



Exploring the Impact of Foliar Application of Potassium Nitrate and Forchlorfenuron on Saffron Flower and Corm Yield

Nasim Rezvani¹, Majid Pouryousef^{2*} and Afshin Tavakoli³

Article type:

Research Article

Article history:

Submitted: 30 November 2022

Revised: 2 October 2023

Accepted: 4 October 2023

Available Online: 29 October 2023

How to cite this article:

Rezvani, N., Pouryousef, M., Tavakoli, A. (2023). Exploring the Impact of Foliar Application of Potassium Nitrate and Forchlorfenuron on Saffron Flower and Corm Yield. *Saffron Agronomy & Technology*, 11(3), 257-280.

DOI: 10.22048/jsat.2023.352889.1477

abstract

Saffron, a cherished native plant of Iran, holds immense value, and its optimal growth and development hinge on the precise administration of nutrients and growth regulators. However, scant information exists concerning the nutritional attributes and the impacts of external application of growth regulators on its overall performance. This study intends to scrutinize the influence of varying concentrations of forchlorfenuron and potassium nitrate on the attributes of daughter corms as well as the ultimate saffron yield. Through this investigation, a deeper understanding of the relationship between growth regulators, nutrients, and saffron production can be attained, shedding light on the potential avenues for enhancing its cultivation and yield. This experiment was conducted as a factorial based on a randomized complete block design in the research farm of Zanjan University. According to the results, the interaction effect of forchlorfenuron 2.5 and 5 mg.liter⁻¹ and potassium nitrate 500 mg.liter⁻¹ decreased the number of daughter corms. Characteristics such as the weight of daughter corms of more than 7 grams per square meter, corm diameter, number of flowers per square meter, and the amount of safranal, crocin, and picrocrocin showed a significant increase due to the interaction of forchlorfenuron 5 mg.liter⁻¹ and potassium nitrate 1000 mg.liter⁻¹. The highest wet and dry weight of the stigma was 11.49 and 1.15 grams per square meter, respectively, with the treatment of forchlorfenuron at the level of 5 mg.liter⁻¹. Also, the use of potassium nitrate at the level of 1000 mg.liter⁻¹ increased the fresh and dry weight of the stigma by 10.22 and 1.01 grams per square meter, respectively. The maximum stigma length was obtained in treating forchlorfenuron 10 mg.liter⁻¹ and potassium nitrate 250 mg.liter⁻¹. Based on the outcomes derived from foliar application experiments, it is advisable to consider utilizing a concentration of 5 mg.liter⁻¹ for forchlorfenuron and 1000 mg.liter⁻¹ for potassium nitrate during the period extending from March to April. This recommendation holds under the premise that environmental conditions are conducive, encompassing factors such as favorable temperatures for foliar spraying.

1 - Ph.D. Student of Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

2 - Associate Prof., Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

3 - Associate Prof., Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.



Corresponding author: pouryousef@znu.ac.ir

This practice is particularly relevant to the climatic conditions prevalent in the Zanjan region.

Keywords: Corm weight, Daughter corm, Number of flowers, Nutritional elements, Safranal, Stigma.

مقاله پژوهشی

اثر محلول پاشی نیترات پتاسیم و تنظیم کننده رشد فورکلرفنورن بر عملکرد گل و بنه زعفران

نسیم رضوانی^۱، مجید پوریوسف^{۲*} و افشین توکلی^۳

تاریخ دریافت: ۹ آذر ۱۴۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۰ مهر ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۲ مهر ۱۴۰۲

رضوانی، ن.، پوریوسف، م.، و توکلی، ا. (۱۴۰۲). اثر محلول پاشی نیترات پتاسیم و تنظیم کننده رشد فورکلرفنورن بر عملکرد گل و بنه زعفران. زراعت و فناوری زعفران، ۱۱(۳)، ۲۸۰-۲۵۷.

چکیده

زعفران از گیاهان بومی و ارزشمند ایران است که مصرف صحیح عناصر غذایی و تنظیم کننده های رشدی، در رشد و نمو و تولید محصول آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. هدف از این مطالعه ارزیابی تأثیر غلظت های مختلف فورکلرفنورن و نیترات پتاسیم بر خصوصیات بنه های دختری و عملکرد زعفران می باشد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان انجام شد. محلول پاشی در این مطالعه، مرحله اول در اوایل اسفند ماه و مرحله دوم در اوایل فروردین ماه انجام شد. با توجه به نتایج به دست آمده اثر متقابل فورکلرفنورن ۲/۵ و ۵ میلی گرم در لیتر در سطح نیترات پتاسیم ۵۰۰ میلی گرم در لیتر موجب کاهش تعداد بنه های دختری شد. ویژگی هایی مانند وزن بنه های دختری بیش از ۷ گرم در مترمربع، قطر بنه، تعداد گل در مترمربع، میزان ساfranال، کرو سین و پیکروکرو سین در استفاده از تیمار اثر متقابل فورکلرفنورن ۵ میلی گرم در لیتر و نیترات پتاسیم ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر افزایش قابل توجهی پیدا کردند. بیشترین وزن تر و خشک کلاله به ترتیب به میزان ۱۱/۴۹ و ۱/۱۵ گرم در مترمربع با تیمار فورکلرفنورن در سطح ۵ میلی گرم در لیتر حاصل شد. همچنین استفاده از نیترات پتاسیم در سطح ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر موجب افزایش وزن تر و خشک کلاله به ترتیب به میزان ۱۰/۲۲ و ۱/۰۱ گرم در مترمربع شد. بیشترین طول کلاله در تیمار فورکلرفنورن ۱۰ میلی گرم در لیتر و نیترات پتاسیم ۲۵۰ میلی گرم در لیتر به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده محلول پاشی فورکلرفنورن با غلظت ۵ و نیترات پتاسیم با غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر، بهترین نتیجه را بر صفات مورد مطالعه داشت. به طور کلی نتایج آزمایش کنونی حاکی از تأثیر مثبت محلول پاشی زعفران با فورکلرفنورن و نیترات پتاسیم، روی خصوصیات رشدی و عملکرد کلاله و بنه آن دارد. به نحوی که وزن کل بنه های دختری نسبت به شاهد ۲/۳ برابر و وزن خشک کلاله به میزان ۹۶ درصد افزایش یافت. در کنار بهره مندی از نیترات پتاسیم به عنوان منبع تغذیه ای برای افزایش فتوسنتز و رشد گیاه، استفاده از ترکیباتی مانند فورکلرفنورن باعث انتقال بهتر و بیشتر هیدرات های کربن تولید شده از منبع به مخزن می شود که افزایش وزن بنه های دختری را به دنبال خواهد داشت.

کلمات کلیدی: بنه دختری، تعداد گل، ساfranال، عناصر غذایی، وزن بنه، کلاله.

۱- دانشجوی دکتری زراعت-گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان،

۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان

۳- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان

*- نویسنده مسئول: pouryousef@znu.ac.ir

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. به عنوان گران قیمت ترین محصول کشاورزی و دارویی و ادویه ای جهان جایگاه ویژه ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد. رایج ترین مورد مصرف زعفران استفاده از آن به عنوان چاشنی در غذاها می باشد. با توجه به نقش مهم این گیاه در صادرات غیر نفتی کشور و مناسب بودن شرایط آب و هوایی برخی نقاط ایران جهت کشت آن، ضرورت انجام پژوهش های علمی بر روی این گیاه ارزشمند مشخص می گردد. این گیاه از طریق دانه قابل تکثیر نیست و تنها راه تکثیر آن به صورت غیر جنسی و از طریق ساقه زیرزمینی به نام بنه می باشد. اندازه بنه یکی از عوامل اصلی می باشد که ظرفیت این گیاه را برای گل دهی تعیین می نماید. بنه های با وزن بالاتر عملکرد بالاتری دارند و در سال اول تولید گل می کنند. از این رو تولید بنه های با وزن بالا از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند (Aitoubahou & Elotmani, 1999). در این ارتباط نتایج تحقیق کومار و همکاران (Kumar et al., 2019) حاکی از اثر مثبت اندازه بنه بر میزان گلدهی زعفران می باشد. بررسی های دیگر نیز نشان دهنده وجود همبستگی مثبت بین وزن بنه زعفران با تولید بنه های دخترتی و عملکرد گل می باشند (Nasiri Mahallati et al., 2019). نتایج حاصل از بررسی اثر وزن بنه در گل آوری زعفران حاکی از آن است که در بنه های با وزن کمتر از ۸ گرم توان گل دهی محدود است، در حالی که درصد گل آوری و میزان گل دهی بنه های بیش از ۱۰ گرم، افزایش چشم گیری داشته و بنه های درشت از طریق تولید بنه های دخترتی بزرگ تر ظرفیت گل آوری و عملکرد را در سال های بعد افزایش دادند (Gresta et al., 2018). در راستای رسیدن به این مهم یعنی افزایش وزن بنه های دخترتی تحقیقاتی انجام شده است. از جمله این تحقیقات می توان به استفاده از روش های به زراعی از جمله تعیین بهترین تراکم کاشت، عمق

کاشت، استفاده از کودها، روش های کشت و غیره اشاره کرد (Akbarian et al., 2020). اما تحقیقات و گزارش های اندکی در رابطه با استفاده توأم از تنظیم کننده های رشدی و مواد مغذی مورد نیاز جهت رشد سریع تر و بیشتر زعفران با هدف درشت شدن بنه ها انجام شده است. از طرفی اهمیت تغذیه و استفاده از تنظیم کننده های رشد گیاهی بر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان بر کسی پوشیده نیست.

از آنجایی که زعفران از طریق بنه تکثیر می یابد، لذا تولید بنه های دخترتی قوی از طریق تغذیه مناسب همواره مورد توجه بوده و محلول پاشی عناصر غذایی یکی از روش های کمکی در تغذیه گیاهی محسوب می شود. از سوی دیگر، به دلیل نبود سیستم ریشه های وسیع در بنه ها و جذب ریشه ها از عمق کم خاک، محلول پاشی برگی در اغلب مزارع زعفران قابل توصیه می باشد (Behdani et al., 2018).

نیترات پتاسیم از ترکیباتی است که با اهدافی مانند تأمین نیاز غذایی گیاه و یا القای گل دهی مورد استفاده قرار می گیرد. نیترژن یکی از مهم ترین عناصر جهت افزایش عملکرد گل و بنه های زعفران به شمار می رود (Chaji et al., 2020). این عنصر در گیاه به عنوان عنصری متحرک شناخته شده و می تواند در طول دوره رشد گیاه و به ویژه در انتهای هر فصل، از اندام های رویشی به بخش زیرزمینی گیاه منتقل شود (Bertheloot et al., 2021). این ترکیب به دلیل داشتن پتاسیم، یک ماده غذایی به شمار می رود. این عنصر پرمصرف در رشد و متابولیسم گیاهان تحت شرایط تنش های زیستی و غیرزیستی نقش ویژه و حیاتی دارد. همچنین پتاسیم در فعالیت آنزیم ها، سنتز پروتئین، فتوسنتز، حرکت روزنه ها، تعادل کاتیونی-آنیونی و مقاومت در برابر تنش های محیطی نقش ضروری دارد. از این رو مصرف نیترات پتاسیم می تواند ضمن تأمین بخشی از نیاز غذایی گیاه شرایط را برای تحریک رشد و گل دهی فراهم سازد

در گزارشی دیگر استفاده از کلروکولین کلراید انتقال مواد فتوسنتزی به غده‌های سیب‌زمینی را افزایش داد (Wang et al., 2016).

فورکلرفنورن^۱ که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفته است، یک تنظیم کننده رشد گیاهی شبه سیتوکینین است و فعالیت بیولوژیکی آن ۱۰ برابر بیشتر از فعالیت سیتوکینین کینتین می‌باشد. این ماده از طریق بهبود و افزایش بیوسنتز کلروفیل، افزایش تقسیم سلولی و طولی شدن سلول‌ها موجب بزرگ‌تر شدن کورم‌ها و در نهایت موجب تأثیر مثبت بر عملکرد گیاه خواهد شد (She et al., 2014). همچنین این ترکیب در شکستن خواب جوانه‌های جانبی و آغاز جوانه زنی، به تأخیر انداختن مرحله پیری و افزایش دوام کلروپلاست در برگ‌ها مؤثر می‌باشد (Humphery, 2005). این ماده بر روی گیاهانی مانند گندم (Zhao, 2012)، خیار (Jin, 2010)، انگور (Hou et al., 2012)، کارلا (Fan et al., 2006)، خرما (Wang, 2016) نیز جهت افزایش رشد و عملکرد مورد بررسی قرار گرفته است. در گزارش دیگری پیش‌تیمار پیازهای گیاه موسیر از طریق غوطه‌ور کردن آن‌ها در فورکلرفنورن، به طور معنی‌داری تعداد برگ در هر بوته، وزن تر و وزن خشک پیازها را نسبت به شاهد افزایش داد (Farhadi & Alizadeh, 2018). در گزارش شی و همکاران (She et al., 2014) اثر غلظت‌های مختلف فورکلرفنورن از طریق محلول‌پاشی بر برگ‌های سبز گیاه *Lycoris aurea* L. (سوسن عنکبوتی) مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که خصوصیات از جمله وزن تر بنه و قطر بنه افزایش یافت.

این آزمایش با هدف بررسی اثرات سطوح مختلف غلظت محلول‌پاشی مواد غذایی و تنظیم‌کننده‌های رشدی بر ویژگی‌های بنه دختری و عملکرد گل زعفران انجام شد. برای رسیدن

(Hosseini et al., 2014). تأثیر مثبت استفاده از این ترکیب در افزایش رشد، تحریک گل‌دهی و بهبود وزن بنه در گیاه گلابول گزارش شده است. همچنین در این گزارش پیش‌تیمار بنه‌های گلابول با محلول سه درصد نیترات پتاسیم موجب افزایش قطر بنه به مقدار ۹/۴۹ میلی‌متر گردید (Ramazan et al., 2018). در پژوهشی روی زعفران گزارش شد که غوطه‌وری کورم‌ها در غلظت یک گرم در لیتر نیترات پتاسیم به ترتیب موجب افزایش ۱۹ و ۳۰ درصدی مقادیر قطر و وزن بنه‌های دختری شد و بیشترین میزان کلروفیل a و نسبت کلروفیل a/b در تیمار یک گرم بر لیتر نیترات پتاسیم به دست آمد. همچنین این تیمار بهترین شرایط را از نظر محتوای کلروفیل، رشد رویشی و رشد بنه‌های دختری، طول و تعداد برگ زعفران فراهم آورد (Jabbari et al., 2017). در آزمایشی دو ساله بر روی زعفران عنوان شد که با دو بار محلول‌پاشی برگ‌گی پتاسیم، طول برگ نسبت به شاهد افزایش یافته است (Akbarian et al., 2020).

تنظیم‌کننده‌های رشد نیز نقش حیاتی در طی مراحل رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کنند و استفاده از آن‌ها می‌تواند باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاهان شود. به عنوان مثال سیتوکینین‌ها می‌توانند پیازدهی و رشد پیازها را بهبود بخشند (Farhadi & Alizadeh, 2018). در گزارشی آمده است سیتوکینین‌ها با افزایش فعالیت کربوکسیلازی آنزیم رویسکو و از طریق کاهش مقاومت روزنه‌ها و افزایش ورود دی‌اکسیدکربن به درون برگ، سبب افزایش کارایی فتوسنتز می‌گردند و در نتیجه رشد و وزن تر و خشک گیاه را افزایش می‌دهند (Kim et al., 2016; Patil et al., 2016). در گزارش دیگری آمده است، استفاده از سیتوکینین در اوایل مرحله تشکیل مینی توپ‌های سیب‌زمینی موجب افزایش ۲۵ تا ۵۰ درصدی سنتز نشاسته شد (Borzenkova & Borovkova, 2003). همچنین

به این امر از نیترات پتاسیم و فورکلرفنورن استفاده شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان طی سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و با موقعیت جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۵۷۰ متر از سطح دریا و در

زمینی به مساحت تقریبی ۳۰۰ متر مربع انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. قبل از اجرای آزمایش، از عمق ۰-۳۰ سانتیمتری خاک نمونه برداری صورت گرفت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1- Physical and chemical properties of farm soil

شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	نیترژن کل Total N (%)	کلسیم Ca (g.kg ⁻¹)	سدیم Na (g.kg ⁻¹)	پتاسیم K (g.kg ⁻¹)	ماده آلی O.M (%)	بافت خاک Texture Soil (%)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)
7.42	1.492	0.07	0.12	0.13	0.12	0.94	لوم رسی Clay loam	25	38	37

جدول ۲- تجزیه‌ی واریانس (میانگین مربعات) کیفیت کلاله زعفران

Table 2- Analysis of variance of (mean squares) saffron stigma quality

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سافرانال Safranal	کروسین Crocin	پیکروکروسین Picrocrocin
تکرار Replication	3	^{ns} 0.68	^{ns} 1.01	0.06 ^{ns}
فورکلرفنورن CPPU	3	** 55.61	** 6.19	5.00**
نیترات پتاسیم KNO ₃	3	** 11.22	^{ns} 1.78	3.97*
نیترات پتاسیم × فورکلرفنورن KNO ₃ ×CPPU	9	** 11.67	** 5.71	3.10*
خطای آزمایشی Error	45	8.66	3.47	6.76
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	5.513	1.020	3.455

علامت‌های ns, **, * و * به ترتیب به مفهوم عدم وجود و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد و پنج درصد می‌باشند. اعداد جدول میانگین مربعات می‌باشند. ns, * and **: non-significant, significant in 5% and 1%, respectively. Table numbers are the average of squares.

بنه‌های مورد نیاز هر تکرار وزن تقریباً یکسان داشته باشند و از این طریق اثر وزن اولیه بنه‌ها حذف شود. به این صورت که بنه‌ها در گروه‌های ۷ تا ۹ گرم، ۱۰ تا ۱۲ گرم، ۵ تا ۶ گرم و ۳ تا ۴ گرم دسته‌بندی شدند و هر دسته در یک تکرار کاشت شدند و هر تکرار تحت اعمال تمامی تیمارها قرار گرفت. بنه‌ها در اوایل پاییز

با توجه به اهمیت تغذیه در زعفران با کود دامی و اثرات آن بر ساختمان خاک و گسترش ریشه و چند ساله بودن زعفران از کود دامی پوسیده به مقدار ۲۰ تن در هکتار استفاده شد. پس از آماده‌سازی زمین کرت‌هایی با ابعاد یک در دو متر ایجاد شدند. بنه‌های زعفران قبل از کشت، از نظر وزن غربال‌گری شدند تا

طی دوره گل دهی در واحد سطح محاسبه گردید. جهت تعیین میانگین طول کلاله، تعداد ۱۰ گل به صورت تصادفی برداشت و طول کلاله آن‌ها توسط دستگاه کولیس تعیین شد. سپس وزن خشک کلاله نیز مورد بررسی قرار گرفت. جهت اندازه‌گیری ترکیبات کیفی موجود در کلاله، روش اس-تا ندارد ملی ایران (INS, 2006) مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس این روش، ۵۰۰ میلی‌گرم نمونه کلاله پودر شده با استفاده از آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد؛ سپس این ترکیب به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی با کمک دور متوسط همزن مغناطیسی حل شد و میزان جذب در طیف‌های ۲۵۴ (پیکروکرووسین)، ۳۳۰ (سافرانال) و ۴۴۰ (کروسین) نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شدند. عدد به دست آمده در معادله شماره یک قرار گرفته و به ترتیب مقادیر پیکروکرووسین، سافرانال و کرووسین محاسبه گردید. در این رابطه، X مقدار ترکیب کیفی مشخص با واحد درصد، A میزان جذب خوانده شده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج مربوطه و M وزن خشک کلاله با واحد میلی‌گرم می‌باشد (INS, 2006) همچنین تعداد بنه‌های دختری، وزن خشک و تر بنه‌های دختری و قطر آن‌ها نیز اندازه‌گیری شدند.

$$100 X = A/M \times 100 \quad (1)$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد و نمودارهای مربوطه توسط نرم افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

بررسی اثرات تیمارها بر تعداد بنه‌های دختری

مصرف سطوح مختلف CPPU بر تعداد بنه دختری زعفران معنی‌دار ($p < 0.01$) بود (جدول ۳). استفاده از این ماده در سطوح ۲/۵ و ۵ میلی‌گرم در لیتر موجب کاهش تعداد بنه‌های

به صورت ردیفی و با تراکم ثابت ۱۰۰ بنه در مترمربع (فاصله روی ردیف و بین ردیف به ترتیب ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر) و عمق حدود ۱۵ سانتی‌متر کاشته شدند. آبیاری بوسیله سیستم قطره‌ای نواری نوبت اول اوایل مهر ماه، نوبت دوم اوایل آذر ماه، نوبت سوم اواخر فروردین و آخرین نوبت اواخر اردیبهشت ماه صورت گرفت. با توجه به نیاز آبی زعفران و در نظر گرفتن میزان بارش‌ها حجم کل آبیاری در حدود ۶۰ مترمکعب در نظر گرفته شد. در این آزمایش از کاربرد علف‌کش اجتناب شد و علف‌های هرز در دو مرحله، پس از اتمام گل دهی و یک ماه پس از آن به صورت دستی وجین شدند.

فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش شامل فورکلرفنورن در چهار سطح (۰، ۲،۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) و نیترات پتاسیم در چهار سطح (۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) مورد استفاده قرار گرفتند. عملیات محلول‌پاشی در اوایل صبح و با سمپاش پشتی و با فشار ثابت انجام گردید. همچنین برای جذب بیشتر محلول‌ها در برگ از میکرومویان استفاده شد. با توجه به نیاز غذایی زعفران در دوران رشد بنه‌های دختری و فراهم شدن شرایط جوی مناسب جهت محلول‌پاشی در منطقه، زمان اعمال تیمارها مرحله اول در اوایل اسفند ماه و مرحله دوم در اوایل فروردین ماه بود و برای اثر بهتر تیمارها در هر مرحله، عملیات محلول‌پاشی یک هفته بعد از اولین مرحله، تکرار شد. همچنین جهت جلوگیری از تداخل اثر دو تیمار، محلول‌پاشی نیترات پتاسیم و فورکلرفنورن با یک هفته فاصله انجام شد.

اواخر اردیبهشت ماه و قبل از شروع خشک شدن برگ‌ها نمونه‌برداری از هر کرت به صورت ۵ بوته در کرت جهت ارزیابی برخی صفات انجام گردید. گل‌های زعفران از نیمه آبان تا نیمه آذر در اوایل صبح و با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای از کل سطح کرت‌ها برداشت و وزن تر گل، وزن تر کلاله و همچنین تعداد گل در واحد سطح اندازه‌گیری شدند. تعداد گل برداشت شده در واحد سطح، از طریق شمارش تعداد کل گل‌های برداشت شده

بهبود ویژگی‌های رویشی در برخی از گیاهان بدون کورم نیز گزارش شده است (Baskaran et al., 2022) و (Chopde et al., 2019). همچنین نتایج ناسور و هدا یا (Nassour & Hediwa, 2016) نقش مثبت فورکلرفنورن بر بهبود ویژگی‌های رشدی گل‌ها و عملکرد گیاهان بنه‌دار و بدون بنه را تأیید می‌کنند. در گزارشی نیز تأثیر کاربرد سیتوکینین بر تقسیم سلولی، اندازه سلولی و همچنین تأثیر آن بر تحریک رشد جوانه‌های جانبی و در نتیجه افزایش تعداد بنه‌های دختری را تأیید می‌کند (Hoseinifard et al., 2018). همچنین تأثیرات مثبت غوطه‌وری بنه در نیترات پتاسیم جهت تولید بنه دختری در گیاه گلابول گزارش شده است (Amir, 2006). سعید اکرم و همکاران (Saeed Akram et al., 2009) بیان کردند کاربرد نیترات پتاسیم میزان رشد گیاه آفتابگردان را افزایش داد که این افزایش را مربوط به افزایش ظرفیت فتوسنتز و مقدار نسبی آب برگ‌ها دانستند. همچنین حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2004) گزارش نمودند کاربرد کودهای شیمیایی در زعفران تعداد بنه‌های دختری را افزایش می‌دهد.

دختری شد و مصرف این ماده در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، تعداد بنه‌های دختری را نسبت به تیمار شاهد ۳۰ درصد افزایش داد. همچنین استفاده از تمامی سطوح نیترات پتاسیم نیز بر تعداد بنه دختری زعفران در واحد سطح معنی‌دار ($p < 0.01$) بود (جدول ۳) و موجب کاهش تعداد بنه‌های دختری نسبت به شاهد شد، که در میان سطوح استفاده شده نیترات پتاسیم، غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر آن تقریباً نسبت به بقیه سطوح، بیشترین میزان تأثیر را بر کاهش تعداد بنه دختری داشت. اثر متقابل عوامل مورد استفاده نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. کمترین و البته مناسب‌ترین تعداد بنه دختری در تیمارهای اثر متقابل CPPU ۲/۵ و ۵ میلی‌گرم در لیتر در سطح نیترات پتاسیم ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد که در واقع در حدود ۳۲ درصد کاهش پیدا کرد. با توجه به این که هدف از این تحقیق افزایش وزن بنه‌های دختری می‌باشد، از این رو کاهش تعداد بنه‌های دختری تولید شده در سال‌های اول به جهت این که رقابت درون گیاهی را برای جذب بیشتر مواد غذایی کاهش می‌دهد و موجب افزایش وزن بنه‌های مؤثر می‌شود، مطلوب هدف این تحقیق می‌باشد. تعداد بنه دختری در تیمارهای اثر متقابل CPPU ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه تمامی سطوح نیترات پتاسیم افزایش پیدا کرد که بیشترین تعداد در تیمار CPPU ۱۰ و نیترات پتاسیم صفر به دست آمد که حدود ۴۶ درصد افزایش را نشان داد و در بقیه سطوح نیترات پتاسیم ۲۰ درصد افزایش را نشان داد (جدول ۴).

در گزارشی محلول‌پاشی برگ‌های گلابول با فورکلرفنورن در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش بسیاری از ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری از جمله افزایش تعداد برگ‌ها و افزایش کربوهیدرات در آن‌ها شد. همچنین در این تحقیق، استفاده از فورکلرفنورن موجب افزایش تعداد بنه‌های دختری در این گیاه شد (Antognozzi et al., 2020). نقش مثبت فورکلرفنورن بر

جدول ۳- تجزیہ واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک زعفران
 Table 3- Analysis of variance of (mean squares) treatments on morphological traits of saffron

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	طول کاله Stigma length	وزن خشک کاله Stigma dry weight	وزن تر کاله Fresh weight of stigma	وزن تر گل Wet weight of flowers	تعداد گل Number of flowers	قطر بنه دختره Doughther corn diameter	وزن کل بنه دختره Total doughther corn weight	وزن بنه دختره کمتر از ۷ گرم Corn weight less than 7 grams	وزن بنه دختره بیش از ۷ گرم Corn weight more than 7 grams	تعداد بنه دختره Doughther corm number
تکرار Replication	3	0.25 ^{ns}	1.66 ^{ns}	51.0 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.51 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.65 ^{ns}	0.35 ^{ns}	0.93 ^{ns}	0.67 ^{ns}
فوز کارفوبون CPPU	3	4.55 ^{**}	144.8 ^{**}	168.73 ^{**}	106.6 ^{**}	168.73 ^{**}	75.85 ^{**}	359.36 ^{**}	146.70 ^{**}	614.38 ^{**}	61.128 ^{**}
تیزرات پتاسیم KNO ₃	3	0.08 ^{ns}	30.44 ^{**}	49.91 ^{**}	0.36 ^{ns}	49.91 ^{**}	35.70 ^{**}	144.86 ^{**}	50.24 ^{**}	225.66 ^{**}	46.25 ^{**}
تیزرات پتاسیم * فوز کارفوبون KNO ₃ * CPPU	9	2.87 [*]	75.35 ^{**}	90.74 ^{**}	45.17 ^{**}	90.74 ^{**}	23.35 ^{**}	57.24 ^{**}	30.58 ^{**}	99.66 ^{**}	54.7 ^{**}
خطای آزمایشی Error	45	0.72	0.00	0.20	52.58	229.41	2.52	3301.27	2228.59	711.95	802.47
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	3.365	5.443	4.874	4.926	4.874	6.467	5.417	8.091	5.591	6.658

علامت‌های ns, *, ** و *** به ترتیب به معنای عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح یک درصد، پنج درصد و یک درصد می‌باشد. اعداد جدول میانگین مربعات می‌باشد.
 ns, * and ** : non-significant, significant in 5% and 1%, respectively. Table numbers are the average of squares.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل CPPU × KNO₃ بر صفات مورفولوژیک زعفران
Table 4- Mean comparisons for interaction effect of CPPU × KNO₃ on morphological traits of saffron

سطوح CPPU CPPU level (mg.lit ⁻¹)	سطوح KNO ₃ KNO ₃ level (mg.lit ⁻¹)	وزن خشک کلاله Stigma dry weight (g.m ⁻²)	وزن تازه Fresh weight of stigma (g.m ⁻²)	طول کلاله Stigma length (mm)	وزن تر گل Wet weight of flowers (g.m ⁻²)	تعداد گل Number of flowers	قطر بنه دختری Doughter corm diameter (mm)	وزن کل بنه دختری Total doughter corm weight (g.m ⁻²)	وزن بنه دختری کمتر از ۷ گرم Corm weight less than 7 grams (g.m ⁻²)	وزن بنه دختری بیش از ۷ گرم Corm weight more than 7 grams (g.m ⁻²)	تعداد بنه دختری Doughter corm number
0	0	0.6570	6.39	24.25	118.94	213.00	20.12	779.75	506.84	272.91	429.50
	250	0.6455	6.11	24.50	115.43	203.75	19.25	812.75	528.29	284.46	407.00
	500	1.0073	9.99	25.75	164.64	333.25	26.25	1266.75	696.71	570.04	407.50
	1000	1.0463	10.64	25.50	166.28	354.75	21.00	1315.50	723.53	591.98	417.25
2.5	0	0.7278	7.30	25.00	130.53	243.50	15.75	808.50	439.50	369.00	427.75
	250	0.7145	7.36	24.50	131.29	245.50	18.00	789.50	409.25	380.25	305.50
	500	1.0363	10.25	25.50	122.50	340.25	26.50	772.25	321.00	451.25	295.75
	1000	1.1043	11.13	24.50	130.00	371.00	28.50	816.00	358.25	457.75	398.25
5	0	1.0665	10.64	25.50	163.28	354.75	29.25	1295.00	764.05	530.95	425.00
	250	1.0700	10.27	25.75	168.15	342.50	25.50	910.75	356.00	554.75	424.00
	500	1.1975	12.27	25.50	181.49	409.00	27.25	1711.50	838.64	872.87	366.50
	1000	1.2938	12.77	26.25	179.25	425.75	34.75	1837.75	920.50	917.25	341.25
10	0	1.0740	10.81	26.25	174.99	360.50	26.50	987.00	625.44	361.57	627.25
	250	1.0350	10.32	26.50	168.82	344.25	26.00	945.00	574.75	370.25	502.00
	500	0.6238	6.55	24.75	120.84	218.50	24.25	993.00	632.50	360.50	516.75
	1000	0.6092	6.35	25.25	118.65	211.75	24.00	928.75	639.95	288.80	515.75
LSD 0.05		0.0511	0.46	0.86	7.30	12.25	1.60	57.86	47.54	26.87	28.53

تعداد بنه دختری و در نتیجه کاهش بنه‌های ریزتر می باشد که به جهت کاهش بنه‌های دختری کوچک تا حدودی در راستای رسیدن به اهداف ما در این تحقیق می باشد، اما مطلوب ما در استفاده از CPPU با غلظت ۵ میلی گرم در لیتر به دست آمد که نه تنها تعداد بنه دختری را نسبت به شاهد کاهش داد، بلکه وزن بنه‌های دختری بیش از هفت گرم را نیز به میزان قابل توجهی افزایش داد. استفاده از غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر این ماده، به دلیل افزایش تعداد بنه‌های دختری در این غلظت و در نتیجه تخصیص ماده ذخیره‌ای کمتر به هر کدام از بنه‌های دختری، موجب کاهش وزن بنه‌های دختری بیش از هفت گرم و افزایش میزان بنه‌های کوچک شد. در رابطه با اثرات ساده استفاده از سطوح نیترات پتاسیم، نتایج حاکی از آن است که استفاده از غلظت ۲۵۰ میلی گرم در لیتر این ماده موجب کاهش ۲۰ درصدی وزن بنه‌های دختری کمتر از هفت گرم و غلظت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر آن هر دو به یک میزان موجب افزایش ۳۲ درصدی وزن بنه‌های دختری بیش از هفت گرم گردید.

اثر متقابل عوامل مورد استفاده بر وزن بنه‌های دختری بیش از هفت گرم در همه تیمارها نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود، به خصوص در تیمار CPPU ۵ و نیترات پتاسیم ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر که حدود ۳/۳ برابر شاهد افزایش نشان داد (جدول ۴). وزن بنه‌های دختری کمتر از هفت گرم در تیمارهای اثر متقابل CPPU ۲/۵ میلی گرم در لیتر همراه با تمامی سطوح نیترات پتاسیم نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد. البته در تیمارهای CPPU ۵ و نیترات پتاسیم ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر به ترتیب به میزان ۶۷ و ۸۴ درصد افزایش پیدا کرد.

تعادل تنظیم کننده‌های رشد، نقش مهمی در تشکیل بنه‌های گیاهان دارد. در میان تنظیم کننده‌ها، جیبرلین بیشترین اثر منفی را روی تشکیل بنه‌ها دارد (Ming-Hua et al., 2015). نتایج نشان داده است که جیبرلین تشکیل پیاز را در پیاز خوراکی به

امیری (Amiri, 2008) نیز طی تحقیقی اعلام کرد تعداد بنه‌های دختری زعفران با مصرف تلفیقی کود نیتروژن، فسفر و کود گاوی افزایش یافت. هر چند تیموری (Teymouri, 2012) اظهار داشت تعداد بنه زعفران تحت تأثیر مصرف کود شیمیایی، گاوی و کمپوست قرار نگرفته است.

از عوامل اصلی کاهش وزن بنه‌های دختری تولید تعداد زیاد جوانه مولد بنه است. در نتیجه پتانسیل هر بنه برای رسیدن به وزن مناسب برای گل دهی در سال بعد کاهش می یابد. با کاهش تعداد بنه‌های دختری مواد فتوسنتزی بیشتری به بنه‌های دختری باقی مانده اختصاص می یابد و در نتیجه تولید بنه‌های با تعداد کمتر و با وزن بالاتر در هر گیاه افزایش می یابد. در آزمایشی برای کاهش تعداد بنه‌های دختری از طریق کاهش جوانه‌های جانبی زعفران از غلظت‌های مختلف نفتالین استیک اسید و غلظت‌های مختلف عنصر مس استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از نفتالین استیک اسید در غلظت‌های یک و دو گرم در لیتر در اغلب تیمارها تعداد بنه دختری را در گیاه زعفران کاهش داد.

بررسی اثرات تیمارها بر وزن بنه‌های دختری بیشتر و کمتر از هفت گرم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد هر یک از اثرات ساده کاربرد CPPU و نیترات پتاسیم و اثر متقابل آن‌ها بر وزن کل بنه‌های دختری با وزن بیش از هفت گرم و وزن بنه‌های دختری کمتر از ۷ گرم معنی دار ($p < 0.01$) بود (جدول ۳). استفاده از CPPU با غلظت ۲,۵ میلی گرم در لیتر تأثیری در میزان وزن بنه‌های دختری بیش از ۷ گرم نداشت اما وزن بنه‌های دختری کمتر از ۷ گرم را به میزان ۳۸ درصد کاهش داد، این در حالی است که وزن کل بنه‌های دختری را نیز نسبت به شاهد کاهش داده است. این موضوع نشان دهنده تأثیر CPPU با غلظت کم در کاهش

کیلوگرم در هکتار نیتروژن موجب افزایش قطر، وزن تر و خشک بنه در گل حسرت شد (Bayat et al., 2019). تحت شرایط کشت بدون خاک نتایج حاکی از آن بود که بیشترین مقادیر وزن تر و خشک و درصد وزن خشک بنه در تیمار سطوح کودی متوسط (۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب از عناصر نیتروژن و پتاسیم) به دست آمد و در کاربرد سطوح کودی بالاتر (۲۰۰ و ۲۶۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب از عناصر نیتروژن و پتاسیم) افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقادیر صفات فوق حاصل نشد (Alirezaie Noghondar et al., 2012)

بررسی اثرات تیمارها بر وزن کل بنه‌های دختری

نتایج تجزیه واریانس نشان داد هر یک از اثرات ساده کاربرد CPPU و نیترات پتاسیم و اثر متقابل آن‌ها بر وزن کل بنه‌های دختری زعفران معنی‌دار ($p < 0.01$) بود (جدول ۳). استفاده از CPPU در غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر وزن کل بنه‌های دختری را افزایش داد، طوری که حدود ۴۳۰ گرم در متر مربع افزایش یافت که این افزایش بیشتر مربوط به افزایش وزن کل بنه‌های دختری بیشتر هفت گرم بود. در این تیمار با توجه به اینکه وزن بنه‌های دختری کمتر از هفت گرم، افزایش یافته بود ولی افزایش قابل توجه وزن بنه‌های بیشتر از هفت گرم و از طرفی کاهش تعداد کل بنه‌ها و در نتیجه افزایش وزن کل بنه‌های دختری، این تیمار نسبت به بقیه تیمارها از مزیت نسبی برخوردار بود. ولی غلظت ۲،۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر این ماده وزن کل بنه‌ها را نسبت به شاهد کاهش دادند. دلیل کاهش وزن کل بنه‌های دختری در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، افزایش قابل توجه تعداد کل بنه‌ها و افزایش میزان وزن کل بنه‌های با وزن کمتر از هفت گرم بود که از این نظر مطلوب ما در این تحقیق نبود. همچنین استفاده از نیترات پتاسیم در سطوح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر وزن کل بنه‌ها را از طریق کاهش تعداد کل بنه و افزایش قابل توجه وزن بنه‌های دختری بیش از هفت گرم، افزایش دادند.

تأخیر می‌اندازد (Shiraiwa et al., 2001). این اثر در مینی توپ‌های سیب‌زمینی نیز گزارش شده است (Sasani et al., 2010). نسبت جیبرلین به آبسزیک اسید در تجمع و توزیع کربوهیدرات‌ها در بنه دخالت دارد و کاهش این نسبت موجب افزایش رشد بنه‌ها و افزایش انتقال کربوهیدرات‌ها به آن‌ها خواهد شد. از این رو نتایج گزارشی نشان داده است که استفاده از CPPU میزان جیبرلین، آبسزیک اسید و جاسمونیک اسید را نسبت به شاهد کاهش داده است و نسبت زآتین ریوزید به آبسزیک اسید و همچنین نسبت اکسین به آبسزیک اسید را افزایش داده است و موجب کاهش نسبت جیبرلین به آبسزیک اسید شده است. در نتیجه می‌توان گفت CPPU تا حدود زیادی از طریق کاهش میزان جیبرلین و آبسزیک اسید موجب افزایش رشد بنه خواهد شد. این نتایج در گیاهان سوسن عنکبوتی، سیر، لیلیوم و لاله گزارش شده است (Xia et al., 2015; Liu et al., 2009; Zheng et al., 2011). همچنین استفاده از CPPU روی غلظت زآتین ریوزید بنه‌های *Lycoris aurea* L. اثر مثبت داشته است (She et al., 2014). زآتین ریوزید یک سیتوکینین مهم در افزایش تقسیم سلولی محسوب می‌شود. این ماده سرعت تقسیم سلول‌ها را در اوایل مرحله تشکیل ریشه در هویج و تشکیل ریزوم در نیلوفر آبی را افزایش داد (Yang et al., 2011). از این رو احتمالاً CPPU از طریق افزایش زآتین ریوزید موجب افزایش رشد بنه‌ها خواهد شد. در واقع این ماده از طریق افزایش تقسیم سلولی و طولی شدن سلول‌ها و در نتیجه افزایش وزن بنه، پیاز و یا غده، موجب افزایش عملکرد در گیاهان با رشد زیرزمینی می‌شود. همچنین نتایج گزارشی در رابطه با استفاده از نیترات پتاسیم در زعفران نشان داد که استفاده از کود نیتروژن‌دار روی صفات وزن تر بنه دختری و میانگین وزن تر آن‌ها تأثیر بیشتری نسبت به سایر صفات اندازه‌گیری شده داشته است (Armak et al., 2021). در گزارش دیگری مصرف ۹۰

Ghonaime et al., 2015). در همین ارتباط قونام و همکاران (Ghonaime et al., 2017) نیز در پژوهش بر روی پیاز نتیجه گرفتند که مصرف نیترات پتا سیم تأثیر افزایشی و مطلوبی بر رشد گیاه داشت. در تحقیق مشابهی رمضان و همکاران (Ramazan et al., 2018) گزارش کردند که محلول ۳ درصد نیترات پتاسیم موجب افزایش قابل توجه وزن و قطر بنه گلابول گردید. آن‌ها این موضوع را به تأمین بخشی از نیتروژن و پتاسیم مورد نیاز گیاه، حفظ تعادل یونی گیاه توسط پتاسیم و تأثیر این عنصر بر فعالیت آنزیم پیرووات کیناز که در متابولیسم کربوهیدرات‌ها نقش دارد و نیز نقش آن در توسعه اندام‌های فتو سنتز کننده و محتوای کلروفیل ارتباط دادند.

در گزارشی اثر غلظت‌های مختلف فورکلرفنورن از طریق محلول پاشی بر برگ‌های سبز گیاه *Lycoris aurea* L. (سوسن عنکبوتی) بررسی شد. خصوصیات از جمله وزن تر پیاز، قطر پیاز، غلظت کربوهیدرات‌ها، فعالیت آنزیم‌های مرتبط با متابولیسم نشاسته، تنظیم کننده‌های رشد پیازها در مرحله خواب مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بین وزن پیازها و غلظت نشاسته همبستگی مثبت وجود داشت و غلظت‌های ۱ میلی‌گرم در لیتر و ۲ میلی‌گرم در لیتر CPPU نسبت به شاهد موجب افزایش معنی‌دار وزن پیازها شد و سنتز نشاسته در آن‌ها افزایش پیدا کرد (She et al., 2014). همچنین نتایج تحقیقات مختلف در این زمینه نشان می‌دهد که استفاده از تنظیم کننده‌های رشد بر متابولیسم نشاسته در کورم‌های گیاهانی که رشد زیرزمینی در آن‌ها حائز اهمیت است، تأثیر مثبت دارد (Trewavas, 2021). در گزارشی محلول پاشی فورکلرفنورن روی گیاهان دو ساله *Lycoris radiata* L.، افزایش متابولیسم کربوهیدرات و تجمع نشاسته در پیاز و در نتیجه افزایش وزن آن‌ها را به دنبال داشت (Xiao et al., 2017). همچنین استفاده از این ماده روی برگ‌های گیاه لیلیوم، تعداد لایه‌های سلولی و همچنین رشد و نمو پیازها را افزایش داد (Watanabe, 2018).

تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات پتاسیم توانست وزن کل بنه‌های کمتر از هفت گرم را کاهش دهد که می‌تواند نتیجه مثبتی می‌باشد، ولی به دلیل بی تأثیر بودن بر وزن کل بنه‌های بالای هفت گرم، وزن کل بنه‌ها را نسبت به شاهد کاهش داد (شکل ۱).

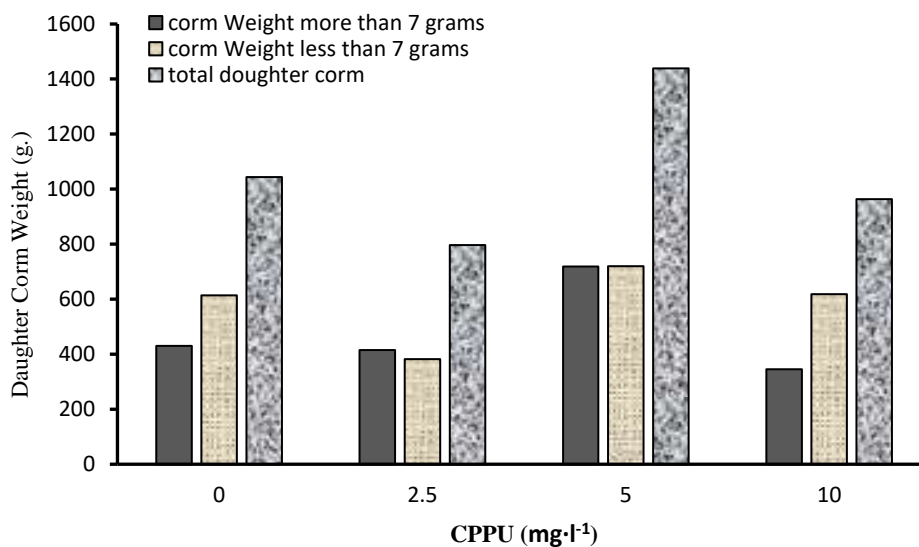
وزن کل بنه‌های دختری در تمامی تیمارهای اثرمتقابل به جز تیمارهای با CPPU ۲/۵ افزایش نشان دادند. بیشترین وزن کل بنه‌های دختری در استفاده از CPPU ۵ و نیترات پتاسیم ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد که به میزان ۲/۳ برابر نسبت به شاهد افزایش نشان داد (جدول ۴). اما حسن استفاده آن‌ها در این بود که توانستند تعداد بنه‌های بیش از هفت گرم را افزایش و تعداد بنه‌های کمتر از هفت گرم را کاهش دهند.

همانطور که می‌دانیم با تحلیل رفتن بنه‌های مادری، ریشه‌های بنه نقشی در جذب مواد غذایی ندارند و درشت‌تر شدن بنه دختری پس از این، مربوط به انتقال محتویات بنه مادر به بنه دختری و همچنین فتوسنتز برگ‌ها می‌باشد. از این رو می‌توان نتیجه گرفت استفاده از نیترات پتاسیم به عنوان ماده غذایی و حاوی عناصر موثر در افزایش فتوسنتز در غلظت مناسب موجب تأثیر مثبت بر افزایش وزن بنه‌های دختری می‌شود. در گزارشی تیمار م صرف ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتا سیم نیز موجب افزایش ۳۰ درصدی وزن بنه دختری گردید. نتایج این آزمایش نشان داد که غوطه‌وری بنه‌های مادری زعفران در محلول نیترات پتا سیم موجب بهبود رشد و عملکرد زعفران می‌شود (Jabbari et al., 2018). از طرفی نتایج گزارشی نشان داد که افزایش غلظت محلول غذایی بویژه نیترات پتا سیم به صورت محلول پاشی تا سطح ۱۰ در هزار نتوانست تغییر معنی‌داری در تعداد کل بنه، تعداد بنه‌های درشت، متوسط، ریز و خیلی ریز و وزن کل بنه ایجاد کند (Zabihi & Feizi, 2014). اما در مطالعه دیگری گزارش شد که غوطه‌وری بنه‌های گلابول در محلول ۱ درصد نیترات پتاسیم موجب افزایش رشد گیاه شد (Singh et al., 2018).

منفی بین جیبرلین و فعالیت آنزیم سنتز نشاسته محلول و اثر آنتاگونیستی آن‌ها بر هم نیز گزارش شده است. همبستگی مثبت بین زآتین ریوزید و آنزیم سنتز نشاسته محلول و آنزیم سنتز نشاسته نامحلول نشان می‌دهد، غلظت بالای زآتین ریوزید فعالیت این آنزیم‌ها را افزایش می‌دهد و به دنبال آن تجمع نشاسته در کورم‌ها افزایش می‌یابد که منجر به افزایش وزن و اندازه آن‌ها می‌شود (She et al., 2014). در تحقیق دیگری برای تغییر تعادل هورمونی و افزایش هورمون‌های اکسین و سیتوکنین و تحریک تقسیم سلولی و در نتیجه افزایش وزن کورم زعفران از محلول پاشی برگ‌ها با سالیسیلیک اسید استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد احتمالاً بین افزایش وزن بنه‌های دختره زعفران و افزایش تعداد گل در هر بوته و افزایش وزن تر و خشک کلاله رابطه همبستگی مثبت وجود دارد (Sakhabutdinova et al., 2003).

نتیجه گزارشی نشان داده است که CPPU با عملکرد مینی‌توبرهای سیب زمینی نیز همبستگی مثبت نشان داده است (Xu, 2016). همچنین در برنج هیبرید نیز این نتایج مشاهده شده است (Tang et al., 2002). در گزارشی دیگر افزودن ایندول استیک اسید به محلول غذایی محیط کشت سیب‌زمینی، موجب افزایش غلظت نشاسته و افزایش اندازه گرانوله‌های ذخیره نشاسته شد (Gukasyan et al., 2005). از اینرو با توجه به نتایج تحقیقات مختلف در این زمینه احتمالاً می‌توان تأثیر CPPU را بر افزایش وزن بنه‌های دختره زعفران را به افزایش متابولیسم کربوهیدرات‌ها و افزایش تخصیص و تجمع نشاسته در بنه‌های دختره مربوط دانست.

همبستگی مثبت بین وزن و قطر بنه با غلظت نشاسته بنه و نیز همبستگی مثبت بین زآتین ریوزید و آنزیم سنتز نشاسته محلول و آنزیم سنتز نشاسته نامحلول و همچنین همبستگی



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر اصلی فورکلرفنون (CPPU) بر وزن بنه‌های دختره زعفران

Figure 1- Mean comparisons of the main effect of CPPU (mg.l⁻¹) on the weight of saffron daughter corms (g.).

LSD 0.05 corm weight more than 7 grams= 26.87, LSD 0.05 corm weight less than 7 grams= 47.54, LSD 0.05 total daughter corm =57.86.

بررسی اثرات تیمارها بر قطر بنه

با توجه به نتایج به دست آمده و تأثیر سطوح مختلف تیمارها

که مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد (جدول ۴)، تعداد گل با استفاده از CPPU ۵ میلی‌گرم در لیتر به ۳۸۳ گل در متر مربع رسید، در حالی که در تیمار شاهد، این میزان ۲۷۶ گل در متر مربع بود. این افزایش تعداد گل در هر بوته، به افزایش وزن بنه‌های دختری بیشتر از هفت گرم مرتبط می‌باشد و بنه‌هایی که در تیمار شاهد به دلیل کوچک بودن توانایی گل‌آوری نداشتند، با استفاده از شبه سیتوکینین CPPU و افزایش وزن بنه‌ها، قادر به تولید گل شدند که این ویژگی از خصوصیات بارز استفاده از این ماده در این تحقیق بود. اثرات متقابل دو عامل مورد استفاده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تعداد گل در اکثر تیمارهای اثر متقابل به جز تیمارهای CPPU ۱۰ با نیترات پتاسیم ۵۰۰ و ۱۰۰۰ و همچنین تیمار CPPU صفر و نیترات پتاسیم ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر، افزایش پیدا کرد. بیشترین تعداد گل در واحد سطح زمین مربوط به تیمار CPPU ۵ و نیترات پتاسیم ۵۰۰ و ۱۰۰۰ بود که نسبت به شاهد تقریباً دو برابر افزایش نشان داد (جدول ۴). محققان اعلام کردند بنه‌های با وزن بیش از ۸ گرم نقش اصلی را در گلدهی ایفا می‌کنند (Azizi et al., 2008). گزارش‌های محققان دیگر نیز نتایج به دست آمده را تأیید می‌کنند (De Juan et al., 2003). دلیل این امر ذخیره مواد غذایی بیشتر در بنه‌های با وزن بیشتر است که این ذخیره منبع مواد فتوسنتزی مورد نیاز گیاه را بعد از مرحله خواب و در مراحل اولیه رشد تأمین می‌نماید که در نهایت باعث افزایش تعداد و عملکرد گل زعفران می‌گردد (Mollafilabi & Shoorideh, 2009; Molina et al., 2005).

دلیل افزایش عملکرد زعفران در صورت استفاده از بنه‌های درشت‌تر را می‌توان به تقسیم سلولی بیشتر و سریع‌تر و در نتیجه تسریع در وقوع مراحل فنولوژیک تولید گل نسبت داد (Mashayekhi et al., 2006). کاربرد خارجی سیتوکینین‌ها از جمله بنزیل آدنین در مرحله بنیانگذاری گل، تعداد گل را افزایش می‌دهد (Arteca, 2000). همچنین گزارش شده سیتوکینین

بر وزن بنه‌های دختری، به طبع آن قطر بنه‌های دختری نیز تحت تأثیر قرار گرفتند و تقریباً نتایج مشابه آنچه در وزن کل بنه‌های دختری به دست آمده بود، در این صفت نیز مشاهده شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات ساده کاربرد CPPU و نیترات پتاسیم و اثر متقابل آنها بر قطر بنه‌های دختری نیز معنی‌دار ($p < 0.01$) بود (جدول ۳). سطوح ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر CPPU به ویژه ۵ میلی‌گرم در لیتر استفاده از این ماده موجب افزایش قطر بنه‌های دختری شدند. همچنین سطوح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات پتاسیم نیز موجب افزایش ۱۶ درصدی قطر بنه شد. نتایج مشابه در گزارشی مبنی بر استفاده از محلول سه درصد نیترات پتاسیم در پیاز گلابول، موجب افزایش قطر پیاز به مقدار ۹/۴۹ میلی‌متر گردید (Ramazan et al., 2018). همچنین در گزارشی دیگر تیمار مصرف ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم نیز موجب افزایش ۱۹ درصدی قطر بنه دختری گردید (Jabbari et al., 2018). در تحقیقی بر روی تأثیر کودهای حاوی نیتروژن بر گیاه گل حسرت بیشترین قطر بنه در تیمار ۷۲۹ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (Bayat et al., 2019). نتایج پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات این محققان مطابقت دارد. اثر متقابل فورکلرفنورن و نیترات پتاسیم در تحقیق حاضر در اکثر تیمارها نسبت به شاهد موجب افزایش قطر بنه‌های دختری شد که بیشترین آن در CPPU ۵ و نیترات پتاسیم ۱۰۰۰ و کمترین آن در استفاده از CPPU ۲/۵ و نیترات پتاسیم صفر به دست آمد.

بررسی اثرات تیمارها بر تعداد گل در واحد سطح

از آنجایی که تعداد گل رابطه مستقیم با وزن بنه دارد، با افزایش وزن بنه‌های دختری تولید شده، میزان گل‌دهی و تعداد گل در متر مربع نیز افزایش یافت. اثرات اصلی سطوح ۲،۵ و ۵ میلی‌گرم در لیتر CPPU و سطوح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات پتاسیم موجب افزایش تعداد گل در متر مربع گردید. طوری

غلظت موجب کاهش ۱۴ درصدی عملکرد گل تر نسبت به تیمار غوطه وری در آب مقطر گردید. در این گزارش، خیساندن بنه در آب مقطر موجب افزایش گل‌دهی زعفران در مقایسه با تیمار عدم غوطه وری بنه در آب مقطر شد (Elmi et al., 2018). نتایج گزارش دیگری نشان داد که بیشترین میزان وزن تر گل، وزن تر گلبرگ، وزن تر کلاله (به ترتیب ۳۶/۹، ۳۲/۱، ۴/۲ گرم در مترمربع)، طول کلاله (۲۹/۶ سانتی‌متر) در تیمار غوطه‌وری بنه در محلول ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌دست آمد (Jabbari, 2018).

بنزید آمینوپورین اولین نسل از سیتوکینین‌های مصنوعی است که در رشد و نمو گیاه، گل‌دهی و پر شدن میوه به وسیله تقسیم سلولی دخالت دارد (Zaferanchi et al., 2011). سیتوکینین‌ها دارای اثر بارز بر تحریک تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلولی دارند و بزرگ شدن سلول‌ها به دلیل جذب آب می‌باشد که علت آن کاهش پتانسیل اسمزی سلول است که از طریق تأثیر سیتوکینین بر تبدیل چربی‌ها به قندهای گلوکز و فروکتوز می‌باشد (Arteca, 2000; Taiz & Zeiger, 2010). کربوهیدرات‌ها نیز منبع اصلی تغذیه گل‌ها و منبع انرژی مورد نیاز برای تمامی فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه است (Teixcia & Jaime, 2003).

سیتوکینین نیز سبب تولید، تجمع و انتقال هیدراتهای کربن می‌شود (Asthir et al., 1998) می‌توان انتظار کاربرد محرک‌های رشد گیاهی همچون سیتوکینین و جیبرلین بر بهبود صفات عملکردی گل زعفران همچون تعداد و وزن تر گل و همچنین آغاز گل‌دهی در زمان کوتاه‌تر داشت.

بررسی اثرات تیمارها بر وزن تر و خشک کلاله

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود، اثر ساده عوامل مورد استفاده و اثر متقابل بین آن‌ها بر متوسط وزن تر و خشک کلاله در واحد سطح معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه

می‌تواند از طریق برطرف کردن خواب بنه‌های زعفران به افزایش و گسترش گل‌دهی کمک کند (Sheibani et al., 2007). محققان دیگر نیز تأثیر مثبت سیتوکینین بر افزایش تعداد گل در گیاهان پیازی را خاطر نشان کردند (Dhua et al., 2005; Leite et al., 2003).

بررسی اثرات تیمارها بر وزن تر گل

نتایج ارائه شده بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر ساده CPPU بر متوسط وزن تر گل در متر مربع زمین بود. اما بین مصرف و عدم مصرف نیترات پتاسیم تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. اما اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر گل معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد سطح ۵ میلی‌گرم بر لیتر CPPU موجب افزایش حدود ۲۰ درصدی وزن تر گل‌ها نسبت به شاهد شد. سطح ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر تأثیری بر این صفت نداشت و سطح ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر باعث کاهش وزن تر گل شد. از جمله عوامل مؤثر بر درشت یا ریز بودن گل‌ها در زعفران وزن بنه‌های مادری می‌باشد. با توجه به اینکه رشد زایشی زعفران و ظهور گل‌ها قبل از رشد رویشی آن انجام می‌گیرد (Kafi, 2002) و رشد زعفران به‌ویژه در مراحل ابتدایی، وابسته به میزان ذخیره غذایی موجود در بنه مادری است (Amirshakari, 2007). همین امر سبب افزایش وزن گل در بنه‌های با وزن بیشتر گردیده است. احتمالاً استفاده از غلظت مناسب CPPU و نیترات پتاسیم، که موجب افزایش وزن بنه‌های دختری شده است، اثر مستقیمی بر افزایش وزن تر گل‌ها داشته است. اثر متقابل عوامل ذکر شده بر وزن تر گل در واحد سطح نیز به تبع افزایش تعداد گل در واحد سطح، افزایش پیدا کرد که بیشترین میزان آن در تیمار اثر متقابل CPPU ۵ و نیترات پتاسیم ۵۰۰ و ۱۰۰۰ و همچنین تیمار CPPU ۱۰ و نیترات پتاسیم صفر بود (جدول ۴).

در گزارشی استفاده از محلول نیترات پتاسیم در بالاترین

رشد اندام‌های رویشی آن افزایش پیدا کرده و در نتیجه بر میزان فتوسنتز و ماده سازی گیاه افزوده می‌شود. این افزایش در میزان فتو سنتز و ماده سازی نیز به نوبه خود بر میزان تولید کلاله تأثیر داشته و باعث افزایش وزن خشک کلاله می‌شود (Molina et al., 2005).

بررسی اثرات تیمارها بر طول کلاله

نتایج نشان داد اثر ساده نیترات پتاسیم بر طول کلاله معنی‌دار نبود ولی اثر CPPU در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود.

سطوح ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر CPPU طول کلاله را تقریباً ۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. اثر متقابل عوامل، بر طول کلاله در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در گزارشی مصرف کود شیمیایی بر طول کلاله تأثیر معنی‌داری داشت و با مصرف این کودها طول کلاله و خامه به طور معنی‌داری افزایش یافت (Omidi et al., 2009). همچنین نتایج آزمایشی نشان داد که بالاترین میانگین طول کلاله (۲/۵ سانتی‌متر)، با مصرف کود کامل آمینواسید مشاهده شد (Emami et al., 2018). اثر متقابل عوامل در اکثر تیمارها موجب افزایش طول کلاله شد و بیشترین آن در استفاده از CPPU ۱۰ و نیترات پتاسیم ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود که به میزان ۹ درصد نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد (جدول ۴). در بررسی اثر متقابل وزن بنه و مصرف جیبرلیک اسید اثراتی مانند مصرف ۲۰۰ ppm جیبرلیک اسید در بنه‌هایی با وزن ۸ گرم بیشترین میانگین طول کلاله ۳/۱۸۳ سانتی‌متر و بعد از آن مصرف ۴۰۰ ppm جیبرلیک اسید در بنه‌های ۸ گرمی قابل توجه در سطح یک درصد بوده‌اند (Amirian & Kargar, 2016). در گزارش دیگری اثر متقابل تیمارها مشخص کرد بیشترین متوسط طول کلاله (۱۷/۲۹) میلی‌متر از تیمار ترکیبی بنه‌های با وزن ۸/۱ تا ۱۲ گرم و عدم مصرف اسید جیبرلیک حاصل شد که با

به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین وزن تر و خشک کلاله به ترتیب به میزان ۱۱،۴۹ و ۱،۱۵ گرم در مترمربع از تیمار CPPU در سطح ۵ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. همچنین استفاده از نیترات پتاسیم در سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش وزن تر و خشک کلاله به ترتیب به میزان ۱۰/۲۲ و ۱/۰۱ گرم در مترمربع شد. کمترین مقدار وزن تر و خشک کلاله نیز به ترتیب به میزان ۸/۵۱ و ۰/۸۳ مربوط به سطح ۱۰ میلی‌گرم در لیتر CPPU بود. تاکنون گزارشی مبنی بر استفاده از CPPU بر عملکرد کلاله زعفران گزارش نشده است و نتایج این تحقیق برای اولین بار بر عملکرد کلاله زعفران گزارش می‌شود. اثر متقابل این عوامل موجب افزایش ۶۹ تا ۱۰۰ درصدی وزن تر کلاله در تیمارهای CPPU ۵ و نیترات پتاسیم ۵۰۰ و ۱۰۰۰ و همچنین تیمار CPPU صفر و نیترات پتاسیم ۲۵۰ شد. وزن خشک کلاله نیز در تیمار CPPU ۵ و نیترات پتاسیم ۱۰۰۰ به میزان ۹۶ درصد افزایش داشت اما در تیمارهای CPPU ۱۰ و نیترات پتاسیم ۵۰۰ و ۱۰۰۰ نسبت به شاهد کاهش داشت (جدول ۴).

نتایج گزارشی نشان داد که اثر خالص مقدار پتاسیم بر عملکرد کلاله خشک زعفران در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود و بیشترین کلاله خشک از تیمار مصرف ۲۵،۷۵ کیلوگرم پتاسیم خالص در هکتار به دست آمد (Zabihi & Feizi, 2014). در بررسی محلول پاشی پتاسیم در زعفران طی دو سال زراعی، اثر عناصر روی وزن خشک کلاله معنی‌دار بود و با افزایش غلظت عناصر، وزن خشک کلاله بطور معنی‌داری افزایش یافت (Akbarian et al., 2012). در گزارشی تیمار نوع کود نیتروژن بر عملکرد زعفران (وزن خشک کلاله و خامه) تأثیر معنی‌داری داشت و بیشترین عملکرد ماده خشک در مصرف کود نیترات پتاسیم و یا کود اوره حاصل شد (Omidi et al., 2009). در دسترس بودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه زعفران باعث جذب بیشتر این عناصر توسط گیاه شده و در اثر این جذب

تیمار بنه‌های با وزن ۸/۱ تا ۱۲ گرم و مصرف هورمون اسید جیبرلیک تفاوت معنی داری نداشت و کمترین آن (۲۵/۴۵) میلی متر از تیمار بنه‌های با وزن ۰/۱ تا ۴ گرم و عدم مصرف اسید جیبرلیک به دست آمد (Shakeri et al., 2018). همچنین در گزارش دیگری اندازه بنه زعفران تأثیر معنی داری بر طول کلاله داشت و همزمان با افزایش اندازه بنه طول کلاله افزایش یافت و علت آن را این‌گونه عنوان کردند که بنه‌های بزرگ‌تر با دارا بودن ذخایر غذایی بیشتر و سرعت سبز شدن بالاتر آن‌ها، سبب استفاده بهتر آن‌ها از منابع در طی فصل رشد شده که همین امر به دلیل افزایش میزان رشد رویشی و زایشی، موجب بهبود طول زعفران شده است (Alipoor et al., 2003).

بررسی اثرات تیمارها بر صفات کیفی گل

ارزش کیفی زعفران به علت وجود متابولیت‌های ثانویه اصلی و مشتقات آن می‌باشد. ترکیبات زردرنگ کرو سین مسئول رنگ زعفران، مواد تلخ پیکروکروسین مسئول طعم و ساfranال مسئول عطر و بوی آن می‌باشد (Omidi et al., 2009). نتایج استفاده از CPPU و نیترات پتاسیم بر عوامل مؤثر بر کیفیت کلاله زعفران به این صورت بود که اثرات ساده و متقابل عوامل مورد استفاده بر کرو سین در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. اثر CPPU بر پیکروکروسین در سطح احتمال یک درصد و اثر نیترات پتاسیم و همچنین اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. اثر ساده CPPU و اثر متقابل آن با نیترات پتاسیم بر کرو سین در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود ولی اثر ساده نیترات پتاسیم معنی دار نبود (جدول ۲). میزان ساfranال، کرو سین و پیکروکروسین در تیمار اثر متقابل CPPU ۵ و نیترات پتاسیم ۱۰۰۰ نسبت به بقیه تیمارها افزایش بیشتری نشان داد. میزان ساfranال در تیمار CPPU ۲/۵ و نیترات پتاسیم ۵۰۰ کاهش پیدا کرد (جدول ۵). در گزارشی اثر محلول پاشی پتاسیم، میزان کرو سین و پیکروکروسین از سطح شاهد به سطح ۱۰ در

هزار، به ترتیب به میزان ۱۸ و ۱۳ درصد و ساfranال از سطح شاهد به سطح ۵ در هزار و ۱۰ در هزار، به میزان ۳۰ و ۴۸ درصد افزایش معنی داری داشت. (Tabatabaeian et al., 2020). در مطالعه دیگری تیمارهای کودی موجب افزایش میزان پیکروکروسین گردید (Omidi et al., 2009). در بررسی محلول پاشی پتاسیم، روی و آهن در زعفران طی دو سال زراعی، مقایسه میانگین‌ها نشان داد پتاسیم نسبت به عنصر غذایی آهن ۶۶ درصد عملکرد بهتری را نشان داد و با افزایش غلظت کود های مورد استفاده پیکروکروسین نیز افزایش یافت (Akbarian et al., 2020). مطالعات انجام شده روی نقش تغذیه ای پتاسیم (در محصولات ادویه‌ای) نشان داده است پتاسیم بعد از نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی برای رشد و نمو می‌باشد (Naghdibadi, 2011).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق استفاده از CPPU در غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر موجب کاهش تعداد بنه دختری در حدود ۳۲ درصد شد که این کاهش با افزایش وزن کل بنه‌های دختری و افزایش قابل توجه وزن بنه‌های دختری بالای هفت گرم همراه بود و این موضوع نتیجه مطلوبی برای رسیدن به اهداف این تحقیق می‌باشد. همچنین این غلظت از CPPU ویژگی‌هایی مانند قطر بنه، تعداد گل، وزن تر گل، وزن تر و وزن خشک کلاله، طول کلاله و همچنین میزان ساfranال، کرو سین و پیکروکروسین را افزایش داد. همچنین محلول پاشی نیترات پتاسیم در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، موجب کاهش تعداد بنه دختری و افزایش قطر بنه شد و غلظت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر آن، وزن کل بنه‌های دختری، وزن بنه‌های دختری بیش از هفت گرم، تعداد گل، وزن تر و خشک کلاله و میزان ساfranال، کرو سین و پیکروکروسین را افزایش داد. همان‌طور که اشاره شد دستیابی

رشد بنه‌ها استفاده از منبع تغذیه‌ای مناسب مانند نیترات پتاسیم ضمن تأمین مناسب بخش‌های از نیازهای رشدی گیاه و افزایش مواد فتوسنتزی، در کنار شـبه هورمون‌های گیاهی مانند فورکلرفنورن می‌تواند در راستای تولید پایدار زعفران نقش مثبتی داشته باشند. استفاده از ترکیباتی مانند فورکلرفنورن باعث انتقال بهتر و بیشتر هیدرات‌های کربن از منبع به مخزن می‌شود که افزایش وزن بنه‌های دختری را به دنبال خواهد داشت.

به نتایج این تحقیق می‌تواند در تولید بنه‌های دختری با تعداد مناسب‌تر و با وزن بالاتر در سال اول کمک کند. اگرچه به دلیل کمبود پژوهش‌ها در مورد تغذیه زعفران به ویژه نیترات پتاسیم، نمی‌توان نتایج این پژوهش را با دیگر نتایج مقایسه نمود. اما به‌طور کلی نتایج آزمایش کنونی حاکی از تأثیر مثبت محلول پاشی زعفران با فورکلرفنورن و نیترات پتاسیم، روی خصوصیات رشدی و عملکرد آن دارد. از این‌رو، در مرحله

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل CPPU و KNO₃ بر کیفیت کلاله زعفران

Table 5- Mean comparisons for the interaction effect of CPU × KNO₃ on saffron stigma quality

سطوح CPPU CPPU level (mg.lit ⁻¹)	سطوح KNO ₃ level (mg.lit ⁻¹) KNO ₃	پیکروکروسین Picrocrocin (mg.g ⁻¹)	سافرانال Safranal (mg.g ⁻¹)	کروسین Crocic acid (mg.g ⁻¹)
0	0	73.75	49.75	181.25
	250	73.75	58.75	183.00
	500	74.00	62.25	183.50
	1000	72.75	46.25	180.00
2.5	0	75.72	44.25	182.25
	250	71.25	45.25	180.75
	500	75.75	44.50	185.25
	1000	76.00	49.00	180.50
5	0	75.00	55.50	185.50
	250	77.00	57.00	180.50
	500	74.25	57.00	184.75
	1000	80.75	65.75	186.00
10	0	76.75	5.75	180.50
	250	72.00	52.00	183.50
	500	79.00	59.75	180.00
	1000	76.75	56.50	182.50
LSD 0.05		2.62	2.96	1.88

منابع

- Aitoubahou, A., & Elotmani, M. (1999). Saffron cultivation in Morocco. Harwood Academic Publications, Amsterdam, Poland. p. 154.
- Akbarian, M.M., Heidari Sharifabad, H., Noormohammadi, G., & Darvish Kojouri, F. (2020). The effect of potassium, zinc and iron foliar application on the production of saffron (*Crocus sativa* L.). *Annals of Biological Research*, 3(12), 5651-5658.
- Alipoor Miandehi, Z., Mahmodi, S., Behdani, M.A., & Sayyari, M.H. (2013). Effect of manure, bio- and chemical fertilizers and corm size on saffron (*Crocus sativus* L.) yield and yield components. *Journal of Saffron Research*, 1(2), 73-84. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22077/jsr.2013.435>.
- Alirezaie Noghondar, M., Arouiee, H., Rezazadeh, H., Shoor, M., & Bayat, H. (2012). Study the role of some macro elements on corm yield and colchicine contention *Colchicum kotschy* Boiss. (Colchicaceae) under soilless culture conditions. *Journal of Horticultural Science*, 25(4), 425-

433. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V1390I0.11772>.
- Amiri, M.E. (2008). Impact of animal manures and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 4, 274-279.
- Amirian, F., & Kargar, S.M.A. (2016). Evaluation of gibberellic acid, corm size and phosphoric fertilizer on yield and other traits of saffron (*Crocus sativus* L.) (Ghaen Ecotype). *Journal of Saffron Research*, 4(1), 134-148. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22077/jsr.2016.398>.
- Amirshakari, H., Sorooshzadeh, A., Modaress Sanavy, A., & Jalali Javaran, M. 2007. Study of effects of root temperature, corm size, and gibberellin on underground organs of saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Biology*, 19(1), 5-18. (In Persian with English Summary).
- Antognozzi, E., Battistelli, A., Famiani, F., Moscatello, S., Stanica, F., & Tombesi, A. (2020). Influence of CPPU on carbohydrate accumulation and metabolism in fruits of *Actinidia deliciosa*. *Science Horticulture*, 65, 37-47.
- Arnak, A.A., Hassan Feizi, M., & Panah, A. (2021). Influence of nitrogen, acid humic and nitrogen, phosphorus- soluble bacteria on saffron (*Crocus sativus* L.) corm reproduction and flower production of torbat heydariéh landrace. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 10(2), 73-84. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22092/IJSST.2020.342852.1341>.
- Arteca, R.N. (2000). *Plant Growth Substances Principles and Application*. Translated by: Fathi, G., and Esmailpour, B. Publications University of Mashhad, 72, 161-162.
- Asthir, B., Kaur, A., & Basra, A.S. (1998). Do phytohormones influence the uptake and metabolism of sucrose in spikelets of wheat? *Phyton Horn*, 38, 293-299.
- Azizi Zehan, A.A., Kamgar Haghghi, A.A., & Sepaskhah, A.R. (2008). Crop and pan coefficients for saffron in a semi-arid region of Iran. *Journal of Arid Environments*, 72, 270-278.
- Baskaran, V., & Abirami, K. (2022). Effect of plant growth regulators on yield and quality in gladiolus under Bay Island conditions. *Journal of Horticultural Science*, 9(2), 213-216.
- Bayat, H., Aminifard, M.H., & Alirezaie Noghondar, M. (2019). The effects of NPK fertilizers on growth, ornamental traits and corm yield of wild species of colchicum (*Colchicum kotschyi* Bioss). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 49(4), 939-947. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22059/ijhs.2017.240370.1309>.
- Behdani, M.A., Zamani, Gh., Fallahi, H.R., Sayyari Zohan, M.H., & Samadzadeh, A. (2018). Evaluation of replacement corms growth criteria of saffron in response to different organic and conventional production systems. *Journal of Saffron Agriculture and Technology*, 5(2), 133-147. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22048/jsat.2016.40887>.
- Borzenkova, R.A., & Borovkova, P. (2003). Developmental patterns of phytohormone content in the cortex and pith of potato tubers as related to their growth and starch content. *Russian Journal of Plant Physiology*, 50(1), 119-124.
- Chaji, N., Khorassani, R., Astarai, A.R., & Lakzian, A. (2020). Effect of phosphorous and nitrogen on vegetative growth and production of daughter corms of saffron. *Journal of Saffron Research*, 1, 1-12. (In Persian with English Summary).
- Chopde, N., Patil, A., & Bhande, M.H. (2019). Growth, yield and quality of gladiolus as

- influenced by growth regulators and methods of application. *Plant Archives*, 15(2), 691-694.
- De Juan, A., Moya, A., Lopez, S., Botella, O., Lopez, H., & Munoz, R. (2003). Influence of the corm size and the density of plantation in the yield and the quality of the production of corms of *Crocus sativus* L. *International Technology Education Association*, 99, 169-180.
- Dhua, R.S., Roychoudhury, R., Ray, S.K.D., & Kabir, J. (2005). Staggering the lychee fruit harvest. *Acta Horticulture*, 665, 347-354.
- Elmi, S., Behdani, M.A., & Fallahi, H. (2018). The effect of concentration and duration of soaking coriander in potassium nitrate on flower yield and chlorophyll fluorescence indices of saffron. The first national conference on new opportunities for agricultural production and employment in the east of the country (in order to achieve the goals of the resistance economy), Birjand, Iran, 11-14 May 2018, p. 91-97. [In Persian].
- Emami, M., Armin, M., & Jami Moeini, M. (2018). The effect of foliar application time of organic and chemical fertilizers on yield and yield components of saffron. *Saffron Agronomy and Technology*, 6(2), 167-179. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22048/jsat.2017.72599.1211>.
- Fan, G.R., Xiao, H.Y., Liu, S.J., Liu, Y., & Luo, L.S. (2006). Influences of N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea (CPPU) on starch, reducing sugar content and amylase activity of nonastringent persimmon (*Diospyros kaki* Linn). *Plant Physiology Communications*, 3, 454-456.
- Farhadi, N., & Alizadeh Salteh, S. (2018). The effect of forchlorfenuron on bulblet formation, antioxidant characteristics and phytochemicals compounds of persian shallot (*Allium hirtifolium*). *Scientific Journal of Horticultural Sciences*, 31(3), 565-576. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V31I3.5699>
- 7.
- Ghoname, A., Fawzy, Z.F., El-Bassiony, A.M., Riadand, G.S., & Abd El-Baky, M.M.H. (2017). Reducing onion bulbs flaking and increasing bulb yield and quality by potassium and calcium application. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 13(2), 123-133.
- Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G.M., Siracusa, L., & Ruberto, G. (2009). Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by environmental conditions. *Science of Horticulture*, 119(3), 320-324.
- Gukasyan, I.A., Golyanovskaya, S.A., & Grishunina, E.V. (2005). Effect of role transgenes, IAA and kinetin on starch content and the size of starch granules in tubers of in vitro potato plants. *Russ Journal of Plant Physiology*, 52, 809-813.
- Hoseinifard, M., Ghorbani Javid, M., Allahdadi, I., & Soltani, E. (2018). The effect of hormone priming and corm weight on the yield of flowers and characteristics of daughter corms of saffron in the first year. *Saffron Agronomy and Technology*, 6(1), 3-15. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22048/jsat.2017.62317.1196>.
- Hosseini, M., Sadeghiand, B., & Aghamiri, S.A. (2004). Influence of foliar fertilization on yield Saffron (*Crocus sativus* L.). *Acta Horticulturae*, 650, 195-200.
- Hosseini, M., Sadeghiand, B., & Aghamiri, S.A. (2004). Influence of foliar fertilization on yield of saffron (*Crocus sativus* L.). In: Proceedings of the 1st International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology. *Acta Horticulturae*, 650, 207-209.
- Hou, Y.R., Wang, B.G., Feng, X.Y., & Yang, Y. (2012). Residues of plant growth regulators in fruit and regulation on fruit quality in summer black grape. *Journal of Fruit Science*, 29, 36-41.
- Humphery, T. (2005). Evaluation of the new active forchlorfenuron in the product Sitofex 10 EC

- plant growth regulator. Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority. Australia. p. 1-30.
- Jabbari, M., Khayyat, M., Fallahi, H.R., & Samadzadeh, A. (2018). Influence of saffron corm soaking in salicylic acid and potassium nitrate on vegetative and reproductive growth and its chlorophyll fluorescence indices. *Journal of Saffron Agriculture and Technology*, 5(1), 21-35. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22048/jsat.2017.38893>.
- Jabbari, M., Khayyat, M., Fallahi, H.R., & Samadzadeh, A.R. (2017). Influence of saffron corm soaking in salicylic acid and potassium nitrate on vegetative and reproductive growth and its chlorophyll fluorescence indices. *Saffron Agronomy and Technology*, 5(1), 21-35. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22048/jsat.2017.38893>.
- Jin, H. (2010). The effect of CPPU on growth development and endogenous hormones in cucumber. M.S. Thesis. Shandong Agricultural University, Qingdao, Shandong, P. R. China. P, 8.
- Kafi, M. (2002). Saffron, Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad Press. pp. 276. [In Persian].
- Kumar, R., Virendra, S., Kiran, D., Sharma, S., & Ahuja, P.S. (2019). State of art of saffron (*Crocus sativus* L.) agronomy: A Comprehensive Review. *Food Reviews International* 25(1), 44-85.
- Leite, V.M., Rosolem, C.A., & Rodrigues, J.D. (2003). Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. *Scientia Agricola*, 60(3), 537-541.
- Liu, F., & Zhou, Y.W. (2009). Effects of salicylic acid on bulb development and relation to endogenous hormone contents in two species of lily. *Plant Physiology Journal*, 11, 1085-1088.
- Mashayekhi, K., Soltani, A., & Kamkar, B. (2006). The relationship between corm weight and total flower and leaf numbers in saffron. Proceedings 2nd International Symposium on Saffron Biology and Technology. 28-30 October 2006, Mashhad, Iran. p. 93-96.
- Ming-Hua, Y., Sen-Rong, H., Ai-Ping, W., Guo-Wei, L., Wei-Zhong, K., & Xue-Mei, Y. (2015). Plant regeneration from corm segments and evaluations on physiological and photosynthetic characteristics in plantlets of red bud taro[J]. *Plant Science Journal*, 33(3), 396-404.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., & García-Luis, A. (2005). Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, 103(3), 361-379.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., & Garcia Luce, A. (2005). Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Sciatica Horticulture*, 103, 361-379.
- Mollafilabi, A., & Shoorideh, H. (2009). The new methods of saffron production. 4th National Festival of Saffron, Khorasan Razavi, Iran, 27-28 October 2009. P. 45. [In Persian].
- Naghdbadi, H., Omidi, H., Golzad, A., Torabi, H., & Fotoukian, M. (2011). Change in crocin, safranal and picrocrocin content and agronomical characters of saffron (*Crocus sativus* L.) under biological and chemical of phosphorous fertilizers. *Journal of Medicinal Plants*, 10(40), 58-68. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/20.1001.1.2717204.2011.10.40.7.4>.
- Nasiri Mahallati, M., Koocheki, A.S., & Boroumand Rezazadeh, Z. (2019). Investigation of the effect of weight and storage period of coriander on the allocation of photosynthetic materials in saffron. *Iranian Journal of Crop Research*, 5(1), 166-155. (In Persian with English Summary). Nassour, M., & Hediwa, M. (2016). The effect of using humic acid on the growth, flowering, and reproductive factors of

- gladiolus (*Gladiolus hybrid* cv. queen, s. blush). Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies-Biological Sciences Series. 38(6).
- Omidi, F., Naghdi Badi, H., Golzad, A., Torabi, H., & Footoukian, M.H. (2009). The effect of chemical and bio-fertilizer sources of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Medicinal Plants*, 2(30), 98-109. (In Persian with English Summary).
<https://doi.org/20.1001.1.2717204.2009.8.30.11.4>.
- Ramazan, A., Hafiz, I.A., Ahmad, T., & Abbasi, N.A. (2010). Effect of priming with potassium nitrate and dehusking on seed germination of gladiolus (*Gladiolus Alatus* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 42(1), 247-258.
- Ramazan, A., Hafiz, I.A., Ahmad, T., & Abbasi, N.A. (2018). Effect of priming with potassium nitrate and dehusking on seed germination of gladiolus (*Gladiolus Alatus* L.) *Pakistan Journal of Botany*, 42(1), 247-258.
- Saeed Akram, M., Ashraf, M., & Aisha Akram, N. (2009). Effectiveness of potassium sulfate in mitigating salt-induced adverse effects on different physio-biochemical attributes in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Flora*, 204, 471-483.
- Sakhabutdinova, A.R., Fatkhutdinova, D.R., Bezrukova, M.V., & Shakirova, F.M. (2003) Salicylic acid prevents damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, (special issue), 314-319.
- Sasani, R., Khazaei, H.R., & Nezami, A. (2010). Effects of gibberellin, benzyl adenine, zeatine hormones and temperature on dormancy breaking of potato minituber (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Horticultural Science*, 23(2). (In Persian with English Summary).
<https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V1388I2.2587>.
- Shakeri, M., Aminifard, M., Behdani, M., & Tabatabaei, S. (2018). Study of the effect hormone of gibberellic acid and corm weight on vegetative and yield traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Plant Production*, 25(2), 153-165. (In Persian with English Summary).
<https://doi.org/10.22069/JOPP.2018.13972.2256>.
- She, L.F., Xia, Y.P., Chang, L., Xiao, Y.M., Ren, Z.M. & Zhang, L. (2014). Biochemical and physiological responses of bulblets of *Lycoris aurea* to exogenously applied N-(2-chloro-4-pyridyl)-N1-phenylurea, *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(5), 549-556.
- Sheibani, M., Azghandi, A.V., & Nemati, S.H. (2007). Induction of somatic embryogenesis in saffron using thidiazuron (TDZ). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10, 3564-3570.
- Shiraiwa, N., Kikuchi, K., Honda, I., Shigyo, M., Yamazaki, H., Tanaka, D., Tanabe, K., & Itai, A. (2011). Characterization of endogenous gibberellins and molecular cloning of a putative gibberellin 3-oxidase gene in bunching onion. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 136(6), 382-388.
- Singh, K.P., Ramachandran, N., & Uma, S. (2015). Growth, flowering, corm yield and corm-rot incidence as affected by level and frequency of potassium application in gladiolus (*Gladiolus grandifloras* L.). *Indian Journal of Agricultural Science*, 67(9), 404-406.
- Tabatabaeian, J., Hassanian Badi, S., & Kadkhodae, A. (2020). Effect of micronutrient foliar application on quantitative and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology*, 8(2), 147-163. (In Persian with English Summary).
<https://doi.org/10.22048/jsat.2019.179188.1342>.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology*, Fifth edition. Translated by: Kafii, M., Zand, E., Kamkar, B., Abasi, F., Mahdavi, M. Publications University of Mashhad, Mashhad. pp, 337-347-

- 368-381-383.
- Tang, X.R., Tan, Z.W., Li, Z.L., & Yu, T.Q. (2002). Effects of CPPU and PP333 on three starch synthase activities and grain quality of hybrid rice. *Hybrid Rice*, 17, 44–46.
- Teixcia, D.S., & Jaime, A. (2003). The cut flower, postharvest condition. *Biological Science Journal*, 3, 406-442.
- Teymouri, P. (2012). The effect of organic and chemical fertilizers on agronomic and morphological traits of saffron (*Crocus sativus* L.). MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Birjand University, Iran, p. 64.
- Trewavas, A. (1983). How do plant growth substances work? *Plant, Cell and Environment*, 4, 203-228.
- Wang, Q.M. (2016). Effect of CPPU on growth and endogenous phytohormone contents of balsam pear (*Momordica charantia* L.) fruit. *Journal of Agriculture and Life Sciences*, 5, 513–517.
- Watanabe, H. (1989). The use of growth regulators applied to stem cuttings of lilies. *Bulletin of the Nara Agricultural Experiment Station*, 20, 67–71.
- Xia, Y.P., Huang, C.H., Zheng, H.J., & Gao, X.C. (2015). Advances in research on bulb development of *Lilium* spp. and its physiological mechanisms. *Acta Horticulturae Sinica*, 32, 947–953.
- Xiao, Y.M., She, L.F., Chang, L., & Xia, Y.P. (2017). Effect of three plant growth regulators on the bulb development of *Lycoris radiata* L. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 27, 1409–1415.
- XU, C. (2016). Studies on Physiological and Biochemical Changes During the Formation of Swollen Lotus Rhizomes. M.S. Thesis. Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu, P. R. China. P. 12.
- Yang, Y.G., Zhang, H.S., Li, Y.L., & Yu, J.H. (2011). Endogenous hormone content in relation to thickening of carrot fleshy root during summer season in plateau region. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 19, 342–346.
- Zabihi, H., & Feizi, H. (2014). Saffron response to the rate of two kinds of potassium fertilizers. *Saffron Agronomy and Technology*, 2(3), 191-198. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22048/jsat.2014.7809>.
- Zaferanchi, S., Safari, M., Safari, V., & Mohamadinejad, G. (2011). The effect of plant growth regulators, naphthalene acetic acid and benzyl amino purine and performance characteristics of four genotypes of sesame. *Journal of Crop Production in Environmental Stress*, 2, 49-62. [In Persian].
- Zhao, F. (2012). Effect of CPPU on some physiology-biochemistry traits and epigenetics in *Triticum aestivum* L. M.S.C Thesis. Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei, P. R. China. P. 56.
- Zheng, R.R. (2011). Investigation on the influence of plant growth retardants on plant growth and bulb carbohydrate accumulation in *Lilium oriental* hybrids ‘Sorbonne’. Ph.D. Thesis. Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang, P. R. China.