Plant Prod., 2026, 49(2), 303-319
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.48763.2246
Received: 18 November 2025
Accepted: 13 January 2026

Plant Productions

Research Article

Effect of paclobutrazol and uniconazole on quantitative and phytochemical characteristics of limequat (x *Citrofortunella* hybrid cv. Tavares Limequat) fruit under high tunnel conditions

Maryam Sotoudeh[1], Mehdi Hadadinejad[1*], Hossein Moradi[1], Mahnaz Karimi[1]

1. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran

Citation: Sotoudeh, M., Hadadinejad, M., Moradi, H., & Karimi, M. (2026). Studying the effect of paclobutrazol and uniconazole on some quantitative and phytochemical characteristics of limequat fruit (x *Citrofortunella* hybrid cv. Tavares Limequat) under high tunnel conditions. *Plant Productions*, 49(2), 303-319.

Abstract

Introduction

The limequat a member of the Rutaceae, boasts numerous benefits and holds significant potential for agricultural production. Cultivating limequat in controlled greenhouse environments not only addresses the internal market demands but also opens avenues for exporting this fruit, thus generating economic advantages for local farmers. Despite its promising prospects, managing the vegetative growth of limequats in greenhouses presents challenges that necessitate innovative solutions. One effective approach is the use of growth retardants, which can not only regulate vegetative growth but also influence the phytochemical properties of the plants.

Materials and Methods

This study investigates the effects of growth retardants on the phytochemical characteristics of limequat. The experiment was conducted in a commercial high tunnel located in the village of Khormakla, Qaemshahr, during 2022-2023. The limequat (cv. Tavares) chosen for this research were 20 months old and grafted onto citrange rootstocks. The greenhouse setup comprised three rows, each containing 20 limequat trees. The experiment followed a factorial layout designed as a completely randomized design, involving two growth retardants: paclobutrazol and uniconazole. Paclobutrazol was applied at four different concentrations: 0, 300, 600, and 900 mg of the active ingredient per liter, derived from the commercial formulation known as Coltar (which contains 25% active ingredient). Uniconazole was also applied at four levels: 0, 10, 100, and 1000 mg per liter. Each treatment was replicated three times, with each replicate involving one tree per treatment. The application of these growth retardants occurred via foliar spraying in three stages, with ten-day intervals, initiated in mid-April, coinciding with the onset of the plant's first bud growth, following manual pruning conducted in early March. To conduct the necessary analyses,

* **Corresponding Author:** Mehdi Hadadinejad
E-mail: m.hadadinejad@sanru.ac.ir

© 2026 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

samples were collected and transferred to the horticultural laboratory at the University of Agricultural Sciences and Natural Resources in Sari.

Results and Discussion

Analysis of the reproductive traits revealed that the application of paclobutrazol, either alone or in combination with uniconazole, significantly improved fruit characteristics. The highest fruit length (13.6 cm), fruit width (6.2 cm), and fruit dry weight (62.3 g) were recorded with the application of 900 mg L^{-1} paclobutrazol alone. In contrast, the combined application of 900 mg L^{-1} paclobutrazol and 100 mg L^{-1} uniconazole produced the highest fruit fresh weight (47.68 g) and fruit density (0.106 g cm^{-3}). Similarly, the application of 900 mg L^{-1} paclobutrazol alone resulted in the highest concentrations of chlorophyll a (1.95 mg g^{-1} FW), chlorophyll b (0.75 mg g^{-1} FW), and carotenoids (0.71 mg g^{-1} FW). Uniconazole application enhanced relative water content, titratable acidity, and total soluble solids, while the combined treatment of paclobutrazol and uniconazole produced the highest values for these quality-related traits. Overall, paclobutrazol applied individually was more effective in increasing photosynthetic pigment concentrations, whereas the combined application of paclobutrazol and uniconazole had a greater positive effect on fruit quality attributes, particularly the flavor index.

Conclusion

In conclusion, the application of the growth retardants paclobutrazol and uniconazole significantly influenced the physiological, biochemical, and reproductive performance of limequat plants grown under high tunnel conditions. These treatments improved relative water content and enhanced the accumulation of photosynthetic pigments, leading to reduced vegetative growth while promoting photosynthetic efficiency. Consequently, improvements were observed in fruit yield and quality, including enhanced reproductive traits and phytochemical characteristics. Overall, the findings demonstrate that the strategic use of paclobutrazol, either alone or in combination with uniconazole, represents an effective approach for improving the productivity and fruit quality of limequat cultivated in protected production systems.

Keywords: Chlorophyll content, Fruit weight, Growth retardant, Taste index

تولیدات گیاهی، ۱٤۰۵، ٤۹(۲)، ۳۰۳ – ۳۱۹
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.48763.2246
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۲۳

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

بررسی اثر پاکلوبوترازول و یونیکونازول بر ویژگی‌های کمی و فیتوشیمیایی میوهٔ لایم‌کوات رقم تاوارس (x *Citrofortunella* hybrid cv. Tavares Limequat) در شرایط تونل بلند

مریم ستوده[۱]، مهدی حدادی نژاد [۱*]، حسین مرادی[۱]، مهناز کریمی[۱]

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده

لایم‌کوات یک نوع دورگ بین دو جنس متفاوت از مرکبات شامل لیموترش مکزیکن .*Citrus* spp و کامکوات .*Fortunella* spp از خانوادهٔ مرکبات (Rutaceae) است. تولید گلخانه‌ای این گیاه علاوه بر تأمین نیاز بازار داخلی، ظرفیت بالایی برای صادرات و ایجاد ارزش اقتصادی برای تولیدکنندگان دارد. در تولید گلخانه‌ای کنترل رشد رویشی درختان از چالش‌های اصلی محسوب می‌شود و نیازمند راهکارهای مدیریتی کارآمد است. یکی از این راهکارها، استفاده از کندکننده‌های رشد است که علاوه بر مهار رشد رویشی، می‌توانند بر ویژگی‌های فیتوشیمیایی گیاه نیز تأثیرگذار باشند. در گلخانه‌ای کنترل رشد رویشی درختان مشکل بوده و نیازمند راهکارهای مختلف می‌باشد. یکی از راهکارها استفاده از کندکننده‌های رشد بوده که علاوه بر تأثیر رویشی می‌تواند بر ویژگی‌های فیتوشیمیایی گیاه نیز مؤثر باشد. به این منظور، آزمایشی طی سال‌های ۱٤۰۰–۱٤۰۱ در یک تونل پلاستیکی بلند تجاری در روستای خرماکلا قائم‌شهر اجرا شد. در این پژوهش از درختان ۲۰ ماههٔ لایم‌کوات رقم Tavares روی پایهٔ سیترنج استفاده شد. طرح آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار (هر تکرار یک درخت) اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل دو کندکنندهٔ رشد پاکلوبوترازول در چهار سطح (۰، ۳۰۰، ٦۰۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و یونیکونازول در چهار سطح (۰، ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود. تیمارها پس از هرس زمستانه (اسفند) و هم‌زمان با شروع اولین جست در فروردین، در سه نوبت با فاصلهٔ ۱۰ روز به‌صورت محلول‌پاشی برگی اعمال شدند. نتایج نشان داد بیشترین طول (٦/۱۳ سانتی‌متر)، عرض (۲/٦ سانتی‌متر) و وزن خشک میوه (۳/٦۲ گرم) با کاربرد ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول به دست آمد. همچنین بالاترین وزن‌تر میوه (٤۷/٦۸ گرم) و چگالی (۰/۱۰٦ گرم بر سانتی‌متر مکعب) در تیمار هم‌زمان ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر یونیکونازول مشاهده شد. بیشترین مقادیر کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید به‌ترتیب ۹۵/۱، ۷۵/۰ و ۷۱/۰ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر بودند که در تیمار ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول به‌تنهایی حاصل شد. از سوی دیگر، یونیکونازول موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ، اسیدیته و مواد جامد محلول شد و بالاترین مقادیر این صفات در کاربرد هم‌زمان کندکننده‌ها مشاهده گردید. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد کندکننده‌های رشد در کشت گلخانه‌ای لایم‌کوات نه‌تنها ابزاری مؤثر برای کنترل رشد رویشی است، بلکه با بهبود شاخص‌های

نویسنده مسئول: مهدی حدادی نژاد
رایانامه: m.hadadinejad@sanru.ac.ir

فیتوشیمیایی و کیفی میوه (مانند رنگدانه‌های فتوسنتزی، مواد جامد محلول و اسیدیته)، ارزش بازاری و پتانسیل صادراتی محصول را به‌طور قابل‌توجهی ارتقا می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: شاخص طعم، محتوای کلروفیل، کندکننده رشد، وزن میوه

مقدمه

بر اساس رده‌بندی سوینگل، جنس *Citrus* شامل ده گونهٔ اصلی است. در این جنس گروه لایم‌ها شامل لایم ترش شیرازی یا مکزیکن لایم (*Citrus aurantifolia* cv. Christm)، تاهیتی یا پرشین لایم (*C. latifolia* cv. Persian lime)، لیموشیرین (*C. limettioides* cv. Palestine) قرار می‌گیرد (Penjor *et al.*, 2014). لایم‌کوات حاصل تلاقی کی‌لایم و کامکوآت (*C. aurantifolia* × *F. margarita*) بوده و به دلیل طعم منحصربه‌فرد و خواص تغذیه‌ای در صنایع غذایی و دارویی مورد توجه قرار گرفته است. تولید لایم‌کوات در گلخانه، علاوه بر تأمین نیاز بازار داخلی، می‌تواند به توسعه صادرات و افزایش منافع اقتصادی کشاورزان منجر شود. در کشور، از بین ۶۵۸ تن لیموترش، حدود ۲۹۰ تن در استان مازندران تولید می‌شود (Agricultural Jihad Organization of Iran, 2023) بخش عمده آن در زیر تونل‌های پلاستیکی بلند برای محافظت از یخبندان زمستانه کشت می‌گردد و غالباً از نوع لایم‌کوات است. هرچند این شیوهٔ کشت گیاه را از خسارت سرما محافظت می‌کند، اما گرما، رطوبت بالا و تغذیهٔ مناسب در گلخانه‌ها موجب رشد رویشی شدید شده و مشکلاتی در باردهی و برداشت ایجاد می‌کند (Puglisi *et al.*, 2021).

کنترل رشد رویشی لایم‌کوات در شرایط گلخانه‌ای نیازمند یک رویکرد یکپارچه و متعادل است تا علاوه بر بهبود کیفیت میوه، از افزایش ضایعات جلوگیری شود. در این زمینه، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی راهکاری مؤثر برای مدیریت رشد محسوب می‌شود (Thakur *et al.*, 2017). کارایی القای گل از طریق استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد به عواملی نظیر تأمین آب و تغذیهٔ معدنی بستگی دارد (Raigond *et al.*, 2024) که به گیاه اجازه می‌دهد تا با تولید میوه در خارج از فصل و دو برداشت سالیانه، منجر به دستاوردهای اقتصادی قابل‌توجهی شود (Faria *et al.*, 2016). فرآیند تمایز گل در مرکبات پیچیده و متأثر از تغییرات تشریحی و فیزیولوژیک است (Davenport, 2007; Ramírez and Davenport, 2010). شناخت دقیق‌تر تغییرات ساختاری مربوط به گلدهی می‌تواند به بهبود مدیریت گلدهی از طریق کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد کمک کند (Aghav *et al.*, 2022).

مواد کندکنندهٔ رشد گیاهی ترکیبات آلی هستند که با مهار تقسیم و طویل شدن سلولی در شاخه‌ها، ارتفاع گیاه را بدون بدشکل شدن برگ و ساقه کنترل می‌کنند. این مواد طول میان‌گره‌ها را کاهش می‌دهند و غالبیت انتهایی را از بین می‌برند (Yilmaz *et al.*, 2018; Qian *et al.*, 2022). کندکنندهٔ رشد یک مادهٔ شیمیایی است که باعث کاهش ارتفاع یا حجم درختان بدون کاهش عملکرد می‌شود (Qian *et al.*, 2022). شناخته‌شده‌ترین گروه این ترکیبات، مهارکننده‌های بیوسنتز جیبرلین هستند که شامل سه دسته اصلی شامل ترکیبات آمونیومی (مانند سایکوسل و پلی‌کوات کلراید)، پیریمیدین‌ها و تریازول‌ها می‌شوند. در میان آن‌ها، تریازول‌ها (مانند پاکلوبوترازول، یونیکونازول و تریاپنتول) فعال‌ترین کندکننده‌های رشد گیاهی محسوب می‌شوند (Karimi and Ahmadi, 2019).

جیبرلین‌ها از مهم‌ترین هورمون‌های مؤثر بر گلدهی درختان میوه هستند. مطالعات نشان می‌دهد که سطوح بالای جیبرلین گلدهی را مهار می‌کند و رشد گیاه را

تحریک می‌کند و کاهش سطح جیبرلین باعث گلدهی می‌شود (Davenport, 2007). بسیاری از کندکننده‌ها از جمله یونیکونازول (UCZ) و پاکلوبوترازول (PBZ) با مهار تبدیل کائورن به اسید کائورنوئیک که پیش‌ساز اسید جیبرلیک است، بیوسنتز جیبرلین را متوقف می‌سازند (Taiz and Zeiger, 2009). در همین راستا گزارش شده پاکلوبوترازول رشد رویشی و زایشی پرتقال را نیز تحت‌تأثیر قرار داد و به دنبال محلول‌پاشی درختان با این تنظیم‌کننده رشد، کاهش معنی‌داری در رشد رویشی و نیز افزایش قابل‌توجهی در میزان میوه‌بندی مشاهده شد (XiaoFang and WenHui, 2000). پژوهشی با هدف بررسی تأثیر پاکلوبوترازول (PBZ) بر پیش‌رسی میوه مرکبات و تنظیم زمان برداشت برای عرضه در خارج از فصل، انجام شد؛ نتایج نشان داد تیمار PBZ تحمل گیاه را به هوای سرد افزایش می‌دهد و جوانه‌های پیوند شده را در شرایط نامطلوب در حالت غالب نگه می‌دارد. همچنین بیان گردید PBZ رشد گیاه را با تحریک جوانه‌های گل و با اثرگذاری بر زودرسی میوه و به حداکثر رساندن عملکرد گیاه و کیفیت میوه مهار می‌کند. این ترکیب امکان بهینه‌سازی عملکرد گیاهان را فراهم کرده، تولید را در هر فصلی ارتقا می‌دهد و در نتیجه تناوب تولید را متعادل می‌کند (Bazurto *et al.*, 2022). همچنین پژوهش‌ها در انبه رقم Dusehri نشان دادند که تیمار یونیکونازول با غلظت ۰/۱ گرم ماده مؤثره در مترمربع، میزان کلروفیل، کربوهیدرات و نسبت کربن به نیتروژن را افزایش داده و ضمن بهبود گلدهی و عملکرد، کیفیت میوه را ارتقا می‌دهد (Naveena Kumara *et al.*, 2023). در برخی موارد نیز یونیکونازول به‌عنوان جایگزین مؤثرتر PBZ در القای گلدهی معرفی شده است. با توجه به نتایج پژوهش‌های پیشین، این مطالعه باهدف بررسی اثر کندکننده‌های رشد بر ویژگی‌های میوه و ترکیبات فیتوشیمیایی لایم‌کوات در شرایط کشت داخل تونل‌های پلاستیکی بلند طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱ در یک تونل پلاستیکی تجاری در روستای خرماکلا، شهرستان قائم‌شهر، انجام شد. مساحت تونل پلاستیکی ۱۰۰۰ مترمربع بود و سازه‌ی آن از جنس فلز گالوانیزه با ارتفاع ستون ۴ متر و ارتفاع قوس مرکزی ۶/۵ متر طراحی شده بود. نهال‌های ۲۰ ماهۀ لایم‌کوات (*Citrofortunella floridana* cv.Tavares ×) روی پایۀ سیترنج، به‌عنوان گیاهان آزمایشی انتخاب شدند.

در این گلخانه، سه ردیف ۲۰ تایی از نهال‌های لایم‌کوات با فواصل کاشت ۲×۳ متر کاشته شده بودند. دمای داخلی گلخانه در حدود ۲۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی در حدود ۷۰ درصد تنظیم شده بود. بستر کشت خاکی بود و عملیات آبیاری و تغذیه طبق روش‌های رایج و با نظر کشاورز در هر سال صورت گرفت. گلدهی گیاهان از اسفند ماه آغاز و تا اردیبهشت ادامه داشت. عملیات رسیدگی و برداشت میوه‌ها در آبان و آذر ماه انجام گرفت و پس از رسیدگی کامل، میوه‌ها جهت انجام ارزیابی‌های آزمایشگاهی منتقل شدند.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با به‌کارگیری دو کندکنندۀ رشد شامل پاکلوبوترازول در چهار سطح صفر، ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مادۀ موثره از فرم تجاری پاکلوبوترازول با نام کولتار (حاوی ۲۵ درصد مادۀ موثره) و یونیکونازول در چهار سطح صفر، ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در سه تکرار (هر تکرار یک درخت) انجام شد. اعمال تیمارها در اواسط فروردین‌ماه و هم‌زمان با آغاز اولین رشد (جست) گیاه، پس از هرس زمستانه (در اسفند)، به‌صورت محلول‌پاشی بر روی برگ‌ها و در سه مرحله با فاصلۀ ۱۰ روزه انجام شد.

برای اندازه‌گیری وزن‌تر میوه‌ها، از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم استفاده شد. طول میوه‌ها در امتداد محور قطبی و عرض آن‌ها (عرض استوایی) در عریض‌ترین ناحیه، به‌صورت خط عمود بر محور قطبی، با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر

اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری وزن خشک میوه، ابتدا وزن‌تر آن‌ها ثبت شـده، سـپس میوه‌ها به مدت ۷۲ سـاعت در آون با دمای ۷۵ درجه سـانتی‌گراد خشـک شدند و پس از آن، وزن خشک میوه اندازه‌گیری شد.

پس از تعیین جرم و حجم میوه، چگـالی آن‌هـا بـا استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه شد.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

که در آن، M جرم میوه بر حسب گرم، V حجم همان میوه بر حسب سانتی‌متر مکعب و ρ چگالی میوه بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد.

مواد جامد محلول کل (TSS) با استفاده از رفرکتومتر چشمی (مدل ATC-20E Atogo) اندازه‌گیری شد. برای این منظور، یک قطره از آب‌میوه روی لنز رفرکتومتر قرار داده شد و عدد نمایش‌داده‌شده بر حسب درجه بریکس یادداشت گردید.

میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کل و کاروتنوئیدها با استفاده از استون به روش Arnon (1949) ارزیابی شد. جهت اندازه‌گیری میزان رنگیزه های فتوسـنتزی ابتدا نیم‌گرم از وزن برگ تازه را در ۵ میلی‌لیتر اسـتون ۸۰ درصد همگن شده و پس از سانتریفیوژ با دور ۱۳۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه مایع رو شناور جدا گردیده و اندازه‌گیری طیف نور جذبی محلول با دسـتگاه اسـپکتروفتومتر مدل PC۱۸۰۰UV در طول‌موج‌های ۶۴۵، ۶۴۶، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر انجام شد. در نهایت با استفاده از روابط زیر مقدار کلروفیل a و b، کاروتنوئیدها محاسبه شد:

Chl a=((12.7×A663)-(2.69×A645))×V/W×1000
Chl b=((22.9×A645)-(4.69×A663))×V/W×1000
Total=((20.2×A646)+(8.02×A663))×V/W×1000
Car=((1000×A470)-(1.8×cla)-(85.02×clb))×V/W ×1000

برای تعیین اسیدیته قابل تیتراسیون TA از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد برای این منظور ۱۰ میلی‌لیتر آب میوه با ۹۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر مخلوط شده و حجم آن به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد تا pH عصاره به ۸/۲ برسد و رنگ آن تیره شود مقدار سود مصرف‌شده ثبت گردید و اسیدیته نمونه بر حسب گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌میوه محاسبه شد (اکی والان برابر ۰/۰۶۴۰۴) (Rana and Singh, 1992).

به‌منظور ارزیابی محتوی نسـبی آب برگ، نیم گرم از بافت اولین برگ کامل توسعه‌یافته جدا شده و وزن‌تر آن بلافاصله اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها به مدت ۱۳ساعت درون آب مقطر و در ظرف دربسته شناور شده و پس از این مدت، وزن اشباع شدهٔ آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها به مدت ۲۴ سـاعت در آون با دمای ۷۰ درجه سـلسـیوس خشـک شـده و وزن خشـک ثبت گردید. محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (González and González-Vilar, 2001).

$$\text{محتوی نسبی آب برگ} = \frac{\text{وزن خشک}-\text{وزن تر}}{\text{وزن خشک}-\text{وزن اشباع}} \times ۱۰۰$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها با اسـتفاده از نرم‌افزار SAS نسـخه ۹/۱ انجام گرفت. مقایسـه میانگین‌ها به روش آزمون LSD در سـطح احتمال یک و پنج درصـد صـورت گرفت. همچنین، ترسـیم نمودارها با اسـتفاده از نرم‌افزار Excel (۲۰۱۶) انجام شد.

نتایج و بحث

صفات زایشی

تجزیـه واریـانس داده‌هـا نشـان داد کـه برهم‌کنش تنظیم‌کننده‌های رشد بر وزن‌تر و خشک میوه، طول و عرض میوه، و چگالی میوه در سـطح احتمال یک درصـد معنی‌دار بود. همچنین، اثر سـادهٔ پاکلوبوترازول و یونیکونازول بر تعداد میوه، و اثر سادهٔپاکلوبوترازول بر نسبت طول به عرض میوه در سطح معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱).

نتایج حاصل از بررسی وزن‌تر میوه نشان داد که با افزایش سـطوح تنظیم‌کننده‌های رشـد، مقدار وزن‌تر میوه نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. کمترین مقدار این صـفت مربوط به تیمار شـاهد با میانگین ۲۱/۶ گرم بود، در حالی که

بیشترین وزن‌تر میوه در تیمار ترکیبی پاکلوبوترازول ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و یونیکو نازول ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به میزان ۴۷/۶۸ گرم مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد (جدول ۲).

بررسی وزن خشک میوه نشان داد، کمترین مقدار در تیمار شاهد با ۱/۵ گرم به‌دست آمد. افزودن یونیکونازول با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌تنهایی موجب افزایش وزن خشک تا ۳/۴۵ گرم شد که حاکی از افزایش حدود ۲/۳ برابری نسبت به شاهد بود. اگرچه افزایش غلظت یونیکونازول به ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (در کاربرد به تنهایی) موجب کاهش شدید وزن خشک شد. در تیمار پاکلوبوترازول ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، افزایش سطح یونیکو نازول به ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر منجر به افزایش وزن خشک گردید؛ اما در تیمارهای حاوی ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول، این افزایش تنها تا غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر یونیکونازول مشاهده شد و در سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش معنی‌داری در وزن خشک به وجود آمد. در مجموع، بیشترین وزن خشک میوه در تیمار پاکلوبوترازول ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با مقدار ۳/۶۲ گرم مشاهده شد (جدول ۲).

بررسی طول میوه نشان داد که تیمار شاهد با مقدار ۴/۵۶ سانتی‌متر دارای کمترین طول میوه بود. افزودن یونیکونازول به‌طور معنی‌داری موجب افزایش طول میوه شد. اگرچه تیمار پاکلوبوترازول ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، به‌تنهایی و در ترکیب با یونیکونازول ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر، تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد، اما در سطوح بالاتر، به‌ویژه یونیکونازول ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، افزایش معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین طول میوه در تیمار پاکلوبوترازول ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۶/۱۳ سانتی‌متر به‌دست آمد که با تیمارهای ترکیبی پاکلوبوترازول ۳۰۰ + یونیکونازول ۱۰۰۰ و پاکلوبوترازول ۹۰۰ + یونیکونازول ۱۰۰ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

بررسی عرض میوه نشان داد که تیمار شاهد با میانگین ۲/۶ سانتی‌متر کمترین مقدار را داشت. افزودن یونیکونازول با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌تنهایی باعث افزایش عرض میوه به ۳/۲۳ سانتی‌متر گردید که تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. با این حال، در سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر یونیکونازول (به‌صورت تنهایی) کاهش معنی‌داری در این صفت نسبت به سطح ۱۰ میلی‌گرم مشاهده شد. در سایر تیمارها، افزایش غلظت هر دو تنظیم‌کننده رشد موجب افزایش عرض میوه شد. بیشترین مقدار عرض میوه (۳/۳ سانتی‌متر) در تیمار پاکلوبوترازول ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌تنهایی و در ترکیب با یونیکونازول ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد (جدول ۲).

نتایج حاصل از بررسی چگالی میوه نشان داد که کمترین چگالی در تیمار شاهد با مقدار ۰/۰۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب مشاهده شد. با افزایش سطوح تنظیم‌کننده‌های رشد، به‌ویژه تیمار پاکلوبوترازول ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و یونیکونازول ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، بیشترین چگالی میوه با مقدار ۰/۱۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب مشاهده شد که حاکی از افزایش دو برابری نسبت به شاهد بود (جدول ۲). در بررسی نسبت طول به عرض میوه، نتایج نشان داد که با افزایش سطوح پاکلوبوترازول، این نسبت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. کمترین مقدار این نسبت در تیمار شاهد و تیمار یونیکونازول ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد، در حالی که بیشترین مقدار نسبت طول به عرض در تیمار پاکلوبوترازول ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به میزان ۱/۸۱ حاصل شد (شکل ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس برخی از صفات میوه مربوط به لایم کوآت تیمار شده با کندکننده‌های رشد

Table 1. Analysis of variance for some fruit characters related to limequat treated by growth retardents

S.O.V	df	Means of squares					
		Fesh weight	Dry weight	Length	Width	Size (L/W)	Density
Paclobutrazol (A)	3	243.68**	1.24**	1.37**	0.08**	0.05**	0.001**
Uniconazole (B)	3	118.35**	0.66**	0.40**	0.09**	0.003^{ns}	0.0005**
A×B	9	105.35**	1.16**	0.42**	0.09**	0.01^{ns}	0.0004**
Error	32	3.73	0.04	0.05	0.008	0.007	0.00001
CV%		5.58	7.27	4.47	2.91	4.87	5.27

ns، *، **: به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد غیرمعنی‌دار و معنی‌دار هستند

ns, *, **: are non-significant and significant at 5 and 1% at probability levels, respectively

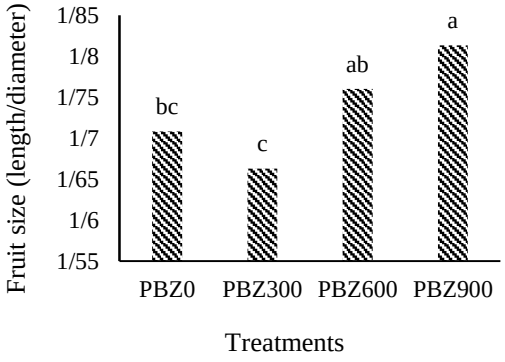
جدول ۲- برهمکنش پاکلوبوترازول و یونیکونازول بر برخی از صفات مربوط به میوه لایم‌کوآت

Table 2. Interaction effect of paclobutrazol and uniconazole on some fruit characters related to limequat

Paclobutrazol	Uniconazole	Fruit weight (g)	Fruit dry weight (g)	Fruit length (cm)	Fruit diameter (cm)	Fruit density ($g.cm^{-3}$)
0	0	21.6h	1.53i	4.56i	2.6g	0.051j
	10	35.08de	3.45ab	5.3d-h	3.23ab	0.08fg
	100	35.557de	3.08cd	5.4c-g	3.13b-e	0.082e-g
	1000	27.32g	2h	5.2e-h	3.03d-f	0.063i
300	0	29.243g	2.53fg	4.9hi	3ef	0.067i
	10	30.15fg	2.24gh	4.63i	2.96f	0.07hi
	100	29.953fg	2.41fg	5.06gh	3ef	0.069hi
	1000	42.527b	3.38a-c	5.76a-c	3.26ab	0.095bc
600	0	29.75fg	2.33gh	5.16f-h	3.03d-f	0.068i
	10	32.54ef	2.67ef	5.6c-e	3.06c-f	0.076gh
	100	38.913c	3.44ab	5.7b-d	3.23ab	0.089cd
	1000	38.787c	2.95de	5.53c-f	3.16a-d	0.088de
900	0	43.697b	3.62a	6.13a	3.3a	0.098b
	10	34.36de	2.88de	5.46c-g	3ef	0.078fg
	100	47.687a	3.35a-c	6.1ab	3.3a	0.106a
	1000	36.627cd	3.15b-d	5.5c-f	3.2a-c	0.084d-f

حروف یکسان میانگین‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

The same letters in front of the averages indicate the absence of a significant difference at the one percent level between them based on LSD test.



شکل ۱- اثر پاکلوبوترازول و یونیکونازول بر اندازه میوه لایم‌کوآت

Figure 1. The effect of paclobutrazol and uniconazole on limequat fruit size

مطالعات پیشین نشان داده‌اند که محلول‌پاشی پاکلوبوترازول روی درختان میوه می‌تواند از رشد شاخه‌های جدید (به‌جز ترک‌ها) جلوگیری کرده، میوه‌دهی را تقویت کرده و عملکرد میوه را افزایش دهد (Kamran *et al.*, 2018). استفاده از غلظت‌های مناسب PBZ به‌تنهایی، می‌تواند تعداد و نسبت جوانه‌های گل را افزایش داده، کمیت و کیفیت گل‌ها را بهبود بخشد و موجب تسریع در روند گل‌دهی شود (Sharaf-Eldien *et al.*, 2017). اثر فیزیولوژیکی PBZ عمدتاً از طریق تنظیم مستقیم یا غیرمستقیم توزیع محصولات فتوسنتزی، با مهار سنتز جیبرلین در گیاه، اعمال می‌شود. این فرآیند در نهایت موجب افزایش گل‌دهی، میوه‌دهی و عملکرد نهایی درختان میوه می‌گردد (Cruz *et al.*, 2007). در مطالعهٔ حاضر، استفاده از PBZ با غلظت بالا (۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) سبب افزایش معنی‌دار وزن و تعداد میوه لایم‌کوات شد. همچنین، در تیمارهای دیگر، کاربرد همزمان یونیکونازول (UCZ) با غلظت‌های ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیز اثر مثبتی بر باردهی داشت. در حالی که یونیکونازول به‌تنهایی و در غلظت پایین‌تر (۱۰ میلی‌گرم بر لیتر)، نیز اثر معنی‌داری بر افزایش میوه‌دهی نشان داد.

جیبرلین‌ها از جمله مهم‌ترین هورمون‌های محرک رشد در گیاهان هستند که موجب افزایش طول و تقسیم سلولی می‌شوند. مسیر بیوسنتز جیبرلین دارای سه فاز مجزا است که در اندامک‌های مختلف سلولی از جمله پلاستیدها، شبکهٔ آندوپلاسمی و سیتوسول انجام می‌شود. تنظیم‌کننده‌هایی مانند UCZ، مرحلهٔ دوم این مسیر را مهار می‌کنند. در این مرحله، UCZ با رسیدن به مریستم‌های جانبی، از اکسیداسیون کائورن به اسید کائورنوئیک (پیش‌ساز اسید جیبرلیک) جلوگیری می‌کند (Taiz and Zeiger, 2009). در نتیجهٔ این مهار، رشد رویشی کاهش می‌یابد و مواد فتوسنتزی بیشتری در اختیار اندام‌های زایشی قرار می‌گیرد (Ullah *et al.*, 2022). گزارش شده است که کاربرد UCZ با کاهش رشد شاخه‌ها همراه است و احتمالاً باعث تجمع مواد مغذی در انتهای شاخه‌ها شده و آن‌ها را به سمت بلوغ تحریک می‌کند (Lima *et al.*, 2016). پاکلوبوترازول نیز که از همان دستهٔ ترکیبات UCZ محسوب می‌شود، علاوه بر مهار سنتز جیبرلین، موجب افزایش نسبت گل‌ها در خوشه‌های درخت انبه شده و با مهار سنتز اتیلن، سبب افزایش ماندگاری میوه‌ها روی شاخه می‌شود (Singh and Ram, 2000). گزارش شده است استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد کلرمکوات و UCZ بر روی تاک‌های انگور رقم ایتالیا، به ترتیب در غلظت‌های ۱۵۰۰ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر، به تجمع مواد مغذی و تمایز جوانه‌های بارور کمک کرده و منجر به افزایش تولید خوشه می‌گردد (Albuquerque *et al.*, 2008).

صفات فیتوشیمیایی

نتایج تجزیه واریانس پارامترهای بیوشیمیایی نشان داد که برهم‌کنش پاکلوبوترازول و یونیکونازول بر تمامی صفات مورد بررسی، شامل محتوای نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل a، محتوای کلروفیل b، محتوای کاروتنوئیدها، مواد جامد محلول (TSS) و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) میوه، در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی مربوط به لایم کوآت تیمار شده با کندکننده‌های رشد

Table 3. Analysis of variance for biochemical characters related to limequat treated by growth retardents

S.O.V	df	Mean squares					
		Relative water content	Chlorophyll a content	Chlorophyll b content	Carotenoids content	Soluble solids	Titratable acidity
Paclobutrazol(A)	3	84.69**	0.06^{ns}	0.007**	0.021**	0.25**	15.16**
Uniconazole(B)	3	84.81**	0.02**	0.04**	0.002**	0.61**	17.34**
A×B	9	146.41**	0.09**	0.13**	0.019**	0.54**	04.13**
Error	32	6.82	0.003	0.003	0.0004	0.03	0.16
CV%		4.50	3.49	9.80	3.50	2.58	5.27

ns، *، **: به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد غیرمعنی‌دار و معنی‌دار هستند.

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

بررسی محتوای نسبی آب برگ نشان داد که کاربرد یونیکونازول به‌تنهایی موجب کاهش معنی‌دار این شاخص نسبت به شاهد گردید. بیشترین مقدار محتوای آب نسبی (۷۵ درصد) در تیمار پاکلوبوترازول ۶۰۰ و یونیکونازول ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر حاصل شد. در تیمار پاکلوبوترازول ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (به‌تنهایی یا در ترکیب با یونیکونازول در سطوح مختلف) و همچنین در تیمار پاکلوبوترازول ۳۰۰ و یونیکونازول ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر، اگرچه کاهش اندکی مشاهده شد، اما این تغییرات از نظر آماری در سطح شاهد قرار داشت. در سایر تیمارها، میزان این پارامتر کمتر از شاهد بود (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین محتوای کلروفیل a نشان داد که کمترین مقدار این صفت در تیمار شاهد با ۱/۲۷ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر مشاهده شد. با افزایش غلظت یونیکونازول، کلروفیل a به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین، کاربرد پاکلوبوترازول به‌تنهایی در غلظت های ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین مقادیر کلروفیل a را موجب شد، به‌طوری‌که در تیمار پاکلوبوترازول ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مقدار کلروفیل a به ۱/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر رسید که بالاترین مقدار این شاخص بود. در مقابل، کاربرد همزمان یونیکونازول با پاکلوبوترازول سبب کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل a نسبت به کاربرد به تنهایی پاکلوبوترازول گردید (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کمترین مقدار کلروفیل b در تیمار های ترکیبی پاکلوبوترازول ۳۰۰ + یونیکونازول ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و پاکلوبوترازول ۹۰۰ + یونیکونازول ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با ۰/۰۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر به‌دست آمد. در مقابل، کاربرد پاکلوبوترازول به‌تنهایی در تمامی غلظت‌ها موجب افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل b گردید، به‌طوری‌که در تیمارهای پاکلوبوترازول ۳۰۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، مقدار کلروفیل b به ۰/۰۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر رسید. این مقدار علاوه بر آن که تفاوت معنی‌داری با تیمار پاکلوبوترازول ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نشان نداد، حدود ۱/۹ برابر بیشتر از شاهد (۰/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) بود. همچنین، کاربرد یونیکونازول به‌تنهایی نیز افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل b نسبت به شاهد ایجاد کرد. به طور کلی، نتایج نشان داد که اگرچه یونیکونازول به‌تنهایی موجب افزایش کلروفیل b می‌شود، اما کاربرد همزمان آن با پاکلوبوترازول باعث کاهش معنی‌دار این پارامتر می‌گردد و بنابراین به نظر می‌رسد پاکلوبوترازول به‌تنهایی اثربخش‌تر است (جدول ۴). در بررسی میزان کاروتنوئید نتایج نشان داد کمترین مقدار کاروتنوئید (۰/۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) در تیمار شاهد دیده شده که با اضافه‌شدن یونیکونازول در مقادیر مختلف بر میزان آن به طور معنی‌داری افزوده شد. کاربرد پاکلوبوترازول به‌تنهایی در غلظت‌های ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین مقادیر را نشان داد، به طوریکه در تیمار ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مقدار ۰/۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر ملاحظه گردید. همچنین کاربرد پاکلوبوترازول ۳۰۰ و یونیکونازول ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر تفاوت معنی‌داری با بیشترین مقدار نشان نداد. به‌جز تیمار مذکور، در سایر تیمارهای ترکیبی پاکلوبوترازول و یونیکونازول مقادیر کمتری نسبت به زمان کاربرد پاکلوبوترازول به‌تنهایی مشاهده گردید (جدول ۴).

در تیمار پاکلوبوترازول ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌تنهایی و در ترکیب با غلظت‌های مختلف یونیکونازول و همچنین در تیمار پاکلوبوترازول ۳۰۰ و یونیکونازول ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر محتوای آب نسبی اگرچه اندکی کاهش داشته، اما از لحاظ آماری در سطح شاهد می‌باشد. در سایر تیمارها مقادیر این پارامتر کمتر از شاهد بوده است (جدول ۴). بررسی میزان مواد جامد محلول نشان داد کاربرد یونیکونازول به‌تنهایی موجب افزایش معنی‌دار این صفت شده است، به طوریکه در غلظت یونیکونازول ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین مقدار به میزان ۸/۳ درجه بریکس به‌دست آمد. کاربرد پاکلوبوترازول ۳۰۰ و یونیکونازول ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و همچنین پاکلوبوترازول ۶۰۰ به‌تنهایی و در ترکیب با یونیکونازول ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد شده است. اگر چه لازم به ذکر است در برخی تیمار های پاکلوبوترازول به‌تنهایی و در ترکیب با یونیکونازول کاهش معنی‌داری ملاحظه گردید که با شاهد تفاوت معنی‌داری

نداشت. در غلظت ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول کمترین مواد جامد محلول به میزان ۷/۱ درجه بریکس مشاهده شد که با اضافه‌شدن یونیکونازول و رسیدن آن به سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، افزایش معنی‌داری نشان داد که تفاوت معنی‌داری با بیشترین مقدار نداشت و در سطح آماری مشابه قرار گرفتند (جدول ۴).

بررسی مقادیر اسیدیته قابل تیتراسیون نشان داد که این پارامتر با افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد، به‌طور کلی روندی صعودی داشته است. با این حال، در تیمار یونیکونازول ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد مشاهده شد، به‌طوری‌که کمترین مقدار اسیدیته با ۱۳/۶ درصد به‌دست آمد. پس از آن، با افزایش غلظت یونیکونازول به ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، مجدداً روند افزایشی در اسیدیته مشاهده شد. سایر تیمارها نیز نسبت به شاهد مقادیر بالاتری از اسیدیته قابل تیتراسیون نشان دادند. به‌ویژه در تیمارهای پاکلوبوترازول با غلظت های ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، افزایش اسیدیته نسبت به شاهد مشهود بود که با افزودن یونیکونازول در سطوح مختلف، این روند تقویت شد. بیشترین مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون در تیمار ترکیبی پاکلوبوترازول ۹۰۰ و یونیکونازول ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به میزان ۱۹/۸۳ درصد مشاهده گردید (جدول ۴).

نتایج نشان داد که کاربرد پاکلوبوترازول به‌تنهایی و در غلظت ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، موجب بیشترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید در برگ‌ها شد. در حالی که یونیکونازول (UCZ) به‌تنهایی سبب افزایش کلروفیل a گردید، اما در ترکیب با پاکلوبوترازول، میزان رنگدانه ها کاهش یافت. همچنین مشخص شد که بیشترین محتوای آب نسبی، اسیدیته قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول در تیمار ترکیبی دو کندکننده رشد به‌دست آمد. به‌طور کلی، یافته‌ها نشان دادند که استفاده از پاکلوبوترازول به‌تنهایی باعث افزایش رنگیزه های فتوسنتزی می‌شود، در حالی که کاربرد همزمان پاکلوبوترازول و یونیکونازول بر بهبود شاخص‌های کیفی میوه، از جمله طعم، مؤثر است. رنگیزه‌های فتوسنتزی یکی از عوامل درونی مهم در گیاه به‌شمار می‌روند که در برخی شرایط می‌توانند محدودکنندهٔ سنتز ترکیبات متابولیکی باشند (Bertamini *et al.*, 2007).

جدول ٤- برهمکنش پاکلوبوترازول و یونیکونازول بر ویژگی‌های بیوشیمیایی مرتبط با لایم‌کوآت

Table 4. Interaction effect of paclobutrazol and uniconazole on biochemical characters related to limequat

Paclobutrazol	Uniconazole	Relative water content (%)	Chlorophyll a content (mg. g FW^{-1})	Chlorophyll b content (mg. g FW^{-1})	Carotenoeid content (mg. g FW^{-1})	Soluble Solids (Brix)	Titratable Acidity (%)
0	0	63.37b	1.27h	0.4ef	0.41h	7.26d	1.65f
	10	58.33c-e	1.63f	0.61cd	0.57f	7.9bc	1.75e
	100	51.61gh	1.74c-e	0.64b-d	0.62de	7.83bc	1.56g
	1000	54.95d-g	1.64f	0.6d	0.56f	8.3a	2.07b
300	0	51.57gh	1.84bc	0.75a	0.67bc	7.33d	1.77e
	10	59.2b-d	1.76cd	0.69a-c	0.68ab	7.86bc	952e
	100	55.18d-g	1.64f	0.25g	0.56f	7.86bc	1.96cd
	1000	54.6e-g	1.7d-f	0.66b-d	0.64cd	7.33d	1.95cd
600	0	48.06h	1.86ab	0.69a-c	0.69ab	7.93bc	1.73e
	10	53.42fg	1.62f	0.33fg	0.57f	7.9bc	1.91d
	100	56.23d-f	1.63f	0.48e	0.59ef	7.1d	2bc
	1000	75a	1.74c-e	0.67a-d	0.64cd	7.16d	1.93cd
900	0	59.24b-d	1.95a	0.75a	0.71a	7.1d	1.8e
	10	62.53bc	1.45g	0.41ef	0.52g	8.1ab	1.93cd
	100	62.54bc	1.62f	0.71ab	0.59ef	7.7c	2.25a
	1000	61.6bc	1.67ef	0.25g	0.57f	8.26a	2.28a

حروف یکسان میانگین‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

The same letters in front of the averages indicate the absence of a significant difference at the one percent level between them based on LSD test.

کاروتنوئیدها شامل بتاکاروتن، گزانتوفیل و لیکوپن هستند و بر اساس نتایج مطالعات کاربرد پاکلوبوترازول موجب افزایش محتوای این رنگیزه‌ها می‌شود (Desta and Amare, 2021). کلروفیل که یکی از اجزای حیاتی در واکنش‌های اولیه فتوسنتز است و عملکردی دوگانه در فتوسنتز دارد. این رنگدانه نور را جذب می کند و همچنین به‌عنوان وسیله‌ای برای انتقال الکترون‌ها عمل می‌کند (Jin *et al.*, 2011). همان طور که نتایج نشان داده است، بیوسنتز رنگدانه‌های کلروپلاست به طور قابل‌توجهی تحت‌تأثیر پاکلوبوترازول قرار گرفت. گزارش‌ها همچنین نشان دادند که گیاهان تیمار شده با پاکلوبوترازول، سیتوکینین بیشتری سنتز کردند که به نوبه خود تمایز کلروپلاست و بیوسنتز کلروفیل را افزایش داد و از تخریب کلروفیل جلوگیری کرد (Nivedithadevi *et al.*, 2012). همچنین، پاکلوبوترازول با تأخیر در شروع پیری برگ، از کاهش کلروفیل جلوگیری می‌کند؛ اثری که احتمالاً ناشی از افزایش سطح درون‌زای سیتوکینین ها و اثرات ثانویه آن ها بر گیاهان است (Fletcher *et al.*, 2010). کاربرد پاکلوبوترازول در *Camelina sativa* L. همچنین محتوای کلروفیل را افزایش داد که منجر به سرعت بیشتر در فتوسنتز و رشد رویشی بالاتر شد (Kumar *et al.*, 2012). گزارش گردید افزایش محتوای کلروفیل در تیمار PBZ ممکن است ناشی از به حداقل رساندن آسیب ناشی از اکسیژن فعال و تغییرات در سطح کاروتنوئیدها، آسکوربات و آسکوربات پراکسیداز باشد (Desta and Amare, 2021). این می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو باشد که از بلوغ سلولی جلوگیری می‌کند.

در تأیید نتایج این تحقیق گزارش شده است که کاربرد پاکلوبوترازول در در درختان میوه باعث افزایش مقدار کلروفیل a و b و به دنبال آن افزایش فتوسنتز گردید (Orozco-Meléndez *et al.*, 2022). همچنین گزارش هایی وجود دارد مبنی بر این که پاکلوبوترازول موجب افزایش اندازه کلروپلاست، تعداد کلروپلاست در واحد سطح برگ، و همچنین افزایش محتوای کلروفیل در هر کلروپلاست می‌شود (Khalil, 1995; Tekalign and Hammes, 2005). علاوه بر این، در مطالعه‌ای بر روی *Daphne genkwa* نشان داده شد که کاربرد پاکلوبوترازول باعث افزایش سنتز کلروفیل و در پی آن افزایش نرخ فتوسنتز می‌شود (Zhang *et al.*, 2023). همچنین گیاهان تیمارشده با پاکلوبوترازول همچنین دارای میزان بالاتری از سیتوکینین نسبت به گیاهان شاهد بودند.. این یافته ها نشان می‌دهد که پاکلوبوترازول با کاهش کاتابولیسم کلروفیل، به‌ویژه در بافت‌های پیر و افزایش سطح فتوسنتز، نقش مهمی در بهبود عملکرد گیاه ایفا می‌کند. از سوی دیگر، پاکلوبوترازول با ایجاد تغییر در مورفولوژی سلول‌های مزوفیل برگ، باعث بهبود انتشار دی‌اکسید کربن به درون این بافت ها شده و در نهایت منجر به افزایش راندمان فتوسنتزی می‌شود. در برخی مطالعات ارتباط مثبتی بین UCZ و محتوای کلروفیل برگ قرائت شده توسط کلروفیل گزارش شد (Amarante *et al.*, 2009). در پژوهشی دیگر نیز بیان گردید انتظار بر این است که مقادیر بالاتر UCZ اعمال شده روی درختان منجر به محتوای کلروفیل نسبی برگی به دلیل کاهش رشد گیاه و افزایش احتمالی غلظت کلروفیل در برگ‌ها شود که شدت سبز تیره تری دارد (Lima *et al.*, 2016).

Zhou (2017) از یونیکونازول در محدوده‌ای از غلظت‌های مشخص و در زمان‌های مختلف برای تیمار گیاهان استفاده کرد. نتایج این پژوهش نشان داد که یونیکونازول موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شامل کاتالاز (CAT)، سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و پراکسیداز (POD) می‌شود، میزان مالون‌دی‌آلدئید (MDA) را کاهش می‌دهد، و همچنین محتوای پروتئین محلول، کلروفیل و در نتیجه مقاومت گیاه را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، مطالعات متعدد گزارش کرده‌اند که محلول‌پاشی با غلظت‌های مناسب

یونیکونازول می‌تواند رشد گیاه را به تأخیر انداخته، سطح کلروفیل را افزایش داده، محتوای قند محلول و پروتئین‌های محلول برگ را تقویت کند، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را بهبود بخشد، ظرفیت سلول برای حذف اکسیژن واکنش‌گر را افزایش داده و با کاهش نفوذپذیری نسبی غشای پلاسمایی، تحمل گیاه به تنش‌های محیطی را ارتقا دهد (Wang and Sun, 2012; Liu *et al.*, 2015).

در مطالعه‌ای دیگر، پژوهشگران نشان دادند که بین روش‌های مختلف کاربرد پاکلوبوترازول در گوجه‌فرنگی رقم پریکادور، از نظر میزان محتوای آب نسبی برگ، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با این حال، آن‌ها گزارش کردند که پاکلوبوترازول موجب بهبود وضعیت آبی گیاه شده است. اثری که به فعالیت‌های ثانویه این ترکیب نسبت داده می‌شود (Berova and Zlatev, 2000). پاکلوبوترازول با تحریک تولید و تجمع اسید آبسیزیک، منجر به کاهش تعرق، کاهش سطح برگ و افزایش مقاومت روزنه‌ای می‌گردد و از این طریق تعادل آبی گیاه در شرایط تنش را حفظ می‌کند (Pinto *et al.*, 2005).

گزارش شده که در شرایط تنش خشکی، پاکلوبوترازول با افزایش سطوح سایتوکینین از طریق تحریک مکان‌های سنتز آن، موجب کاهش پتانسیل آب در برگ های نهال بادام می‌شود (Ershadi *et al.*, 2023). همچنین، استفاده از پاکلوبوترازول از طریق تنظیم محتوای آبی گیاه، موجب بهبود کارایی استفاده از آب گردیده و در نهایت می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های نگهداری گیاهان در شرایط نامساعد محیطی شود (Fazeli *et al.*, 2024).

Sarker & Rahim (2018) گزارش کردند که استفاده از پاکلوبوترازول در درختان انبه موجب افزایش محتوای قند در میوه‌ها شد. افزایشی که به بهبود کیفیت میوه و افزایش عملکرد درختان انجامید. Morin *et al.* (2007) تغییر موقت در مقاومت به سرمای درون گونه‌ای و بین گونه‌ای در بلوط های اروپایی را در اثر تفاوت در غلظت کربوهیدرات‌های محلول دانستند. همچنین بیان گردید کاربرد پاکلوبوترازول موجب افزایش قند های محلول و نشاسته و نسبت این دو می‌گردد (Desta and Amare, 2021). Coleman *et al.* (1992) گزارش کردند که در درختان سیب تیمار شده با پاکلوبوترازول میزان کربوهیدرات نسبت به درختان شاهد بیشتر شده است.

گزارش شده محلول‌پاشی PBZ می‌تواند رشد تغذیه ای درختان میوه را تنظیم کند، محتوای قند و نشاسته محلول در گیاهان را بهبود بخشد و نسبت C/N را افزایش دهد که باعث تمایز جوانه گل، بهبود سرعت گلدهی و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شود (Chen *et al.*, 2012; Le Roux and Barry, 2010). این در حالی است وجود جیبرلین با غلظت بالا در گیاه، موجب تغییر توزیع کربوهیدرات‌ها در گیاهان شده و از تشکیل جوانه‌های گل جلوگیری می‌کند (Nagel *et al.*, 2001). در این مطالعه، میزان مواد جامد محلول در میوه تیمار شده با یونیکو نازول ابتدا افزایش و سپس با اضافه‌شدن پاکلوبوترازول و افزایش سطح هورمون‌های کاهنده رشد، با کاهش همراه بود، ولیکن در غلظت ۹۰۰ پاکلوبوترازول و ۱۰۰۰ یونیکو نازول به حداکثر میزان خود رسید. گزارش شده افزایش سطح جیبرلین باعث کاهش محتوای قند و نشاسته محلول در لیمو شد و هر دو با افزایش سطح هورمون کاهش یافتند (Du *et al.*, 2022). Zhang *et al.* (2016) نیز در گیاه لیچی به همین نتیجه رسیدند. گزارش نمودند محلول‌پاشی PBZ محتوای آب برگ و محتوای TSS لیمو را افزایش داد (Du *et al.*, 2022).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از کندکننده‌های رشد پاکلوبوترازول و یونیکونازول اثر معنی‌داری بر بهبود ویژگی‌های فیتوشیمیایی و زایشی لایم کوات در شرایط گلخانه‌ای دارد. کاربرد پاکلوبوترازول با غلظت ۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌تنهایی

موجب افزایش معنی‌دار رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل محتوای کلروفیل a ، کلروفیل bوکاروتنوئیدها، همچنین بهبود ابعاد میوه شد. در حالی‌که ترکیب آن با یونیکونازول (۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) اثر مثبتی بر شاخص‌های کیفی میوه نظیر وزن‌تر، چگالی، مواد جامد محلول و اسیدیته داشت. این تیمارها از طریق کاهش رشد رویشی و افزایش کارایی فتوسنتز، به بهینه‌سازی تولید در سامانه‌های کشت تونلی کمک کردند. یافته‌ها نشان می‌دهد که کاربرد هدفمند این ترکیبات می‌تواند راهکاری مؤثر برای بهبود کیفیت و کمیت محصول لایم‌کوات باشد که علاوه بر تأمین نیازهای بازار، با کاهش هزینه‌های نیروی کار، سودآوری اقتصادی را برای تولیدکنندگان به همراه خواهد داشت.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از شرکت‌تعاونی بنیاد برکت خرماکلا و جناب آقای موسوی و مهندس حاجی ملک جهت همکاری در طول این آزمایش تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Aghav, R., Haldankar, P., Parulekar, Y., Malshe, K., & Dalvi, V. (2022). Special horticultural practices for early induction of flowering in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ratna. *International Journal of Agricultural and Applied Sciences*, 3(2), 90-93. https://doi.org/10.52804/ijaas2022.3216

Agricultural Jihad Organization of Iran. (2023). Annual harvested area, production, and yield in 2021-2022. Ministry of Agriculture Jihad. Iran. https://agrofa.ir/statistics/

Albuquerque, T. C. S. d., Mouco, M. A. d. C., & Albuquerque Neto, A. A. d. (2008). Plant growth regulators on macronutrients in Itália grapes. *Bragantia*, 67, 553-561. https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000300001

Amarante, C. V. T. d., Zanardi, O. Z., Miqueloto, A., Steffens, C. A., Erhart, J., & Almeida, J. A. d. (2009). Non-destructive quantification of area and chlorophyll content in the leaves of young'Cabernet Sauvignon'grapevines. Revista Brasileira de Fruticultura, 31, 680-686. https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000300009

Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1

Bazurto, F. P., Celi, A., Corozo, L., & Solís, L. (2022). Importance of paclobutrazol in out-of-season citrus production. *Manglar*, 19(1), 117-127. http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2022.015

Berova, M., & Zlatev, Z. (2000). Physiological response and yield of paclobutrazol treated tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Plant Growth Regulation*, 30, 117-123. https://doi.org/10.1023/A:1006300326975

Bertamini, M., Zulini, L., Muthuchelian, K., & Nedunchezhian, N. (2007). Low night temperature effects on photosynthetic performance on two grapevine genotypes. *Biologia Plantarum*, 51, 381-385. https://doi.org/10.1007/s10535-007-0080-2

Chen XiaoGuang, C. X., Li HongMin, L. H., Zhang AiJun, Z. A., Shi XinMin, S. X., Tang ZhongHou, T. Z., Wei Meng, W. M., & Shi ChunYu, S. C. (2012). Effect of paclobutrazol under different N-application rates on photosynthesis and starch accumulation in edible sweetpotato. *Acta Agronomica Sinica*, 38(9), 1728-1733.

Coleman, W., Estabrooks, E., O'hara, M., Embleton, J., & King, R. (1992). Seasonal changes in cold hardiness, sucrose and sorbitol in apple trees treated with plant growth regulators. *Journal of Horticultural Science*, 67(3), 429-435. https://doi.org/10.1080/00221589.1992.11516268

Cruz, M. d. C. M. d., Siqueira, D. L. d., Salomão, L. C. C., Cecon, P. R., & Santos, D. d. (2007). Levels of carbohydrates in acid lime tree'Tahiti'treated with paclobutrazol. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29, 222-227. https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000200007

Davenport, T. L. (2007). Reproductive physiology of mango. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19, 363-376. https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400007

Desta, B., & Amare, G. (2021). Paclobutrazol as a plant growth regulator. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1), 1. https://doi.org/10.1186/s40538-020-00199-z

Du, Y., Li, J., Dong, J., Hu, C., Li, D., Tan, Q., Zhang, J., Li, J., Zhou, X., & Zhu, C. (2022). Effects of different regulating measures on the floral and nutritional physiology of lemon. *Agronomy*, 12(10), 2381. https://doi.org/10.3390/agronomy12102381

Faria, L. N., Soares, A. A., Donato, S. L., Santos, M. R. d., & Castro, L. G. (2016). The effects of irrigation management on floral induction of 'Tommy Atkins' mango in Bahia semiarid. *Engenharia Agrícola*, 36(3), 387-398. https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n3p387-398/2016

Fazeli, M., Matloobi, M., & Zare Nahandi, F. (2024). Effect of paclobutrazol on the growth characteristics of two turfgrasses (*Festuca aranudinaceae* Scherb.) and (*Poa pratensis* L.). *Plant Productions*, 47(2), 293-308. https://doi.org/10.22055/ppd.2024.44964.2124 [In Persian].

Fletcher, R. A., Gilley, A., Sankhla, N., & Davis, T. D. (2010). Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural Reviews*, 24, 55-138. https://doi.org/10.1002/9780470650776.ch3

González, L., & González-Vilar, M. (2001). Determination of relative water content. In *Handbook of plant ecophysiology techniques* (pp. 207-212). Springer. https://doi.org/10.1007/0-306-48057-3_14

Jin, G., Prabhakaran, M. P., Liao, S., & Ramakrishna, S. (2011). Photosensitive materials and potential of photocurrent mediated tissue regeneration. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 102(2), 93-101. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2010.09.010

Kamran, M., Wennan, S., Ahmad, I., Xiangping, M., Wenwen, C., Xudong, Z., Siwei, M., Khan, A., Qingfang, H., & Tiening, L. (2018). Application of paclobutrazol affect maize grain yield by regulating root morphological and physiological characteristics under a semi-arid region. *Scientific Reports*, 8(1), 4818. https://doi.org/10.1038/s41598-018-23166-z

Karimi, M., & Ahmadi, M. (2019). The effect of inhibitory growth of cycocel and uniconazole on morphological and biochemical characteristics of petunia (Petunia hybrida L.). *Journal of Plant Process and Function*, 8(32), 365-376. http://jispp.iut.ac.ir/article-1-1221-en.html [In Persian].

Khalil, I. A. (1995). Chlorophyll and carotenoid contents in cereals as affected by growth retardants of the triazole series. *Cereal Research Communications*, 23(1-2),183-189.

Kumar, S., Ghatty, S., Satyanarayana, J., Guha, A., Chaitanya, B., & Reddy, A. R. (2012). Paclobutrazol treatment as a potential strategy for higher seed and oil yield in field-grown *Camelina sativa* L. Crantz. *BMC Research Notes*, 5, 1-14. https://doi.org/10.1186/1756-0500-5-137

Le Roux, S., & Barry, G. H. (2010). Vegetative growth responses of citrus nursery trees to various growth retardants. *HortTechnology*, 20(1), 197-201. https://doi.org/10.21273/HORTTECH.20.1.197

Lima, G. M. d. S., Pereira, M. C. T., Oliveira, M. B., Nietsche, S., Mizobutsi, G. P., Públio Filho, W. M., & Mendes, D. S. (2016). Floral induction management in'Palmer' mango using uniconazole. *Ciencia Rural*, *46*, 1350-1356. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150940

Liu, G., Fei, Y., Tu, M., & Ding, Z. (2015). Effects of CCC and DPC on the cold resistance of Phoebe bournei. *Hubei Agricultural Sciences*, 54, 1404-1407. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.982415

Morin, X., Améglio, T., Ahas, R., Kurz-Besson, C., Lanta, V., Lebourgeois, F., Miglietta, F., & Chuine, I. (2007). Variation in cold hardiness and carbohydrate concentration from dormancy induction to bud burst among provenances of three European oak species. *Tree Physiology*, 27(6), 817-825. https://doi.org/10.1093/treephys/27.6.817

Nagel, O. W., Konings, H., & Lambers, H. (2001). Growth rate and biomass partitioning of wildtype and low-gibberellin tomato (*Solanum lycopersicum*) plants growing at a high and low nitrogen supply. *Physiologia Plantarum*, 111(1), 33-39. http://dx.doi.org/10.1034/j.1399-3054.2001.1110105.x

Naveena Kumara, K. T., Singh, H., Kaur, N., Kang, B. K., & Devi, I. (2023). Uniconazole improves mango flowering and fruit yield by regulating gibberellins and carbon–nitrogen nutrition. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 64(5), 735-752. http://dx.doi.org/10.1007/s13580-023-00541-y

Nivedithadevi, D., Somasundaram, R., & Pannerselvam, R. (2012). Effect of abscisic acid, paclobutrazol and salicylic acid on the growth and pigment variation in *Solanum trilobatum*. *International Journal of Drug Development and Research*, 4(3), 236-246.

Orozco-Meléndez, L. R., Hernández-Rodríguez, O. A., Cruz-Álvarez, O., Robles-Hernández, L., Ávila-Quezada, G. D., Chavez, E. S., & Ojeda-Barrios, D. L. (2022). Paclobutrazol and its use in fruit production: A review. *Phyton*, 91(1), 1. https://doi.org/10.32604/phyton.2022.016908

Penjor, T., Mimura, T., Matsumoto, R., Yamamoto, M., & Nagano, Y. (2014). Characterization of limes (*Citrus aurantifolia*) grown in Bhutan and Indonesia using high-throughput sequencing. *Scientific Reports*, 4(1), 4853. https://doi.org/10.1038/srep04853

Pinto, A. C. R., Rodrigues, T. d. J. D., Leite, I. C., & Barbosa, J. C. (2005). Growth retardants on development and ornamental quality of potted 'Lilliput' *Zinnia elegans* Jacq. *Scientia Agricola*, 62, 337-345. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162005000400006

Puglisi, R., Statuto, D., & Picuno, P. (2021). Effects of grennhouse lime shading on filtering the solar radiation. In *Actual Tasks on Agricultural Engineering* . Igor Kovačev, Nikola Bilandžija. 1, 131-140.

Qian, J., Wang, N., Ren, W., Zhang, R., Hong, X., Chen, L., Zhang, K., Shu, Y., Hu, N., & Yang, Y. (2022). Molecular dissection unveiling dwarfing effects of plant growth retardants on pomegranate. *Frontiers in Plant Science*, 13, 866193. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.866193

Raigond, P., Singh, N. V., More, A. K., Parashuram, S., Giri, N. A., Awachare, C., Sowjanya, R., Patil, P. G., Babu, K. D., & Marathe, R. A. (2024). Impact of PGRs, polyamines and potassium to improve pomegranate flowering behaviour, fruit set and fruit quality. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 61, 103355. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103355

Ramírez, F., & Davenport, T. L. (2010). Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. *Scientia Horticulturae*, 126(2), 65-72. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.06.024

Rana, G., & Singh, K. S. (1992). Storage life of sweet orange fruits as influenced by fungicides, oil emulsion and package practices. *Crop Research (Hisar)*, 5, 150-153.

Sarker, B. C., & Rahim, M. A. (2018). Influence of paclobutrazol on growth, yield and quality of mango. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 43(1), 1-12.

Sharaf-Eldien, M., El-Bably, S. Z., & Magouz, M. (2017). Effect of Pinching and Spraying of Paclobutrazol on Vegetative Growth, Flowering and Chemical Composition of *Zinnia elegans*, Jacq. *Journal of Plant Production*, 8(5), 587-592. https://10.21608/jpp.2017.40474

Singh, D., & Ram, S. (2000). Level of paclobutrazol residues in shoot and fruit of mango. *Indian Journal of Plant Physiology*, 5(2),186-188.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2009). Fisiologia vegetal. Porto Alegre, Artmed. 719p.

Tekalign, T., & Hammes, P. (2005). Growth and biomass production in potato grown in the hot tropics as influenced by paclobutrazol. *Plant Growth Regulation*, 45, 37-46. https://doi.org/10.1007/s10725-004-6443-1

Thakur, Y., Chandel, J., & Verma, P. (2017). Effect of plant growth regulators on growth, yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) under protected conditions. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(3), 1676-1681. http://dx.doi.org/10.31018/jans.v9i3.1420

Ullah, I., Dawar, K., Tariq, M., Sharif, M., Fahad, S., Adnan, M., Ilahi, H., Nawaz, T., Alam, M., & Ullah, A. (2022). Gibberellic acid and urease inhibitor optimize nitrogen uptake and yield of maize at varying nitrogen levels under changing climate. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-10. https://doi.org/10.1007/s11356-021-16049-w

Wang, H., & Sun, H. (2012). The Research on Plant Growth Retardants Improving Drought Resistance of Solanum Integrifolium Poir. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, *28*, 126-132.

Fu XiaoFang, F. X., & Chen WenHui, C. W. (2000). Preliminary report on the effect of PP333 on the control of shoot growth and promotong flowering for Xuegan orange. *South China Fruits*, 29: 10-15.

Yilmaz, B., Çimen, B., Yesiloglu, T., Incesu, M., Kamiloglu, M. U., & Yilmaz, M. (2018). Effects of 2, 4-DP-P (2, 4-Dichlorophenoxypropionic Acid-P) plant growth regulator on fruit size and yield of star Ruby grapefruit (*Citrus paradisi* Osb.). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(9), 1279-1284. http://dx.doi.org/10.24925/turjaf.v6i9.1279-1284.2065

Zhang HongNa, Z. H., Su ZuanXian, S. Z., & Chen HouBin, C. H. (2016). Effects of GA3 and PP333 on flower formation, carbon and nitrogen accumulation in leaves of *litchi Feizixiao*. *Journal of Southern*

Agriculture, 47*(*12*)*, 2098-2102.

Zhang, H., Fan, J., Peng, Q., Song, W., Zhou, Y., Xia, C., & Ma, J. (2023). Effects of chlormequat chloride and paclobutrazol on the growth and chlorophyll fluorescence kinetics of *Daphne genkwa*. *Russian Journal of Plant Physiology*, 70(5), 110. https://doi.org/10.1134/S1021443723600228

Zhou, X. (2017). Studies on the Dwarfing Effect of PP333 and SS3307 to *Chlorophytum Capense* 'Vittatum'. *Zhejiang University: Hangzhou, China*.

Ershadi, A., Darabi Hydar Abadi, A., & Ghasemi-Soloklui, A. A. (2023). Effect of Foliar Application of Paclobutrazol on Freezing Tolerance of Almond (*Prunus dulcis* cv. Ferragnes) Plants. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 24(1), 157-172.