتند. ملاتونین علاوه بر اینکه بسیاری از رادیکال‌های آزاد را به‌طور مستقیم از بین می‌برد، به‌عنوان یک سیگنال مولکولی عمل کرده و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را تنظیم می‌کند (Ding et al., 2017). همچنین مطالعات قبلی نقش ملاتونین را در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی برای افزایش تحمل به شرایط نامساعد محیطی در گیاهانی مانند فلفل نشان داده‌اند (Kaya and Doganlar, 2019). ملاتونین به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان، گونه‌های فعال اکسیژن را بسیار بیشتر از گلوکاتایون مهار می‌کند و همچنین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند پراکسیدازها، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز را افزایش می‌دهد (Reiter et al., 2007).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از محرک‌های زیستی طبیعی، سدیم نیتروپروساید و ملاتونین می‌تواند به‌طور مؤثری ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گل نرگس رقم "شهلا" را بهبود بخشد. ملاتونین با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار بیشترین تأثیر را بر افزایش رشد رویشی از جمله طول برگ و

جایگزین‌های سازگار با محیط‌زیست برای بخشی از نهاده‌های شیمیایی در تولید این گیاه معرفی شوند.

تشکر و سپاسگزاری

در انجام این پژوهش، حمایت مالی خاصی از مؤسسات عمومی، صنعتی و غیرانتفاعی دریافت نشده است.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچگونه تضاد منافی با شخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

وزن تر اندام هوایی داشت که بیانگر نقش آن در تحریک فرآیندهای رشد است. عصاره برگ مورینگا، به‌ویژه در غلظت ۵ درصد، با افزایش معنی‌دار عرض برگ، وزن تر ریشه و طول عمر گلجایی، کارآمدترین تیمار در بهبود صفات مورفولوژیک بود. از سوی دیگر، سدیم نیتروپروساید در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار با افزایش محتوای پروتئین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، بیشترین اثر را بر بهبود وضعیت فیزیولوژیک و دفاعی گیاه نشان داد. همچنین عصاره جلبک دریایی باعث کاهش نشت یونی و بهبود پایداری غشا شد که نشان‌دهنده نقش آن در تقویت مقاومت سلولی است. به طور کلی، یافته‌ها بیانگر آن است که عصاره برگ مورینگا و سدیم نیتروپروساید مؤثرترین تیمارها برای ارتقای کیفیت و عملکرد نرگس رقم "شاهلا" بوده و می‌توانند به‌عنوان

References

منابع مورد استفاده

1. Abdel-Rahman, S.S.A., Abdel-Kader, A.A.S., 2020. Response of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) plants to foliar application of moringa leaf extract and benzyladenine (BA). *South Afr. J. Bot.* 129, 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.01.037>
2. Aghdam, M. S., Mukherjee, S., Flores, F. B., Arnao, M. B., Luo, Z., Corpas, F. J., 2021. Functions of melatonin during postharvest of horticultural crops. *Plant Cell Physiol.* 0, 1–23. doi: 10.1093/pcp/pcab175
3. Aguilera, Y., Herrera, T., Benitez, V., Arribas, S. M., Lopez De Pablo, A. L., Esteban, R. M., 2015. Estimation of scavenging capacity of melatonin and other antioxidants: contribution and evaluation of germinated seeds. *Food Chem.* 170, 203–211. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.08.071
4. Ahmad, I., Tanveer, M.U., Liaqat, M., Dole, J.M., 2019. Comparison of corm soaks with preharvest foliar application of moringa leaf extract for improving growth and yield of cut *Freesia hybrida*. *Sci. Hort.* 254, 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.074>
5. Ali, E.F., Hassan, F.A.S., Elgimabi, M., 2018. Improving the growth, yield and volatile oil content of *Pelargonium graveolens* L. Herit by foliar application with moringa leaf extract through motivating physiological and biochemical parameters. *South Afr. J. Bot.* 119, 383–389. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.10.003>
6. Al-Mansour, B., Kalaijavan, D., Suryanarayana, M.A., Umesha, K., Nair, A.K., 2018. Influence of organic and inorganic fertilizers on yield and quality of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Spices Arom. Crops.* 27, 38–44. <https://doi.org/10.25081/josac.2018.v27.i1.1013>
7. Alwan, S. H., 2025. Effect of Chemical Fertilizer and Seaweed Extract on the Vegetative Growth and Flowering of Chinese Carnation (*Dianthus chinensis* L.). In *IOP Conference Series: Earth and Environ Sci.* 1549, 12120. IOP Publishing.
8. Arnao, M. B., Hernández-Ruiz, J., 2019. Melatonin: A new plant hormone and/or a plant master regulator? *Trends in Plant Sci.* 24(1), 38–48. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.10.010>
9. Arora, A., Sairam, R.K., Srivastava, G.C., 2002. Oxidative stress and antioxidative system in plants. *Curr. Sci.* 82, 1227–1238.
10. Azzarello, E., Mugnai, S., Pandolfi, C., Masi, E., Marone, E., Mancuso, S., 2009. Comparing image (fractal analysis) and electrochemical (impedance spectroscopy and electrolyte leakage techniques for the assessment of the freezing tolerance in olive. *Trees*, 23, 159.
11. Badria, F. A., 2002. Melatonin, serotonin, and tryptamine in some Egyptian food and medicinal plants. *J. Medicinal Food.* 5, 153–157. doi: 10.1089/10966200260398189
12. Bharwana, S. A., Ali, S., Farooq, M. A., Ali, B., Iqbal, N., Abbas, F., Ahmad, M. S. A., 2014. Hydrogen sulfide ameliorates lead-induced morphological, photosynthetic, oxidative damages and biochemical changes in cotton. *Environ Sci Pollut Research.* 21, 717–731.
13. Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein, utilizing the

- principle of protein-dye binding. *Anal Biochemi.* 72, 248–254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
14. Bremner, J., 1960. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. *J. Agric. Sci.* 55 (1), 11–33.
 15. Choulot, M., Guillard, C.L., Bourgougnon, N., Michalak, I., 2022. Seaweed-based fertilizing products. In: Pandey VC (ed.), *Algae and Aquatic Macrophytes in Cities - Bioremediation, Biomass, Biofuels and Bioproducts*, Elsevier, pp. 271–313. doi.org/10.1016/B978-0-12-824270-4.00012-2
 16. Costa, D., Walsh, E., Dieli, C., O'Halloran, O., Awan, Z.A., Gargan, A., Landeta-Manzano, B., Priyadarshini, A., Foley, L., Gaffney, M.T., Walsh, L., 2025. Impact of biostimulant use in agricultural crops (strawberries, leafy greens and mushrooms) under different horticultural cropping systems: A systematic review. *Annal Appl Biol*, 187(3), 304–317.
 17. Dazy, M., Jung, V., Ferard, J.F., Masfarau, J.F., 2008. Ecological recovery of vegetation on a coke factory soil: role of plant antioxidant enzymes and possible implication in site restoration. *Chemosphere*, 74, 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.09.014>
 18. Ding, F., Liu, B., Zhang, S., 2017. Exogenous melatonin ameliorates cold-induced damage in tomato plants. *Sci. Hort.* 219, 264–271
 19. Dole, J.M. & Wilkins, H.F. (2005). *Floriculture, principles and species*. Prentice-Hall, Inc. U.S.A.
 20. El-Sharkawy, M., El-Beshbeshy, T., Al-Shal, R., Missaoui, A., 2017. Effect of plant growth stimulants on alfalfa response to salt stress. *Agric Sci.* 8, 267–291.
 21. exogenous moringa leaf extract application on gladiolus cultivars. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 17, 25–38. <https://doi.org/10.24326/asphc.2018.4.3>.
 22. Ezhilmathi, K., Singh, V. P., Arora, A. and Sairam, R. K. (2007) Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase of *Gladiolus* cut flowers. *Plant Growth Regulators* 51: 99–108.
 23. Galanakis, C.M., 2015. Separation of functional macromolecules and micromolecules: from ultrafiltration to the border of nanofiltration. *Trends Food Sci. Technol.* 42, 44–63. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.11.005>.
 24. Galanakis, C.M., Tsatalas, P., Galanakis, I.M., 2018. Implementation of phenols recovered from olive mill wastewater as UV booster in cosmetics. *Ind. Crops. Prod.* 111, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.058>.
 25. Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle size analysis, hydrometer method. PP. 383–411. In: Klute, A., et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part II*, ASA, Madison, WI.
 26. Gopalakrishnan, L., Doriya, K., Kumar, D.S., 2016. Moringa oleifera: a review on nutritive importance and its medicinal application food science and human wellness. *Food Sci. Hum. Well.* 5, 49–56.
 27. Gul, F., Tahir, I., 2013. An effective protocol for improving vase life and postharvest performance of cut *Narcissus tazetta* flowers. *J Saudi Soc Agric Sci.* 12(1), 39–46
 28. Gun, S., 2020. The effect of herbal oil and citric acid on vase life of cut narcissus (*Narcissus tazetta* L.) flower. *J. Postharvest Technol.* 8, 18–26.
 29. Hajihashemi, S., Skalicky, M., Brestic, M., Pavla, V. 2020. Cross-talk between nitric oxide, hydrogen peroxide and calcium in saltstressed *Chenopodium quinoa* Willd. At seed germination stage. *Plant Physiol Biochem.* 154, 657–664
 30. Hajihashemi, S., Jahantigh, O., 2023. Nitric oxide effect on growth, physiological and biochemical processes, flowering, and postharvest performance of *Narcissus tazetta*. *J Plant Growth Regul.* 42(2), 892–907.
 31. Han, B., Bischof, J. C., 2004. Direct cell injury associated with eutectic crystallization during freezing. *Cryobiol.* 48, 8–21.
 32. Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K., Bohnert, H.J., 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Rev. Plant. Physiol.* 51, 463–499. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.463>.
 33. Hassan, F. A. S., Fetouh, M. I., 2019. Does moringa leaf extract have preservative effect improving the longevity and postharvest quality of gladiolus cut spikes?. *Scientia Horti*, 250, 287–293.
 34. Hassan, F. A. S., Mazrou, R., Gaber, A., Hassan, M. M., 2020. Moringa extract preserved the vase life of cut roses through maintaining water relations and enhancing antioxidant machinery. *Postharvest Biol Technol.* 164, 111156.
 35. Hazzoumi, Z., Moustakime, Y., Joutei, K.A., 2014. Effect of gibberellic acid (GA), indole acetic acid (IAA) and benzyl aminopurine (BAP) on the synthesis of essential oils and the isomerization of methyl chavicol and trans-anethole in *Ocimum gratissimum* L. *Springerplus* 3, 321–327. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-321>.
 36. Hoque, M. N., Tahjib-Ul-Arif, M., Hannan, A., Sultana, N., Akhter, S., Hasanuzzaman, M., Akter, F., Hossain, M.S., Sayed, M.A., Hasan, M.T., Skalicky, M., 2021. Melatonin modulates plant tolerance to heavy metal stress: morphological responses to molecular mechanisms. *Int. J. Mol. Sci.* 22, 11445. doi:10.3390/ijms222111445
 37. Hussain, H.I., Kasinadhuni, N., Arioli, T., 2021. The effect of seaweed extract on tomato plant growth, productivity and soil. *J. Appl. Phycol.* 33, 1305–1314.
 38. Jan, S., Singh, B., Bhardwaj, R., Singh, R., Mansoor, S., Ahmad, P. 2022. Recent advances on the pragmatic roles of phyto-melatonin and its exogenous application for abiotic stress management in plants. *J. Plant Growth Regul.*, 1–16. doi: 10.1007/s00344-022-10766-3
 39. Johns, N. P., Johns, J., Porasuphatana, S., Plaimmee, P., Sae-Teaw, M., 2013. Dietary intake of melatonin from tropical fruit altered urinary excretion of 6- sulfatoxymelatonin in healthy volunteers. *J. Agricul. Food Chem.* 61, 913–919. doi: 10.1021/jf300359a

40. Karakoyun, Ç., Bozkurt, B., Çoban, G., Masi, M., Cimmino, A., Evidente, A., Somer, N.U., 2020. A comprehensive study on *Narcissus tazetta* subsp. *tazetta* L.: Chemo-profiling, isolation, anticholinesterase activity and molecular docking of Amaryllidaceae alkaloids. *South Afric J. Bot.* 130, 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.11.016>
41. Katoch, M., Kapoor, P., Gupta, H., Vashishta, N., Verma, V., Bhardwaj, R., Acharya, A., Bhargava, B., 2025. Foliar application of melatonin-capped copper nanoparticles improves stem strength and postharvest quality by regulating the lignin biosynthesis genes and physio-chemical profile in *gerbera jamesonii* l. *Postharvest Biol. Technol.* 222, 113415. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2025.113415>.
42. Kaya, A., Doganlar. Z. B., 2019. Melatonin improves the multiple stress tolerance in pepper (*Capsicum annuum*). *Sci. Hortic.* 256, 108509.
43. Khan, S., Basra, S.M.A., Afzal, I., Nawaz, M., Rehman, H.U., 2017. Growth promoting potential of fresh and stored *Moringa oleifera* leaf extracts in improving seedling vigor, growth and productivity of wheat crop. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 27601–27612. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0336-0>.
44. Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J., Prithiviraj, B., 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth Regul.* 28, 386–399
45. Khosravi, S., Haghighi, M., Mottaghipisheh, J., 2023. Effects of melatonin foliar application on hot pepper growth and stress tolerance. *Plant Stress.* 9, 100192.
46. Lam, V. P., Bok, G., Loi, D. N., Do, M. C., Park, J., 2025. Seaweed Foliar Biostimulants Improve Growth and Phytochemicals of Thai Basil (*Ocimum basilicum* L.) in a Plant Factory. *Plants.* 14(21), 3271.
47. Latif, H.H., Mohamed, H.I., 2016. Exogenous applications of moringa leaf extract effect on retrotransposon, ultrastructural and biochemical contents of common bean plants under environmental stresses. *S. Afr. J. Bot.* 106, 221–231.
48. Li, X. F., Shao, X. H., Deng, X. J., Wang, Y., Zhang, X. P., Jia, L. Y., Xu, L., 2012. Necessity of high temperature for the dormancy release of *Narcissus tazetta* var. *chinensis*. *J Plant Physiol.* 169(14), 1340–1347.
49. Luo, Y., Hu, T., Huo, Y., Wang, L., Zhang, L., Yan, R., 2023. Effects of exogenous melatonin on chrysanthemum physiological characteristics and photosynthesis under drought stress. *Horticultrae.* 9 (1), 106.
50. Luziatelli, F., Ficca, A.G., Colla, G., Baldassarre Svecova, E., Ruzzi, M., 2019. Foliar application of vegetal-derived bioactive compounds stimulates the growth of beneficial bacteria and enhances microbiome biodiversity in lettuce. *Front. Plant Sci.* 10, 60. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00060>.
51. Makkar, H.P.S., Becker, K., 1996. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol-extracted *Moringa oleifera* leaves. *Anim. Feed Sci. Technol.* 63, 211–228.
52. Manaf, H.H., 2016. Beneficial effects of exogenous selenium, glycine betaine and seaweed extract on salt stressed cowpea plant. *Ann. Agric. Sci.* 61, 41–48.
53. Mishra, G., Singh, P., Verma, R., Kumar, S., Srivastava, S., Jha, K.K., Khosa, R.L., 2011. Traditional uses, phytochemistry and pharmacological properties of *Moringa oleifera* plant: an overview. *Der Pharmacia Lettre.* 3, 141–164.
54. Muetasam Jafr, S., Rahimi, A. R., Hashemi, M., Rokhzadi, A. 2022. Influence of N, K, and seaweed extract fertilization on biomass, photosynthetic pigments, and essential oil of *Thymus vulgaris*: Optimization study by response surface methodology. *Agronomy.* 12(12), 3222.
55. Nabi, R. B. S., Tayade, R., Hussain, A., Kulkarni, K. P., Imran, Q. M., Mun, B. G., Yun, B. W., 2019. Nitric oxide regulates plant responses to drought, salinity, and heavy metal stress. *Environ Exp Bot.* 161, 120–33. doi: 10.1016/j.envexpbot.2019.02.003.
56. Nakhaei, F., Khalighi, A., Naseri, M., Abroumand, P., 2008. The investigation of chemical components in essential oil of *Narcissus tazetta* L. flowers under farm and natural conditions in south khorasan. *J Hortic Sci.* 22, 123–131. (in Farsi)
57. Nasir, M., Khan, A.S., Basra, S.A., Malik, A.U., 2016. Foliar application of moringa leaf extract, potassium and zinc influence yield and fruit quality of ‘Kinnow’ mandarin. *Sci. Hortic.* 210, 227–235. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.07.032>.
58. Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 961-1010. *In*: Klute, A., et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed.*, ASA, Madison, WI.
59. Pei, B., Zhang, Y., Liu, T., Cao, J., Ji, H., Hu, Z., Wu, X., Wang, F., Lu, Y., Chen, N., Zhou, J., 2024. Effects of seaweed fertilizer application on crops’ yield and quality in field conditions in China-A meta-analysis. *PLoS ONE*, 19(7), e0307517
60. Posmyk, M. M., Balabusta, M., Wiczorek, M., 2009. Melatonin applied to cucumber (*Cucumis sativus* l.) seeds improves germination during chilling stress. *J. Pineal Res.* 46, 214–223. doi: 10.1111/j.1600-079X.2008.00652.x
61. Rady, M.M., Varma, B.C., Howladar, S.M., 2013. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings overcome NaCl stress as a result of presoaking in *Moringa oleifera* leaf extract. *Sci. Hortic.* 162, 63–70.
62. Reiter, R. J., Tan, D. X., Galano, A., 2014. Melatonin reduces lipid peroxidation and membrane viscosity. *Front Physiol.* 5, 1–4.
63. Rhoades, J.D., 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. PP. 417-436. *In*: Sparks, D. L., et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed.*, ASA, Madison, WI.

64. Reuveni, M., Agapov, V., Reuveni, R., 1995. Induced systematic protection to powdery mildew in cucumber by phosphate and potassium fertilizers: Effect of inoculum concentration and post-inoculation treatment. *Can J Plant Path.* 17(3), 245–251. <https://doi.org/10.1080/07060669509500686>
65. Richards LA. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils*. USDA Handbook-60. U.S. Govt. Printing Office, Washington, DC.
66. Sardar, H., Ramzan, M.A., Naz, S., Ali, S., Ejaz, S., Ahmad, R., Altaf, M.A., 2023. Exogenous application of melatonin improves the growth and productivity of two broccoli (*Brassica oleracea* L.) cultivars under salt stress. *J. Plant Growth Regul.* 1–15.
67. Seligman, K., Saviani, E., Oliveira, H., Pinto-Maglio, C., Salgado, I., 2008. Floral transition and nitric oxide emission during flower development in *Arabidopsis thaliana* is affected in nitrate reductase-deficient plants. *Plant Cell Physiol.* 49(7), 1112–1121.
68. Sheikhalipour, M., Kulak, M., Mohammadi, S.A., Esmailpour, B., Nouraein, M., Kocak, M.Z., Farajzadeh, S.M., Gohari, G., Fotopoulos, V., Vita, F., 2024. Foliar application of either melatonin or sodium nitroprusside regulates the antioxidant status, and the morpho-physiological attributes and essential oil production in sage (*Salvia officinalis* L.) under salinity stress. *Scientia Hort.* 323, p.112526.
69. Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., Murphy, A., 2015. *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.
70. Thomas, G.W., 1996. Soil pH and soil acidity. PP. 475–490. In: Klute, A., et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed.*, ASA, Madison, WI.
71. Watanabe, F.S., Olsen, S. R., 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soil. *Soil Science Society of America Proceeding.* 29, 677–678.
72. Wu, X., Ren, J., Huang, X., Zheng, X., Tian, Y., Shi, L., Dong, P., Li, Z., (2021). Melatonin: Biosynthesis, content, and function in horticultural plants and potential application. *Sci. Hort.* 288, 110392. doi: 10.1016/j.scienta.2021.110392
73. Younis, A., Akhtar, M.S., Riaz, A., Zulfiqar, F., Qasim, M., Farooq, A., Tariq, U., Ahsan, M., Bhatti, Z.M., 2018. Improved cut flower and corm production by exogenous moringa leaf extract application on gladiolus cultivars. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cult.* 17(4), 25–38.
74. Zhang, Z. W., Fu, Y. F., Zhou, Y. H., Wang, C. Q., Lan, T., Chen, G. D., Zeng, J., Chen, Y. E., Yuan, M., Yuan, S., 2019. Nitrogen and nitric oxide regulate *Arabidopsis* flowering differently. *Plant Sci.* 284, 177–184
75. Zhao, C., Nawaz, G., Cao, Q., Xu, T., 2022. Melatonin is a potential target for improving horticultural crop resistance to abiotic stress. *Sci. Hort.* 291, 110560. doi: 10.1016/j.scienta.2021.110560

اصلاح نیشه