به زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۵۶۹-۵۵۷

# تغییر در الگوی گلدهی و تولید میوهٔ کامکوات ناگامی (*Fortunella margarita*) با استفاده از پاکلوبوترازول

فریبرز زارع نهندی *[۱] و نیلوفر محمدی سیلابی[۲]

۱. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲. کارشناس ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۵/۲۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۲۳

## چکیده

گلدهی و تولید محصول در کامکوات ناگامی تا حدودی با دیگر مرکبات متفاوت است، زیرا به‌طور معمول سه بار گلدهی در سال اتفاق می‌افتد که ممکن است به تولید محصولاتی با کیفیت متفاوت روی یک درخت منجر شود. با توجه به تأثیر مناسب پاکلوبوترازول در افزایش و تغییر رژیم گلدهی مرکبات، آزمایشی به‌صورت گلدانی و با سه سطح پاکلوبوترازول (صفر، ۰/۱ و ۰/۵ گرم مادهٔ مؤثره به‌ازای هر درخت) و شش تکرار به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی در گلخانه انجام گرفت. ویژگی‌های فیزیکی میوه شامل طول، عرض، نسبت طول به عرض، حجم، جرم حجمی و خصوصیات کیفی میوه نظیر وزن خشک و تر، درصد مواد جامد محلول و اسیدیته به‌ازای هر تکرار ارزیابی شد. براساس نتایج، پاکلوبوترازول به‌طور کارامدی بر گلدهی و میوه‌بندی کامکوات ناگامی مؤثر بود. اثر تیمارهای پاکلوبوترازول بر طول رشد شاخساره‌ها قبل و بعد از دورهٔ گلدهی و بر تعداد شاخساره‌ها پس از دورهٔ گلدهی معنادار بود و به کاهش آنها منجر شد. همهٔ تیمارهای پاکلوبوترازول به گلدهی زودهنگام (حدود ۱۲ روز)، افزایش تعداد گل‌های جست اول (حدود شش برابر) و دوم (حدود چهار برابر) و میوه‌بندی نهایی منجر شد. از لحاظ خصوصیات کیفی میوه، کاهش معناداری در مقادیر طول، نسبت قطر به طول و اسیدیتهٔ میوه‌ها ملاحظه شد. به‌طور کلی، پاکلوبوترازول یک تنظیم‌کنندهٔ رشد کارامد برای استفاده در تولید میوهٔ کامکوات ناگامی است که ضمن حفظ اکثر صفات مطلوب میوه، سبب افزایش عملکرد چشمگیری در این گیاه می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** تنظیم‌کننده‌های رشد، جیبرلین، عملکرد، گل‌انگیزی، مرکبات.

* نویسنده مسئول Email: fzaare@gmail.com

## ۱. مقدمه

کامکوات ناگامی[1] نوعی از مرکبات است که کشت‌وکار آن به‌تازگی در ایران متداول شده است. میوه‌های این گیاه همانند سایر مرکبات مملو از انواع ویتامین و متابولیت‌های ثانویه است. ویژگی مهم این میوه قابل مصرف بودن پوست میوه است که سرشار از انواع متابولیت و مواد سلامت‌بخش برای انسان است [۱۱]. میوهٔ این گیاه از مرکبات لوکس محسوب می‌شود و ارزش صادراتی زیادی دارد. به‌طور معمول ارزش غذایی ۱۰۰ گرم از این میوه نسبت به دیگر مرکبات در بسیاری از موارد بیشتر است. کامکوات ناگامی نظیر سایر گیاهان جنس *Fortunella* گیاهی کم‌رشد است که به‌طور معمول بر پایهٔ گیاهان پررشدتری مانند نارنج یا برخی هیبریدهای پونسیروس از جمله سیترومیلو پیوند می‌شود. محصول تولیدی توسط هر گیاه به‌طور معمول کم است و بنابراین برای تولید محصول بیشتر کشت متراکم‌تر این گیاه لازم است. با وجود این، عملکرد محصول در هکتار چندان افزایش نخواهد یافت، زیرا این گیاه اساساً کم‌محصول است. گلدهی در کامکوات نسبت به سایر مرکبات دیرتر رخ می‌دهد، به‌طوری که در بسیاری از نقاط مرکبات‌خیز شمال ایران این پدیده در تیرماه به‌وقوع می‌پیوندد. باردهی کامکوات روی جست‌های سال جاری اتفاق می‌افتد که بسته به رقم و شرایط اقلیمی و مدیریتی در نهایت طول این جست به حدود ۱۵ سانتی‌متر خواهد رسید و گل‌ها اغلب روی این جست‌ها ظاهر می‌شوند. گلدهی کامکوات‌ها به‌طور معمول در سه مرحله یا جست[2] روی می‌دهد که میوه‌های پدیدآمده از گل‌های جست نخست بزرگ‌ترند و کیفیت بهتری دارند، اما میوه‌های به‌دست‌آمده از گل‌های جست دوم و سوم با کاهش کیفیت روبه‌رو هستند، چندان‌که میوه‌های جست سوم را نمی‌توان دارای ارزش تجاری دانست. بنابراین افزایش شمار گل در جست‌های اول و دوم از اهداف اصلی پرورش‌دهندگان این میوه است. بر پایهٔ یافته‌های برخی از پژوهشگران، تمایزیابی جوانه‌های گل در جنس *Citrus* و *Fortunella* پس از تورم جوانه و جست شاخه انجام می‌پذیرد. در این راستا، آغازش گل در بخش پس‌ساخته و بر روی شاخساره‌های نوپدید رخ می‌دهد [۶ ، ۱].

در مرکبات نیز همانند بسیاری از درختان میوه، جیبرلین‌ها بازدارنده از آغازش گل هستند و ازآنجا که منشأ تولید جیبرلین شاخه و برگ‌های پررشد است، استفاده از کندکننده‌های رشد رویشی یا ترکیبات بازدارنده از بیوسنتز جیبرلین، راهکار مؤثری در کنترل رشد رویشی و افزایش گلدهی خواهد بود [۲۵].

فرایند گل‌آغازی مرکبات، همزمان با جست بهاره و افزایش رشد رویشی است [۱۳]. هرچند در مرکبات، جیبرلین ساخته‌شده در بذر میوه به‌سبب ناهمزمانی اوج زیست‌سازی آن با گل‌انگیزی، بازدارنده از گلدهی شناخته نشده است [۲۶]، اما جیبرلین تولیدشده در برگ‌های جوان و شاخه‌های پررشد، چالشی بزرگ در برابر گل‌آغازی این گیاهان به‌شمار می‌رود. در بسیاری از موارد کاربرد برون‌زاد جیبرلین به‌هنگام جست بهاره به کاهش در گل‌آغازی می‌انجامد [۱۳]. بنابراین کاربرد برون‌زای بازدارنده‌های این هورمون می‌تواند بهبود فرایند گلدهی مرکبات را در پی داشته باشد [۲۴].

یکی از مهم‌ترین ترکیبات ضدزیست‌سازی جیبرلین[3]، پاکلوبوترازول است. این ترکیب می‌تواند اثر بازدارندگی جیبرلین روی گلدهی را کاهش و تمایزیابی جوانه‌های زایشی را افزایش دهد [۱۷ ، ۳]. پاکلوبوترازول با مختل کردن اکسیداسیونانت- کائورن[4] به انت – کائورونیک

1. *Fortunella margarita*
2 . Flush
3 . Anti-gibberellin
4 . Ent-kaurene

اسید[1] بیوسنتز جیبرلین می‌شود. پاکلوبوترازول یکی از پرمصرف‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد جهان است و در کشورهای پیشرفته با برندهای تجاری ®Cultar، ®Bonzi و ®Cambista توزیع می‌شود. این ماده ابتدا به‌عنوان نوعی قارچ‌کش مطرح شد، ولی به‌سرعت خواص شدید ضدجیبرلینی آن شناسایی شد. این ماده تحرک‌پذیری متوسطی در خاک دارد و حداکثر تا حدود ۱۰ سانتی‌متر در سال در خاک لومی جابه‌جا می‌شود، ضمن اینکه تقریباً تبخیر نیز نمی‌شود. پاکلوبوترازول ترکیبی نیمه‌پایدار در خاک و محیط است. نیمه‌عمر این ترکیب حدود یک سال در شرایط هوازی و بی‌هوازی است. پاکلوبوترازول به‌طور معمول تا حدود سه سال با غلظت مناسب در خاک باقی می‌ماند و تأثیر آن مشهود است. مقدار LD50 آن ۱۹۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در موش نر بالغ است؛ بنابراین این ماده سمیت متوسطی دارد. در تحقیقات متعدد روی پاکلوبوترازول هیچ‌گونه پتانسیل جهش‌زایی، کلاستوژنی و آنیوژنی مشاهده نشده و گزارشی نیز دال بر سرطان‌زا بودن آن منتشر نشده است [۱۰].

ترکیبات بازدارندهٔ سنتز جیبرلین نظیر پاکلوبوترازول می‌توانند سبب افزایش گلدهی در مرکبات شوند و این ترکیب از دیگر کندکننده‌های رشد روی بافت مرکبات تأثیرگذارتر است، زیرا اثر آن در غلظت‌های کم نیز مشاهده شده است. کاربرد پاکلوبوترازول بر روی شماری از پایه‌های مرکبات، سبب افزایش سطوح هیدروکربن‌ها در بخش هوایی و سیستم ریشه‌ای شد که خود به بهبود نمو زایشی و کاهش ریزش میوه در پی تغذیهٔ بهتر ریشه‌ها منجر شد [۱۵]. در درختان لیموی ولکامرینو گزارش شده است که با افزایش سطوح غلظت پاکلوبوترازول، طول و ضخامت ساقه‌ها، طول میان‌گره‌ها و سطح برگ کاهش می‌یابد [۲۱]. در پژوهش دیگری، تیمارهای خاکی (۶۰-۳۰ میلی‌لیتر به‌ازای درخت) و محلول‌پاشی (۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به افزایش سرعت گلدهی و کاهش رشد رویشی در مقایسه با تیمار شاهد منجر شد [۱۶]. طی تحقیقی روی لیموی اسیدی[2] گزارش شد که با تیمار خاکی این درختان، القای گلدهی ۷۰-۳۲ روز زودتر از شاهد رخ داد و در درختان تیمارشده با پاکلوبوترازول، تعداد شاخساره‌های گل‌دهنده و میزان میوه‌بندی افزایش یافت. در لیموی لیسبون کاربرد پاکلوبوترازول در غلظت‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌طور چشمگیری به کاهش رشد رویشی، طول میان‌گره‌ها و افزایش قطر شاخساره‌ها منجر شد، ضمن اینکه افزایش میوه‌بندی نیز رخ داد [۲۲]. تأثیر بقایای پاکلوبوترازول بر کاهش رشد رویشی در دو سال بعد از کاربرد نیز دیده شد، درحالی که تأثیر آن در افزایش میوه‌بندی تنها در سال کاربرد بود. پاکلوبوترازول رشد رویشی و زایشی پرتقال را نیز تحت تأثیر قرار داد و به‌دنبال محلول‌پاشی درختان با این تنظیم‌کننده رشد کاهش معناداری در رشد رویشی و نیز افزایش معناداری در میزان میوه‌بندی ملاحظه شد [۲۷]. پاکلوبوترازول با برهم زدن ارتباط بین منبع تولید و مصرف[3] و تغییر در توزیع مواد تولیدشده در فتوسنتز[4]، سبب القای زودگلدهی در مرکبات می‌شود [۱۴].

با توجه به قابلیت پاکلوبوترازول در افزایش گلدهی و همچنین تغییر رژیم گلدهی مرکبات و همچنین با توجه به در دسترس نبودن اطلاعاتی در این زمینه در مورد کامکوات، هدف پژوهش حاضر، ارزیابی تأثیر کاربرد این تنظیم‌کنندهٔ رشد در القای گلدهی و محصول‌دهی بیشتر کامکوات ناگامی است.

1 . Ent-kaurenoic acid

2 . Acid lime
3 . Source and sink
4 . Photoassimilate

## ۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه‌ای واقع در ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان وابسته به دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در جادهٔ تبریز - باسمنج اجرا شد. در این آزمایش از گیاهان کامکوات ناگامی سه‌سالهٔ پیوندشده بر روی پایهٔ نارنج استفاده شد. گیاهان از یکی از نهالستان‌های مورد تأیید جهاد کشاورزی چابکسر تهیه و به محل اجرای آزمایش منتقل شدند. گلدان‌ها پس از انتقال به محل اجرای آزمایش، به‌منظور بهینه‌سازی شرایط رشد و ایجاد سازگاری با شرایط آب‌وهوای منطقه، به‌مدت شش ماه در گلخانه مراقبت و نگهداری شدند. دمای گلخانه در محدودهٔ ۲۵-۱۸ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی آن در حد ۹۰-۸۰ درصد تنظیم شد. تغییری در طول مدت روشنایی و شرایط دورهٔ نور داده نشد. خاک مورد استفاده در گلدان‌ها لومی شنی و با حدود ۳ درصد مواد آلی بود. برای حفظ رشد و کیفیت مناسب گیاهان، تغذیه هر دو هفته و با غلظت نصف محلول غذایی هوگلند انجام گرفت. گیاهان به‌طور دائم از لحاظ آلودگی به آفات و بیماری‌ها کنترل می‌شدند.

پاکلوبوترازول در سه سطح صفر، ۰/۱ و ۰/۵ گرم مادهٔ مؤثره از فرم تجاری پاکلوبوترازول با نام کولتار (حاوی ۲۵ درصد مادهٔ مؤثره) به‌ازای هر گلدان و به‌صورت استفاده در خاک اعمال شد. این آزمایش در شش تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. تیمار در اواسط فروردین و همزمان با شروع اولین جست گیاه انجام گرفت.

به‌منظور بررسی میزان رشد رویشی، طول و تعداد شاخساره‌های جدید حاصل از جست‌های سال جاری در قبل و بعد از دورهٔ گلدهی اندازه‌گیری شد. بدین‌ترتیب که ۱۰ شاخساره از هر گلدان با موقعیت مکانی به‌نسبت یکسان در همهٔ گلدان‌ها علامت‌گذاری و ارزیابی شد. اولین نوبت ارزیابی حدود ۶-۵ روز قبل از شروع گلدهی (حدود ۷۰ روز بعد از تیمار) و دومین نوبت حدود ۴۰ روز پس از اتمام گلدهی همهٔ درختان انجام گرفت.

برای بررسی تأثیر پاکلوبوترازول بر گلدهی، شاخص‌های زمان گلدهی، موقعیت مکانی گل‌ها بر روی شاخه، تعداد گل‌ها در جست اول و دوم گلدهی و میزان میوه‌بندی نهایی در هر تکرار ارزیابی شد. زمان اوج گلدهی در هر تیمار، بر پایهٔ شکوفایی ۸۰ درصد از گل‌ها تعیین شد. میزان میوه‌بندی پس از اتمام ریزش گل و میوه‌چه و شمارش میوه‌های باقی‌مانده بر روی هر گیاه (حدود یک ماه پس از جست اول) محاسبه شد. برداشت میوه در هنگام شروع تغییر رنگ پوست میوه از رنگ سبز به نارنجی انجام گرفت.

ویژگی‌های فیزیکی میوه شامل طول، عرض، نسبت طول به عرض، حجم، جرم حجمی و خصوصیات کیفی میوه نظیر وزن خشک و تر، درصد مواد جامد محلول و اسیدیته به‌ازای هر تکرار ارزیابی شد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها تجزیهٔ واریانس انجام گرفت. مقایسهٔ میانگین داده‌ها به‌روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح معناداری ۵ درصد و با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS(نسخهٔ ۱۹) انجام گرفت.

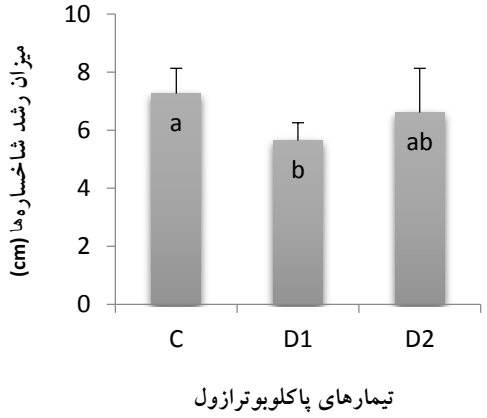
## ۳. نتایج و بحث

### ۳. ۱. تأثیر پاکلوبوترازول بر صفات کمی

#### ۳. ۱. ۱. طول شاخساره‌های جدید

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که تأثیر پاکلوبوترازول بر کاهش طول شاخساره‌ها، قبل از دورهٔ گلدهی در سطح احتمال ۵ درصد و بعد از دورهٔ گلدهی در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است. با مقایسهٔ میانگین طول رشد شاخساره‌های درختان تحت تیمار خاکی قبل از دورهٔ گلدهی ملاحظه می‌شود که اختلاف معناداری بین غلظت‌های کاربردی وجود داشت، به‌طوری که بیشترین

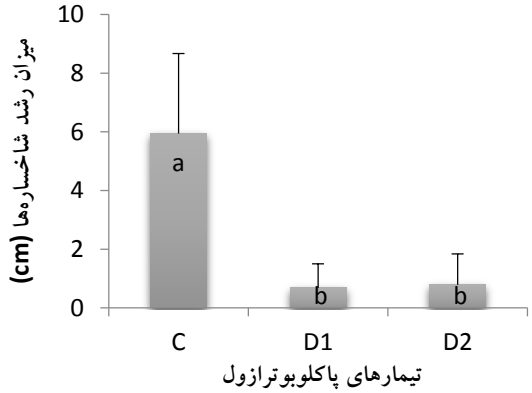
کاهش طول رشد در غلظت ۰/۵ گرم مادهٔ مؤثره و سپس در غلظت ۰/۱ گرم مادهٔ مؤثره دیده شد که به کاهش ۳۰-۱۰ درصدی رشد در مقایسه با تیمار شاهد منجر شد، ولی در دورهٔ پس از گلدهی هر دو سطح پاکلوبوترازول تقریباً به یک اندازه سبب کاهش رشد شدند (شکل‌های ۱ و ۲). در کل، این تیمارها سبب کاهش طول رشد شاخساره‌های سال جاری شدند. پاکلوبوترازول با جلوگیری از زیست‌سازی جیبرلین و مهار آن در گیاه، به کاهش رشد رویشی شاخساره‌ها منجر می‌شود. تیمار پاکلوبوترازول در سیب، کاهش مقدار جیبرلین تراوش‌شده از بذر میوه را در پی دارد و با این سازوکار موجب کاهش رشد رویشی می‌شود. همچنین کاهش طول رشد ساقه‌ها در پی کاربرد پاکلوبوترازول ناشی از کاهش طول سلول‌هاست. در کل، یافته‌های این بررسی با نتایج آزمایش‌ها بر روی درختان میوهٔ لیموی ولکامرینو [۲۱]، لیموی مکزیکی [۱۶]، پرتقال [۲۷]، هلو [۲]، سیب [۹] و انبه [۲۰] هم‌راستا بود و کاربرد پاکلوبوترازول به کاهش چشمگیری در رشد رویشی شاخساره‌ها منجر شد.




**شکل ۱. تأثیر تیمارهای خاکی پاکلوبوترازول بر طول رشد شاخساره‌ها قبل از شروع گلدهی**

ستون‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.

(در تمام شکل‌ها نماد T روی ستون‌ها بیانگر انحراف معیار است. حرف C بیانگر تیمار صفر و $D_1$ و $D_2$ به‌ترتیب بیانگر غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۵ گرم مادهٔ مؤثره به‌ازای هر گلدان است).

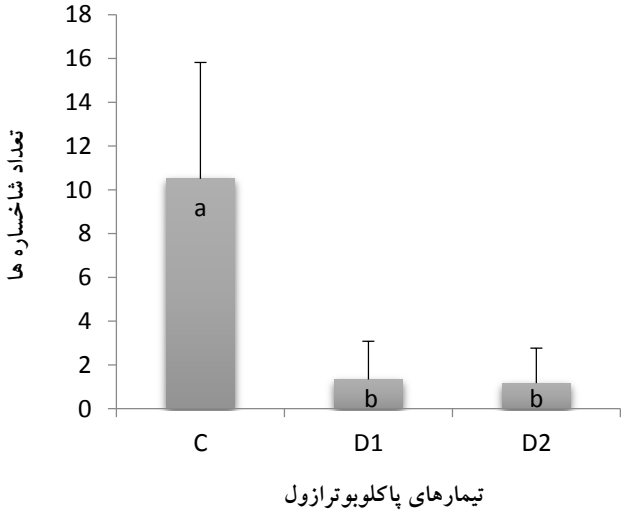



**شکل ۲. تأثیر تیمارهای خاکی پاکلوبوترازول بر طول رشد شاخساره‌ها بعد از گلدهی**

ستون‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.

### ۳. ۱. ۲. تعداد شاخساره‌های جدید

در همهٔ تیمارها، اثر پاکلوبوترازول بر تعداد شاخساره‌ها، قبل از دورهٔ گلدهی معنادار نبود و کاهشی در تعداد مشاهده نشد؛ اما با گذشت زمان و پس از دورهٔ گلدهی در سطح احتمال ۰/۰۱ درصد معنادار شد (شکل ۳). به‌عبارت دیگر، همهٔ تیمارهای پاکلوبوترازول به کاهش تعداد شاخساره‌های سال جاری انجامید. شاخساره‌ای پاکلوبوترازول با کاربرد خاکی و محلول‌پاشی، کاهش چشمگیری در تعداد شاخساره‌های رویشی سیب رخ می‌دهد [۷]. همچنین در مورد برخی از مرکبات، کاربرد مادهٔ مذکور به فرم استفاده در خاک یا محلول‌پاشی به کاهش تولید شاخساره‌های رویشی منجر می‌شود [۸] که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.




**شکل ۳. تأثیر تیمارهای خاکی پاکلوبوترازول بر تعداد شاخساره‌ها بعد از گلدهی**

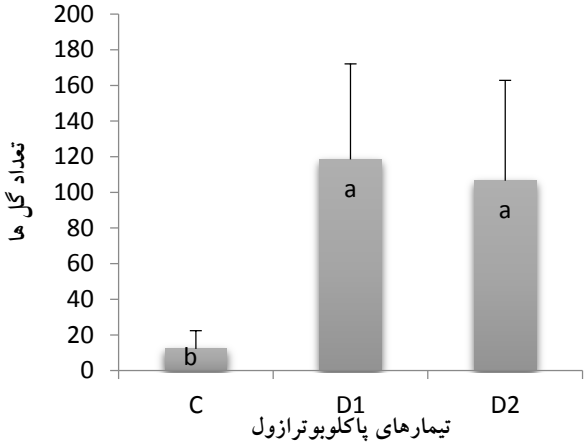
ستون‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.

### ۳. ۱. ۳. زمان گلدهی

در همهٔ درختان تیمارشده با پاکلوبوترازول، گلدهی زودتر از درختان شاهد رخ داد، به‌طوری که همهٔ درختان تیمارشده با پاکلوبوترازول حدود ۱۲ روز زودتر از درختان شاهد به گل رفتند. این احتمال وجود دارد که ازآنجا که پاکلوبوترازول، بازدارنده و مهارکنندهٔ جیبرلین است، به‌دلیل کاهش اثر بازدارندگی جیبرلین بر گلدهی و افزایش تمایزیابی جوانه‌های زایشی به این نتیجه منجر شده است [۱۷ ، ۳]. نتایج این تحقیق با مطالعات در مورد لیمو [۲۲]، هلو [۲] و انبه [۲۰] مطابقت دارد.

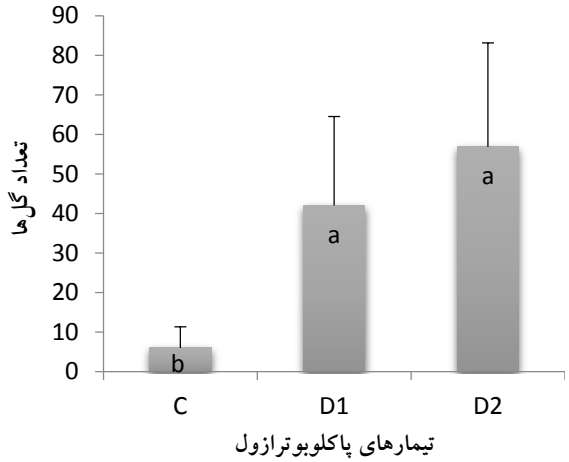
### ۳. ۱. ۴. تعداد گل‌ها در جست اول و دوم

همهٔ تیمارهای پاکلوبوترازول بر تعداد گل‌های جست اول در سطح احتمال ۱ درصد به‌طور معنادار تأثیر گذاشت و به افزایش گلدهی انجامید (شکل ۴). همچنین تأثیر همهٔ تیمارها بر میزان گلدهی جست دوم نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (شکل ۵). با مقایسهٔ میانگین تعداد گل‌ها در همهٔ درختان تیمارشده ملاحظه شد که تفاوت معناداری بین غلظت‌های کاربردی وجود ندارد.




**شکل ۴. تأثیر تیمارهای خاکی پاکلوبوترازول بر تعداد گل‌های جست اول**

ستون‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.




**شکل ۵. تأثیر تیمارهای خاکی پاکلوبوترازول بر تعداد گل‌های جست دوم**

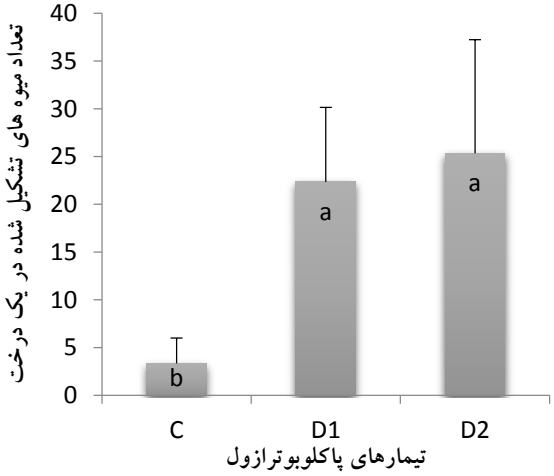
ستون‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند

بیشترین میزان گل‌ها مربوط به تیمارهای پاکلوبوترازول و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد بود. پاکلوبوترازول از طریق کاهش اثر بازدارندگی جیبرلین بر گلدهی، تمایزیابی جوانه‌های زایشی را افزایش می‌دهد و به افزایش گلدهی منجر می‌شود [۱]. نتایج در مورد لیمو دربارهٔ میزان گل‌های جست دوم نیز هم‌راستا با یافته‌های تحقیق حاضر است [۲۵]. در لیموی مکزیکی، در پی کاربرد خاکی پاکلوبوترازول، افزایش معناداری در میزان گلدهی رخ داد [۱۶]. پاکلوبوترازول موجب افزایش معنادار تعداد گل‌آذین‌های پرتقال شاموتی شد. همچنین در پی تیمار بهارهٔ لیمو با ترکیب مذکور، میزان گل‌ها به نُه برابر تعداد گل‌های درختان شاهد افزایش یافت [۸]. نتایج به‌دست‌آمده

از هلو [۲]، سیب [۲۴] و انبه [۲۰] با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. یکی از دلایل محتمل افزایش تعداد گل‌ها در کامکوات تغییر جایگاه‌های گلدهی بود. با بررسی‌ها روی گیاهان مشاهده شد که در همهٔ درختان تیمارشده با پاکلوبوترازول علاوه‌بر مکان‌های ذکرشده، گل‌ها به‌طور انفرادی در قسمت‌های قاعده‌ای شاخساره‌های یکساله و دوساله نیز شکل گرفته است که می‌تواند بیانگر این باشد که پاکلوبوترازول به تحریک فرایند گل‌انگیزی در بخش‌های پیش‌ساخته درخت منجر شده است. به‌طور معمول، گل‌های کامکوات‌ها روی شاخساره‌های سال جاری به‌طور انفرادی یا دسته‌ای (۴ – ۲ عدد) در محور برگ‌ها ظاهر می‌شوند [۱۱]. احتمال می‌رود که پاکلوبوترازول با افزایش سطوح هیدروکربن‌ها در بخش هوایی و سیستم ریشه‌ای به بهبود نمو زایشی منجر می‌شود [۱۵]. همچنین ملاحظه شد که گل‌های درختان تیمارشده از لحاظ مورفولوژیکی کاملاً نرمال‌اند و تفاوتی با گل‌های درختان شاهد ندارند.

### ۳. ۱. ۵. میزان میوه‌بندی

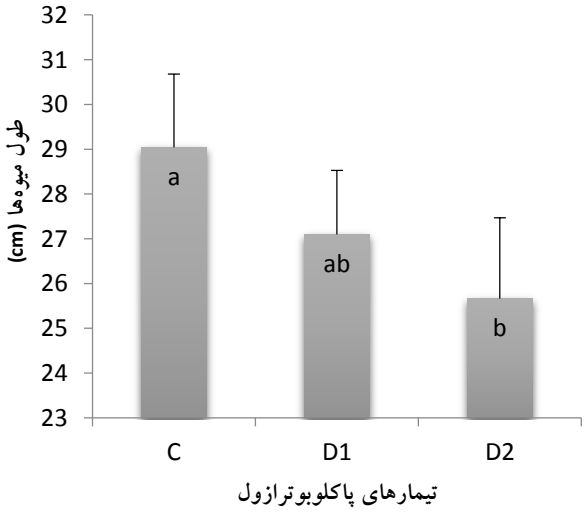
با بررسی نتایج ملاحظه شد که در همهٔ تیمارها، تأثیر پاکلوبوترازول بر میزان میوه‌بندی، در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود و افزایش چشمگیری (در حدود پنج برابر) در میوه‌بندی رخ داد (شکل ۶). با افزایش سطوح غلظت افزایش جزئی در میزان میوه‌بندی دیده شد که این افزایش در مقدار نیز از لحاظ آماری معنادار نیست. در کل، تیمارهای پاکلوبوترازول در مقایسه با تیمار شاهد، سبب افزایش معنادار میزان میوه‌بندی شد. بیشترین میزان میوه‌بندی در تیمارهای پاکلوبوترازول و کمترین آن در تیمار صفر رخ داد. پاکلوبوترازول با افزایش سطوح هیدروکربن‌ها در بخش هوایی و سیستم ریشه‌ای، سبب بهبود نمو زایشی و کاهش ریزش میوه در پی تغذیهٔ بهتر ریشه‌ها شد [۱۵]. محلول‌پاشی درختان لیموی لیسبون در غلظت‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، به‌طور معناداری سبب افزایش میزان میوه‌بندی درختان شد [۲۲] که مشابه نتایج این تحقیق است. در پرتقال میزان میوه‌بندی در درختان تیمارشده، ۶۴/۴ درصد بالاتر از درختان شاهد بود [۲۷] که با نتایج این بررسی مطابقت دارد. یافته‌ها در مورد آلو [۲۳] و سیب [۹] نیز با یافته‌های این بررسی هم‌راستاست.




**شکل ۶. تأثیر تیمارهای خاکی پاکلوبوترازول بر میزان میوه‌بندی**
**ستون‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.**

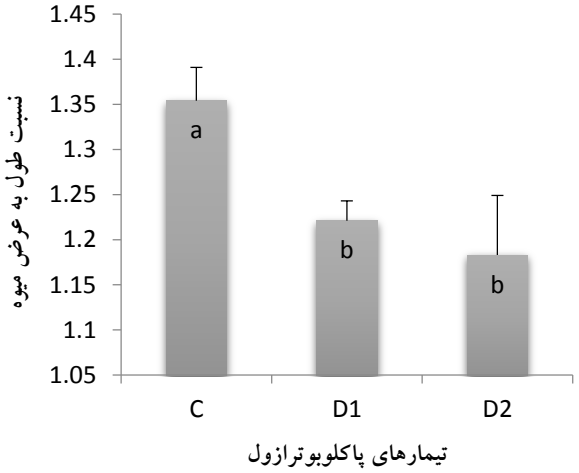
### ۳. ۱. ۶. طول و عرض و شکل میوه (نسبت عرض/طول)

همهٔ تیمارهای پاکلوبوترازول بر طول میوه مؤثر بودند و سبب کاهش آن در سطح احتمال ۱ درصد شدند، درحالی که تأثیر همهٔ تیمارها بر قطر میوه بی‌معنا بود و تغییری ملاحظه نشد (شکل ۷). با مقایسهٔ میانگین نسبت طول میوه، ارتباط معکوسی بین سطوح غلظت‌های کاربردی و طول میوه در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد، به‌طوری که با افزایش غلظت، طول میوه کاهش یافت؛ کشیده‌ترین میوه‌ها مربوط به تیمار شاهد و کوتاه‌ترین میوه‌ها مربوط به تیمارهای پاکلوبوترازول و طویل‌ترین آنها مربوط به تیمار شاهد بود. نسبت طول به عرض میوه در محدودهٔ ۱/۱۸ و ۱/۲۲ و در تیمار صفر برابر با ۱/۳۷ بود (شکل ۸). این نسبت هرچه به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، بیانگر گردتر بودن میوه است. هرچه این نسبت بزرگ‌تر باشد، میوه کشیده‌تر خواهد بود. تیمارهای پاکلوبوترازول در هر دو گروه موجب کروی‌تر شدن میوه در مقایسه با تیمار شاهد شد، اما تفاوت معناداری بین سطوح غلظت‌های کاربردی وجود نداشت و کشیده‌ترین میوه‌ها مربوط به تیمار شاهد و کروی‌ترین میوه‌ها مربوط به درختان تیمارشده بود. در کیوی کاربرد پاکلوبوترازول سبب کاهش طول میوه و نیز کاهش نسبت طول به بیشترین قطر میوه می‌شود، به‌طوری که میوه‌های به‌دست‌آمده کروی‌تر از میوه‌های شاهد است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد [۴]. در سیب تیمار خاکی یا شاخساره‌ای کولتار (فرم تجارتی پاکلوبوترازول) در فصل بهار، به کاهش طول میوه و مسطح‌تر شدن آن منجر می‌شود [۷].




**شکل ۷. تأثیر تیمارهای خاکی پاکلوبوترازول بر طول میوه**

ستون‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.




**شکل ۸. تأثیر تیمارهای خاکی پاکلوبوترازول بر نسبت عرض/طول میوه**

ستون‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.

### ۳. ۱. ۷. اندازهٔ میوه (حجم میوه)

پاکلوبوترازول تأثیری بر حجم میوه‌های کامکوات نداشت و تفاوت معناداری بین گیاهان تیمارشده و شاهد دیده نشد. گزارش‌های متعددی دربارهٔ تأثیر نامطلوب پاکلوبوترازول بر اندازهٔ میوهٔ مرکبات و سایر درختان میوه در دست است. به‌عنوان مثال، در تانجلو مینولا محلول‌پاشی شاخساره‌ای پاکلوبوترازول در غلظت‌های ۱۲۵۰-۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر، سبب کاهش ۳۳-۱۶ درصدی اندازهٔ میوه‌ها شد [۱۸]. با وجود نتایج مذکور، گزارش‌هایی نیز مبنی بر بی‌تأثیر بودن پاکلوبوترازول بر اندازهٔ میوه‌ها در دست است که منطبق بر نتایج این بررسی است. به‌عنوان مثال، در نارنگی به‌دنبال محلول‌پاشی شاخساره‌ای پاکلوبوترازول در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، تغییر معناداری در اندازهٔ میوه‌ها رخ نداد [۱۲]. همچنین نتایج تجزیهٔ واریانس نشان می‌دهد که تیمار پاکلوبوترازول بر وزن تر میوه مؤثر نبود و تفاوت معناداری بین درختان تیمارشده و شاهد وجود نداشت. گزارش‌های زیادی دربارهٔ تأثیر پاکلوبوترازول بر وزن تر مرکبات در دست است. در نارنگی محلول‌پاشی شاخساره‌ای پاکلوبوترازول در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به افزایش معنادار وزن تر میوه‌ها منجر شد، درحالی که در کیوی کاربرد پاکلوبوترازول به فرم خاکی و محلول‌پاشی سبب کاهش وزن تر میوه‌ها شد [۴]. در همین راستا، نتایج تجزیهٔ واریانس نشان می‌دهد که تیمار پاکلوبوترازول بر وزن خشک کامکوات نیز بی‌تأثیر بود و تفاوت معناداری بین درختان تیمارشده و شاهد وجود نداشت. نتایج متعددی در مورد تأثیر پاکلوبوترازول بر وزن خشک درختان میوه موجود است. در پرتقال نک به‌دنبال محلول‌پاشی درختان با ترکیب مذکور افزایش معناداری در وزن خشک میوه‌ها ملاحظه شد، به‌طوری‌که بالاترین میزان وزن خشک در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر رخ داد [۱۲].

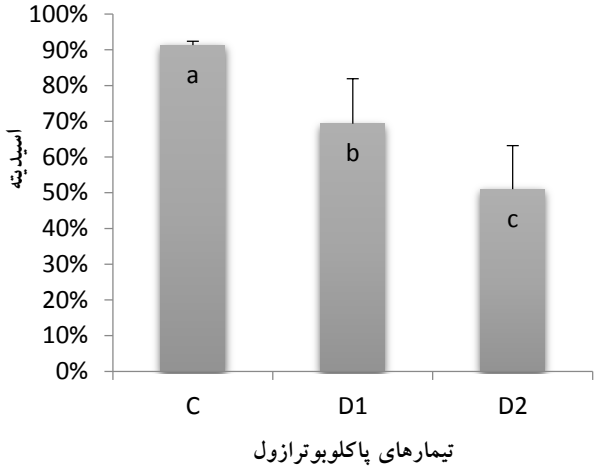
### ۳. ۲. تأثیر پاکلوبوترازول روی صفات کیفی

#### ۳. ۲. ۱. مواد جامد محلول (TSS)

براساس نتایج به‌دست‌آمده ملاحظه شد که تأثیر تیمارهای پاکلوبوترازول بر مواد جامد محلول معنادار نبود و تفاوتی میان مواد جامد محلول درختان شاهد و تیمارشده وجود نداشت. در درختان میوهٔ مختلف نتایج متفاوتی از تأثیر پاکلوبوترازول بر درصد مواد جامد محلول میوه در دست است. همچنین با افزایش سطوح غلظت کاربردی پاکلوبوترازول در سیب، کاهش معناداری در مقادیر مواد جامد محلول میوه رخ داد [۹]، درحالی که در انبه [۱۹] تیمار شاخساره‌ای ترکیب مذکور موجب افزایش درصد مواد جامد محلول میوه شد. با وجود این، در نارنگی، محلول‌پاشی شاخساره‌ای پاکلوبوترازول تأثیری بر مقادیر مواد جامد محلول میوه نداشت که با تحقیق حاضر مطابقت دارد.

#### ۳. ۲. ۲. اسیدیته

تأثیر همهٔ تیمارهای پاکلوبوترازول بر مقادیر اسیدیته میوه‌ها معنادار است، به‌طوری که استفاده از پاکلوبوترازول، به کاهش اسیدیتهٔ میوه‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ انجامید (شکل ۹). با مقایسهٔ میانگین مقادیر اسیدیتهٔ میوهٔ تیمارهای خاکی، مشخص شد که اختلاف معناداری بین غلظت‌های کاربردی وجود دارد، به‌طوری که با افزایش سطوح غلظت، روند کاهشی در میزان اسیدیتهٔ میوه‌ها دیده شد و در مقایسه با تیمار شاهد، غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۵ گرم مادهٔ مؤثرهٔ پاکلوبوترازول، موجب کاهش ۴۴ – ۲۴ درصدی اسیدیتهٔ میوه‌ها شد. در سیب [۵] و انبه [۱۹] تیمار خاکی با ترکیب مذکور، سبب کاهش معنادار اسیدهای آلی میوه شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.




**شکل ۹. تأثیر تیمارهای خاکی پاکلوبوترازول بر میزان اسیدیتهٔ میوه**

ستون‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که می‌توان از پاکلوبوترازول به‌عنوان تیماری مؤثر در افزایش گل و میوه‌بندی در کامکوات ناگامی در شرایط گلخانه استفاده کرد. کاربرد این ترکیب به گلدهی زیادتر روی جست‌های سال جاری و همچنین گلدهی روی رشدهای سال قبل منجر شد. تولید میوه در کامکوات متعاقب تیمار با این تنظیم‌کنندهٔ رشد، افزایش چشمگیری داشت، به‌طوری که تعداد میوه‌های تولیدشده در مواردی بیش از پنج برابر شد. میوهٔ تولیدی از لحاظ بسیاری از خصوصیات شبیه به میوهٔ معمولی

کامکوات بود و اگرچه اندکی شکل میوه تغییر یافت، حجم میوه دستخوش تغییر نشد. در کل نظر به جمیع نتـایج ایـن تحقیق به‌نظر می‌رسد که پاکلوبوترازول تیمـاری مناسـب و آسان برای افزایش محصول کامکوات ناگامی است.

## منابع


1. Abbott CE (1935) Blossom-bud differentiation in citrus trees. American Journal of Botany. 22: 476-485.
2. Arzani K, Bahadori F and Piri S (2009) Paclobutrazol reduces vegetative growth and enhances flowering and fruiting of mature 'JH Hale' and 'Red Skin' peach trees. Horticulture, Environment, and Biotechnology. 50: 84-93.
3. Bangerth KF (2009) Floral induction in mature, perennial angiosperm fruit trees: similarities and discrepancies with annual/biennial plants and the involvement of plant hormones. Scientia Horticulturae. 122: 153-163.
4. Burge GK, Spence CB and Broadbent ND (1990) Effects of gibberellic acid and paclobutrazol on fruit size, shape, locule number and pedicel length of kiwifruit. Scientia Horticulturae. 42: 243-249.
5. Curry EA and Williams MW (1985) Effect of paclobutrazol on fruit quality: apple, pear and cherry. Acta Horticuturae. 179: 743-754.
6. Davenport TL (1990) Citrus flowering. Horticultural Reviews. 12: 349-408.
7. Elfving DC and Proctor JTA (1985) Long-term effects of paclobutrazol (Cultar) on apple-tree shoot growth, cropping and fruit-leaf relations.
8. Greenberg J, Goldschmidt EE and Goren R (1992) Potential and limitations of the use of paclobutrazol in citrus orchard. Acta Horticulturae. 179: 473-480.
9. Greene DW (1991) Reduced rates and multiple sprays of Paclobutrazol control growth and improve fruit quality of 'Delicious' Apples. Journal of the American Society for Horticultural Science. 116: 807-812.
10. Jacyna T and Dodds KG (1995) Some effects of soil-applied paclobutrazol on performance of 'Sundrop'apricot (*Prunus armeniaca* L.) trees and on residue in the soil. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 23: 323-329.
11. Ladanyia M and Ladaniya M (2010) Citrus fruit: biology, technology and evaluation.: Academic press.
12. Lim M and Nualsri C (1992) Effect of paclobutrazol on fruit setting and fruit quality of Neck orange (*Citrus reticulata* Blanco). Thai Agricultural Research. 10: 68-72.
13. Lord EM and Eckard KJ (1987) Shoot development in *Citrus sinensis* L. (Washington navel orange). II. Alteration of developmental fate of flowering shoots after GA3 treatment. Botanical Gazette. 148: 17-22.
14. Mauk CS, Bausher MG and Yelenosky G (1986) Influence of growth regulator treatments on dry matter production, fruit abscission, and14C-assimilate partitioning in citrus. Journal of Plant Growth Regulation. 5:111-120.
15. Medina-Urrutia V, Buenrostro-Nava M and Tecomdn ICE (1995) Effect of paclobutrazol on vegetative growth, flowering fruit size and yield in Mexican lime (*Citrus aurantifolia*) trees. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 108: 361-364.

16. Mehouachi J, Tadeo FR, Talon M and Primo-Millo E (1996) Effects of gibberellic acid and paclobutrazol on growth and carbohydrate accumulation in shoots and roots of citrus rootstock seedlings. Journal of Horticultural Science. 71: 747-754.

17. Meilan R (1997) Floral induction in woody angiosperms. New Forests. 14: 179-202.

18. Monselise SP (1985) Growth retardation of shoot and peel growth in citrus by paclobutrazol. Horticultural Reviews. 4: 128-176.

19. Rebolledo-Martínez A, Lid-del-Angel-Perez A and Rey-Moreno J (2008) Effects of paclobutrazol and KNO3 over flowering and fruit quality in two cultivars of mango Manila Interciencia. 33: 523-527.

20. Salomon E and Reuveni O (1994) Effect of paclobutrazol treatment on the growth and first flowering of intact and autografted seedlings of mango. Scientia Horticulturae. (60): 81-87.

21. Siqueira DL, Cecon PR and Salomão LCC (2008) Growth of 'Volkameriano' lemon tree treated with paclobutrazol and giberellic acid. Revista Brasileira de Fruticultura. 30: 764-768.

22. Smeirat N and Qrunfleh M (1988) Effect of paclobutrazol on vegetative and reproductive growth of 'Lisbon' lemon. Acta Horticulturae. 239: 261-264.

23. Stan S, Burloi N, Popescu I, Fenesanu N and Cotorobai M (1988) Performance of paclobutrazol (Cultar) in controlling vegetative growth and cropping of stone fruits. Acta Horticulturae. 239: 221-228.

24. Steffens GL, Lin JT, Stafford AE, Metzger JD and Hazebroek J (1992) Gibberellin content of immature apple seeds from paclobutrazol-treated trees over three seasons. Journal of Plant Growth Regulation. 11: 165-170.

25. Tripathi KM and Dhakal DD (2005) Effect of Paclobutrazol on Off-Season Flower Induction in Acid Lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) Landraces under Chitwan Condition. Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science. 26: 87-92.

26. Valiente JI and Albrigo LG (2004) Flower bud induction of sweet orange trees (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck): effect of low temperatures, crop load, and bud age. Journal of the American Society for Horticultural Science. 129: 158-164.

27. XiaoFang F and WenHui C (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.