

## تأثیر ۱-متیل‌سیکلوپروپان و کلرید کبالت روی برخی شاخص‌های رویشی و زایشی خیار ژینوسیوس

### The Effect of 1-methylcyclopropene and Cobalt Chloride on Some Vegetative and Reproductive Characteristics of Gynoecious Cucumber

محمد رضا باقری<sup>۱</sup>، زیبا قسیم‌حق<sup>۲\*</sup> و حسن خوش‌قلب<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۶  
(مقاله پژوهشی)

#### چکیده

خیارهای گلخانه‌ای، تمام ماده‌گل هستند ولی در مرحله دوجنسیتی جوانه گل، جنسیت گل‌ها قابل تغییر هستند پس برای اجرای برنامه‌های اصلاحی و تولید بذر نیاز به ایجاد گل‌های نر در ماده‌گل‌ها است. در این پژوهش، پاسخ اولیه تغییر جنسیت گل‌ها به تیمار ۱-متیل‌سیکلوپروپان (1-MCP) و کلرید کبالت در خیار ژینوسیوس گلخانه‌ای مطالعه شد. تیمار دانهای خیار در مرحله دو برگ حقیقی با استفاده از محلول پاشی کلرید کبالت (۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر) و گاز 1-MCP (۱ و ۲ میکرولیتر در لیتر به مدت ۲۴ ساعت) نشان داد که 1-MCP ارتفاع گیاه، تعداد برگ، طول و عرض برگ و قطر دم‌برگ را نسبت به شاهد کاهش داد. غلظت‌های مختلف 1-MCP بر تعداد کبالت قطر ساقه، تعداد برگ، قطر دم‌برگ و تعداد گل‌های ماده را نسبت به شاهد کاهش داد. غلظت‌های مختلف 1-MCP بر تعداد گل‌های ماده تأثیری نداشت. نتایج نشان داد که غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر کلرید کبالت و تیمار 1-MCP در برخی بوته‌ها ۱ تا ۲ عدد گل نر در اولین و دومین گره ایجاد کردند. آزمایش جوانه‌زنی دانه‌گرده نشان داد گل‌های نر ایجاد شده نرمال بودند و نمو پرچم‌ها کامل بود. در کل، چون مکانیسم بازدارندگی 1-MCP مشابه یون نقره در مسیر بیوسنتز اتیلن است، مطالعه مولکولی تیمار 1-MCP در لاین‌های ژینوسیوس و مونوسیوس توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: خیار گلخانه‌ای، دانه‌ی گرده، گل نر، تغییر جنسیت گل

۱ و ۲. به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد و استادیار، گروه علوم باغبانی و گیاهپزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

\* نویسنده مسئول Email: zghasimi@shahrood.ac.ir

مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده اول به راهنمایی خانم زیبا قسیم‌حق می‌باشد.

مقدمه

خیار (*Cucumis sativus* L.) از خانواده کدوئیان (*Cucurbitaceae*)، به عنوان یک سبزی مهم سالادی و تازه خوری از دیرباز در سراسر جهان در مزرعه کشت می شود. علاوه بر تولید در مزرعه، با گسترش روزافزون تولید محصول در سیستم های کنترل اقلیم، خیار جایگاه نخست تولیدات گلخانه ای را به خود اختصاص داده است (پاولکوییز<sup>۱</sup> و همکاران، 2019). از طرف دیگر، برای بررسی جنسیت گل در گیاهان، از گیاه خیار به عنوان گیاه مدل استفاده می شود. گل ها در خیار از نظر جنسیت به سه نوع اصلی تقسیم بندی می شود: پرچم دار (نر)، مادگی دار (ماده)، و هرمافرودیت (هر دو اندام نر و ماده) (پاولکوییز و همکاران، 2016؛ پاولکوییز و همکاران، 2019). چهار فنوتیپ جنسی در خیارها شامل: ژینوسیوس<sup>۲</sup> (فقط تولید گل ماده)، تک پایه (تولید گل های ماده و نر)، آندرومونوسیوس<sup>۳</sup> (تولید گل های نر و گل های دوجنسی) و هرمافرودیت (تولیدکننده گل های دوجنسی) مشاهده می شود (مالپسزی و نیمیروویزسیت<sup>۴</sup>، 1991؛ یاماساکی<sup>۵</sup> و همکاران، 2003). مطالعه میکروسکوپی مراحل تشکیل گل نشان داد که اولین مریستم گل در چهارمین گره ساقه، ده روز بعد از کاشت تشکیل می شود. گل بعد از ۲۲ روز به شکوفایی می رسد. هفت روز بعد از تشکیل گل، طول جوانه گل به یک میلی متر می رسد و اولین تفاوت مورفولوژیکی بین جوانه های نر و ماده دیده می شود (گافینت<sup>۶</sup>، 1990). جنسیت گل در تیره کوکوربیتاسه و به ویژه گیاه خیار در اثر تغییر عوامل محیطی و هورمونی تحت تأثیر قرار می گیرد (مالپسزی و نیمیروویزسیت، 1991؛ گرومت<sup>۷</sup> و همکاران، 2017؛ پاولکوییز و همکاران، 2016؛ پاولکوییز و همکاران، 2019). مطالعات نشان داده است که از مهم ترین عوامل هورمونی مؤثر بر تظاهر جنسیت گیاه خیار می توان به دو هورمون جیبرلین (GA) و اتیلن اشاره کرد. ویتور و بوکواک<sup>۸</sup> (1958) اولین کسانی بودند که به تأثیر جیبرلین در تغییر جنسیت گیاه خیار پی بردند و نشان دادند که جیبرلین باعث افزایش گل های نر در گیاه خیار می شود در حالی که تیمار اتیلن سبب افزایش تعداد گل های ماده می شود (ایوری<sup>۹</sup> و همکاران، 1970). هرچند میزان اثر هورمون ها بر تعیین جنسیت به عواملی مثل ژنوتیپ، مرحله توسعه گل، زمان کاربرد و مقدار آن

بستگی دارد (پاولکوییز و همکاران، 2016؛ پاولکوییز و همکاران، 2019). کاربرد اتیلن و ترکیبات رهاکننده اتیلن در خانواده کدوییان نشان داده است که این مواد سبب افزایش نسبت گل ماده به گل نر می شوند (وانگ<sup>۱۰</sup>، 2016؛ چن<sup>۱۱</sup>، 2016). اثر اتیلن در تحریک تولید و نمو گل های ماده در کدوئیان زمانی که اتفون برای اولین بار به کار برده شد، مشخص گردید. بررسی محققان نشان داد که استفاده از اتفن در خیارهای مونوسیوس در مرحله نشائی، تعداد گل های نر را در گره های پایین محدود کرده و تعداد گل های ماده را افزایش می دهد (کورزنیهوسکا<sup>۱۲</sup> و همکاران، 2000). کاربرد براسینواستروئید در خیارهای مونوسیوس باعث افزایش تعداد گل های ماده (در ۲ گره اول) شده و همچنین تعداد گره های ماده را افزایش داد. مکانیسم عمل براسینواستروئیدها در افزایش گل ماده به دلیل افزایش تولید اتیلن است (اکاترینا<sup>۱۳</sup> و همکاران، 2005).

تیمار خیارهای مونوسیوس و ژینوسیوس با غلظت های مختلف نیترات نقره و جیبرلین نشان داده است که در این گیاهان گل های نر تشکیل شده و زیوایی دانه های گرده مناسب بوده است ولی گل های نر حاصل از تیمار با نیترات نقره، از لحاظ مورفولوژیکی نرمال تر و توانایی تولید دانه گرده زنده بیش تری نسبت به تیمار جیبرلین داشتند (دن نیجس و ویزر<sup>۱۴</sup>، 1980).

بررسی بیر<sup>۱۵</sup> (1976) نشان داد که یون نقره با دارنده عمل اتیلن بوده و تأثیر آن با بازدارندگی متابولیسم اتیلن همبستگی دارد. بنابراین یون های نقره با اتصال به گیرنده های اتیلن از درک اتیلن توسط گیرنده ممانعت کرده و میزان اتیلن داخلی را کاهش داده و تولید گل نر را افزایش می دهند (شکل ۱). همچنین مطالعه های صورت گرفته با موادی از قبیل آمینو اتوکسی وینیل گلایسین و آمینو اوکسی استیک اسید نشان داده است که مانند نیترات نقره سبب تشکیل گل نر در خیار می شود. این مواد به عنوان مهارکننده سنتز اتیلن عمل کرده و با مهار ACC سنتز باعث تشکیل گل های نر در خیار می شود (یاماساکی و همکاران، 2003؛ یاماساکی و مناب<sup>۱۶</sup>، 2011) (شکل ۱). کبالت عنصر دیگری است که استفاده از آن به طور قابل توجهی از بیوسنتز اتیلن در گیاهان جلوگیری می کند (شکل ۱) طوری که مطالعه موهنرام و ست<sup>۱۷</sup> (1980) با استفاده

10. Wang  
11. Chen  
12. Korzeniewska  
13. Ekaterina  
14. Den Nijs and Visser  
15. Beyer  
16. Yamasaki and Manabe  
17. Mohan Ram and Sett

1. Pawelkowicz  
2. Gynoecious  
3. Androecious  
4. Malepszy and NiemirowiczSzczzyt  
5. Yamasaki  
6. Goffinet  
7. Grumet  
8. Wittwer and Bukovac  
9. Iwahori

در ابتدا کود دامی پوسیده، خاک باغچه و ماسه به نسبت ۱:۱:۱ مخلوط گردید و با استفاده از بخار آب استریل شد. در ادامه، ترکیب خاکی به گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۳۰ سانتی‌متر منتقل گردید. گلدان‌ها به فاصله ۴۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار گرفتند. بعد از رسیدن گیاهان به مرحله دو برگ حقیقی، گیاهان با کلرید کبالت با غلظت‌های ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر محلول‌پاشی شدند. برای اعمال تیمار 1-MCP در مرحله دو برگ حقیقی، گیاهان در داخل باکس شیشه‌ای (۸۰×۶۰×۴۰ سانتی‌متر) قرار داده شدند و تیمار 1-MCP به صورت گازی با غلظت ۱ و ۲ میکرولیتر در لیتر به مدت ۲۴ ساعت اعمال شد. ۹ گیاه تیمار نشده به عنوان گیاهان شاهد در نظر گرفته شد. گلدان‌ها در گلخانه پژوهشی با دمای روز/ شب به ترتیب ۲۳/۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد نگهداری شدند. آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و سه گیاه در هر تکرار اجرا شد.

#### اندازه‌گیری صفات رویشی

گیاهان خیار هرس تک ساقه شدند و تمام صفات در ساقه اصلی مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی صفت ارتفاع گیاه خیار، ۲۰ روز بعد از انتقال به گلدان، ارتفاع گیاه با استفاده از متر در مقیاس سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برای بررسی صفت تعداد برگ در گیاهان مورد مطالعه، تعداد برگ‌ها در کل ساقه شمرده و ثبت گردید. بررسی صفت قطر ساقه، طول برگ، قطر دم برگ و عرض برگ گیاه خیار از کولیس دیجیتال استفاده شد.

#### اندازه‌گیری صفات زایشی

تعداد گل‌های نر و ماده در هر تیمار و تکرار، از شروع گل‌دهی بوته تا انتهای دوره در ۱۲ گره اول به‌طور روزانه مورد شمارش قرار گرفت. برای تعیین زیوایی دانه گرده، از محیط‌کشت حاوی ساکارز ۱۵ درصد به همراه  $H_3BO_3$  ۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر و  $Ca(NO_3)_2$  ۱ میلی‌مولار، با  $pH=7$  استفاده گردید. برای کشت دانه‌های گرده، گل‌های نر هر تیمار از بوته جدا شد و دانه‌های گرده کشت گردیدند. پتری‌دیش‌ها درون انکوباتور به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس گرده‌های جوانه‌زده توسط میکروسکوپ نوری با درشت‌نمایی ۴۰۰ مورد شمارش قرار گرفت.

از کلرید کبالت در یک رقم ژینوسیوس کرچک (*Ricinus communis*) سبب القای گل‌های نر گردید. هرچند در خیارهای ارقام مونوسیوس و ژینوسیوس استفاده از غلظت سه میلی‌مولار کلرید کبالت به‌تنهایی سبب القای گل نر نگردید ولی در ترکیب با نیترات نقره تعداد گل‌های نر را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (امیریان<sup>۱</sup>، ۲۰۱۹).

ماده‌ی 1-MCP یک ماده غیرسمی است که بررسی‌های انجام شده توسط محققان اثرات آنتاگونیستی 1-MCP بر اتیلن را به اثبات رسانده است طوری که این ماده با به تأخیر انداختن عملکرد اتیلن و بیوسنتز آن می‌تواند دوره انبارمانی میوه‌ها را در دوره پس از برداشت بهبود بخشد (کونا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۱؛ آمورنپتی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۶) (شکل ۱). در مطالعه‌ای که توسط سورادیناتا و هامدانی<sup>۴</sup> (۲۰۱۵) با هدف بررسی تأثیر 1-MCP بر عملکرد گیاه رز انجام شد، مشخص گردید که ترکیب 1-MCP به‌تنهایی باعث افزایش قطر ساقه گل رز شد. در صورتی که اثر متقابل 1-MCP و پاکلوبوترازول نشان داد که با ثابت بودن غلظت 1-MCP و افزایش غلظت پاکلوبوترازول، کاهش مقدار قطر ساقه مشاهده می‌گردد (سورادیناتا و هامدانی، ۲۰۱۵).

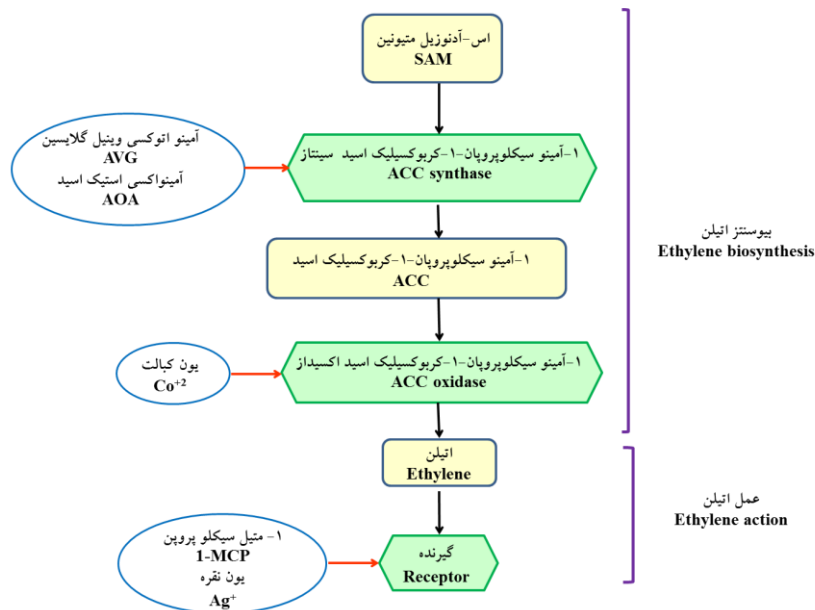
با توجه به این که گیاه خیار یک گیاه مدل برای مطالعات جنسیت گل است و از آنجایی که هنوز هم به‌طور کامل مکانیسم جنسیت گل مشخص نشده است، در این مطالعه سعی شد تا اثر 1-MCP و کلرید کبالت به دلیل داشتن خاصیت آنتاگونیسمی و ضداتیلنی در تغییر رفتار جنسیت گل‌های خیار ژینوسیوس (ماده گل) مورد بررسی قرار گیرد که در صورت ایجاد پاسخ‌های مناسب، بررسی‌های بیش‌تر در راستای مطالعات پایه و استفاده از مواد یاد شده در تولید بذر صورت بگیرد.

#### مواد و روش‌ها

##### کشت بذرها و اعمال تیمارهای آزمایشی

بذر  $F_1$  خیار ژینوسیوس (گلخانه‌ای) از شرکت دانژه از کشور ایران خریداری شد. بذرها با آب دیونیزه خیس شد و سپس در داخل کاغذهای صافی در پتری‌دیش در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور قرار داده شد. یک روز بعد از جوانه‌زنی بذرها در گلدان‌های سایز ۸ با ترکیب پیت ماس و خاک باغچه کشت شد.

1. Amirian
2. Acuna
3. Amornputti
4. Suradinata and Hamdani



شکل ۱: چرخه بیوسنتز اتیلن در گیاهان (چرخه یانگ) و نقش مواد ضد اتیلنی در این مسیر بیوسنتزی

Fig. 1: Ethylene biosynthesis cycle in plants (Yang's cycle) and the role of anti-ethylene substances in this biosynthetic pathway

است که این عنصر سبب افزایش ارتفاع بوته‌های گیاه عدس شد (ساهی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲) و از طرفی در گیاه سویا نیز مشخص گردید که استفاده از کبالت در غلظت مناسب، باعث بهبود عملکرد در میزان رشد ریشه و ساقه شد (کاندیل<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳). بررسی تأثیر متقابل اتفون و 1-MCP بر خصوصیات گیاه پنبه نشان داد که با ثابت بودن غلظت 1-MCP و افزایش غلظت اتفون، افزایش ارتفاع گیاه مشاهده گردید (چن و همکاران، ۲۰۱۴).

مقایسه میانگین قطر ساقه‌های خیارهای تیمار شده نشان داد که گیاهان شاهد دارای بیش‌ترین قطر ساقه در حدود ۶ میلی‌متر بودند و قطر ساقه در هر دو غلظت 1-MCP کاهش پیدا کرده بود و البته کاهش قطر ساقه در گیاهان تیمار شده با کلرید کبالت بیش‌تر بود (شکل ۱b). با نگاه کلی در نتایج ارتفاع ساقه مشاهده می‌شود که هر دو تیمار نسبت به شاهد افزایش ارتفاع داشتند درحالی‌که قطر ساقه در آن‌ها نسبت به شاهد کاهش نشان داده است (شکل ۱a و ۱b). در مطالعه‌ای که در گیاه رز با استفاده از 1-MCP انجام شد، برخلاف نتایج این پژوهش مشخص گردید که ترکیب 1-MCP به‌تنهایی باعث افزایش قطر ساقه گل رز شد (سورادیناتا و هامدانی، ۲۰۱۵).

نتایج بررسی تعداد برگ در بوته‌ها نشان داد که تعداد برگ با هر دو غلظت 1-MCP و کلرید کبالت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر با

## تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌ها ابتدا توسط نرم‌افزار Excel مرتب شدند و سپس نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. تجزیه آماری و محاسبات نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام پذیرفت. برای رسم نمودارها از برنامه Excel استفاده گردید.

## نتایج و بحث

### صفات رویشی

در این پژوهش، تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات رویشی گیاهان خیار گلخانه‌ای تیمار شده با کلرید کبالت و 1-MCP در راستای تغییر جنسیت گل نشان داد که تیمارها بر صفت ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد برگ، طول برگ، عرض برگ و قطر دم‌برگ در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌دار داشته است (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین ارتفاع بوته‌های خیار تیمار شده با کلرید کبالت و 1-MCP نشان داد در بین تیمارهای موردبررسی، تیمارهای 1-MCP ۱ و ۲ میکرولیتر در لیتر و نیز تیمارهای کلرید کبالت در هر سه غلظت استفاده شده بالاترین میزان ارتفاع تقریباً به طول ۱۱۵ سانتی‌متر را داشتند به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری با شاهد داشتند (شکل ۱a). هرچند کبالت جز فلزات سنگین است ولی هم‌راستا با مطالعه حاضر، استفاده از کبالت در تغذیه گیاه عدس و سویا نشان داده

1. Sahay  
2. Kandil

با توجه به نتایج شکل ۲c می‌توان مشاهده کرد که نتایج حاصل از بررسی عرض برگ در بوته‌های خیار مشابه با نتایج حاصل از بررسی طول برگ‌ها است و در این صفت نیز تیمار 1-MCP نسبت به شاهد سبب افزایش عرض برگ‌ها شده است. در حالی که کلرید کبالت تأثیری معنی‌داری نداشته است.

شاهد تفاوت معنی‌داری ندارد اما کم‌ترین تعداد برگ در غلظت‌های پایین کلرید کبالت دیده شد (شکل ۲a). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در بررسی حاضر، بیش‌ترین مقدار طول برگ در هر دو غلظت 1-MCP مشاهده شد. همچنین با توجه به آنالیزهای انجام شده، تفاوت معنی‌داری در بین غلظت‌های مختلف کلرید کبالت با شاهد مشاهده نگردید (شکل ۲b).

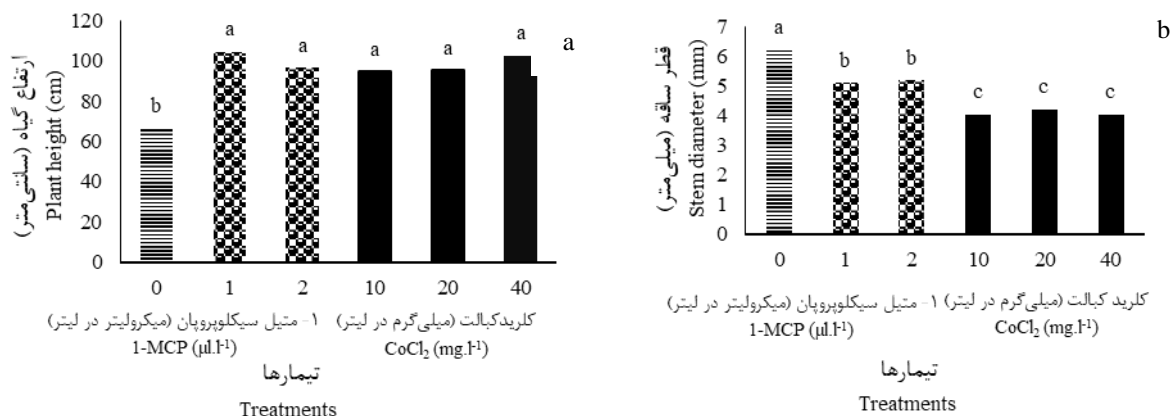
جدول ۱: تجزیه واریانس صفات رویشی گیاهان خیار گلخانه‌ای تیمار شده با 1-MCP و کلرید کبالت

Table 1: Variance analysis of vegetative traits of greenhouse cucumber plants treated with 1-MCP and cobalt chloride

میانگین مربعات MS						درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V.
قطر دم‌برگ Petiole diameter	عرض برگ Leaf width	طول برگ Leaf length	تعداد برگ Number of leaves	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع Height		تیمار Treatment
1.647**	63.86**	58.418**	5.402**	2.229**	568**	5	خطای آزمایشی Error
0.057	1.622	1.507	1.043	0.504	128.815	12	ضریب تغییرات CV
0.233	0.366	0.34	0.13	0.203	0.17	-	

\*, \*\*, و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

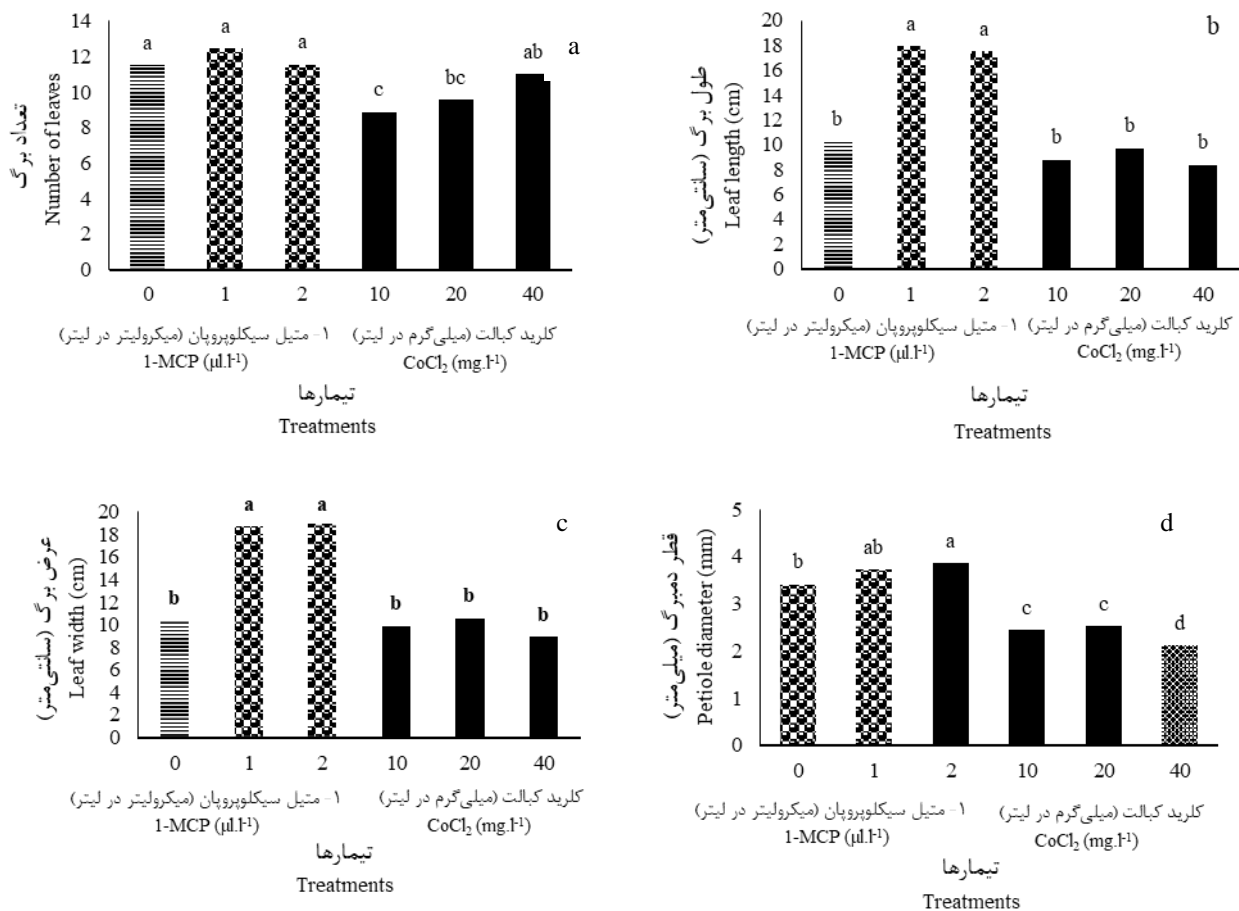
\*, \*\*, and ns: Significant at the 5% and 1% probability level and nonsignificant, respectively



شکل ۱: تأثیر تیمارهای کلرید کبالت و 1-MCP بر ارتفاع (a) و قطر ساقه (b) در بوته‌های خیار گلخانه‌ای ژینوسیوس. حروف

یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن است ( $P \leq 0.01$ )

Fig. 1: Effect of cobalt chloride and 1-MCP treatments on height (a) and stem diameter (b) of gynococious greenhouse cucumber plants. The means with similar letter (s) did not show significant differences at  $P \leq 0.05$  according to the Duncan test



شکل ۲: تأثیر تیمارهای کلرید کبالت و 1-MCP بر ویژگی‌های برگ خیار گلخانه‌ای ژینوسیوس. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن است ( $P \leq 0.01$ )

Fig. 2: The effect of cobalt chloride and 1-MCP treatments on leaf characteristics of gynoecious greenhouse cucumber. The means with similar letter (s) did not show significant differences at  $P \leq 0.01$  according to the Duncan test

صفات رویشی هم‌راستا با این تحقیق در گیاهان دیگر نیز گزارش شده است که می‌تواند ناشی از ماهیت عنصر کبالت باشد (زنگ<sup>۲</sup> و همکاران، 1994؛ سینگ<sup>۳</sup> و همکاران، 2021).

### صفات زایشی

هدف اصلی این پژوهش بررسی اثر تیمارهای 1-MCP و کلرید کبالت بر القاء تولید گل‌های نر در خیار گلخانه‌ای ژینوسیوس بود که تجزیه واریانس صفات تعداد گل ماده، گل نر و زیوایی دانه کرده نشان داد که این تیمارها بر تعداد گل ماده در سطح احتمال یک درصد ولی بر تعداد گل نر و زیوایی دانه کرده در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌دار داشته است (جدول ۲).

جالب بود که بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری قطر دم‌برگ در بوته‌های خیار نشان داد که بیش‌ترین میزان قطر دم‌برگ در تیمار 1-MCP با هر دو غلظت مشاهده شد ولی با اعمال تیمارهای کلرید کبالت، قطر دم‌برگ‌ها کاهش یافت و این کاهش با افزایش غلظت کلرید کبالت بیش‌تر بود (شکل 2d). تأثیر مثبت تیمار 1-MCP در افزایش طول ریشه‌های دانه‌ال‌های گوجه‌فرنگی به‌ویژه با اعمال پیوسته این تیمار دیده شده است. هرچند در این دانه‌ال‌ها ریشه‌ها حرکت روبه پایین خود را از دست دادند که علت آن به حذف عملکرد اتیلن مربوط می‌شود (سانتیسری<sup>۱</sup> و همکاران، 2011). در پژوهش حاضر روی گیاهان خیار نیز شاید حذف عمل اتیلن سبب بهبود صفات رویشی گردیده است. اثرات کاهشی کلرید کبالت در

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات زایشی گیاهان خیار گلخانه‌ای تیمار شده با 1-MCP و کلرید کبالت

Table 2: Variance analysis of reproductive traits of greenhouse cucumber plants treated with 1-MCP and cobalt chloride

میانگین مربعات MS			درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V.
تعداد گل ماده Number of female flowers	تعداد گل نر Number of male flowers	زیوایی دانه گرده Pollen germination		
9.103**	0.125*	0.055*	5	تیمار Treatment
1.765	0.154	0.069	12	خطای آزمایشی Error
0.151	2.9	2.83		ضریب تغییرات CV

\*, \*\*, و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

\*, \*\*, and ns: Significant at the 5% and 1% probability level and nonsignificant, respectively

گل نر در گره‌های پایین برخی بوته‌ها مشاهده شد (شکل ۴). در مراحل اولیه نمو گل خیار، پریموردیای گل دوجنسیتی بوده و شامل اشکال اولیه بساک و مادگی است و جنسیت در گل‌ها با نمو انتخابی پریموردیای پرچم یا مادگی تعیین می‌شود (بای<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). براساس یافته‌های محققان در سال ۱۹۶۰ مشخص شده است، که هر سه نوع گل خیار (نر، ماده و هرمافرودیت) از پریموردیاهای اولیه‌ی جنسی یکسان از نظر آناتومیکی حاصل می‌شوند. اندازه آن‌ها در این مرحله، حدود یک میلی‌متر بوده و بعد عبور از مرحله دوجنسیتی مورفولوژیکی (مرحله دوجنسه، BS) و بر اساس تأثیر بازدارنده‌های رشد پرچم یا مادگی، جنسیت گل تک‌جنسه مشخص می‌گردد. در صورت نمو هر دو ارگان جنسی نر و ماده، گل‌های هرمافرودیت تولید می‌شود (آتسمون و گالان<sup>۵</sup>، ۱۹۶۰).

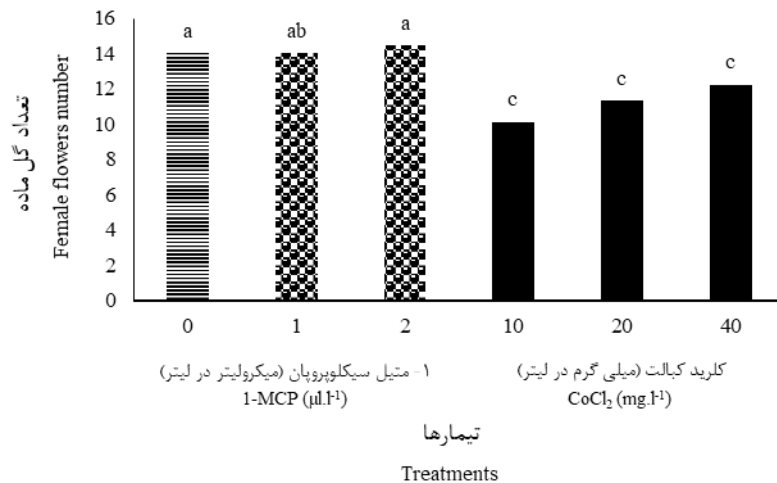
همان‌طور که انتظار می‌رفت با استفاده از 1-MCP در گیاه خیار، گل نر مشاهده شد. مشخص شده است که استفاده از 1-MCP در سیب و گوجه‌فرنگی با تأخیر در تولید اتیلن که ناشی از کاهش بیان برخی ژن‌های مسیر بیوسنتز اتیلن و ژن‌های گیرنده اتیلن بود دوره ماندگاری آن‌ها را افزایش داده است (تاسونی<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۶؛ یانگ<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به مکانیسم عمل این ماده در مسیر بیوسنتز اتیلن که همانند عنصر نقره عمل می‌کند، به‌عنوان جایگزین تیوسولفات نقره در مرحله پس از برداشت در نظر گرفته می‌شود (مایرس<sup>۸</sup> و همکاران، ۱۹۹۷؛ ریید و کلیکل<sup>۹</sup>، ۲۰۰۸).

با توجه به نتایج ثبت شده، در تمامی غلظت‌های کلرید کبالت تعداد گل‌های ماده در مقایسه با تیمار شاهد کم‌تر شد. اما تعداد گل‌های ماده از تیمار 1-MCP متأثر نشد و تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (شکل ۳). در بررسی تأثیر ترکیبات نیترات نقره و کلرید کبالت در ایجاد گل نر در گیاه خیار مشاهده گردید که این ترکیبات در مقایسه با شاهد تعداد گل ماده را کاهش می‌دهد، که با نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد (کاراکایا<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱؛ امیریان و همکاران، ۲۰۱۹). با توجه به این‌که، این ماده توانسته است تعداد گل‌های ماده را نسبت به شاهد کاهش دهد بیانگر این است که احتمالاً عنصر کبالت توانسته است با ممانعت از عمل آنزیم ۱- آمینو سیکلوپروپان ۱- کربوکسیلیک اسید اکسیداز از تبدیل ۱- آمینو سیکلوپروپان ۱- کربوکسیلیک اسید به اتیلن و میزان تولید آن توسط گیاه تأثیر گذارد (شکل ۱). در بررسی‌های انجام شده توسط محققان اثرات آنتاگونیستی 1-MCP بر اتیلن به اثبات رسیده است (هوبر<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸). همان‌طور که می‌دانیم از عملکردهای برجسته اتیلن در جنس *Cucumis* تأثیر بر ایجاد تعداد بیش‌تر گل ماده نسبت به گل نر است (چن، ۲۰۱۶؛ ونگ<sup>۳</sup>، ۲۰۱۰). در نتیجه انتظار می‌رفت که با اعمال تیمار 1-MCP، تعداد گل ماده کاهش یابد ولی برخلاف انتظار با غلظت‌های استفاده شده در طی ۲۴ ساعت این اتفاق نیافتاد.

با توجه به نتایج ثبت شده مشخص گردید که غلظت‌های استفاده شده از کلرید کبالت و 1-MCP بر تولید گل‌های نر در گیاه خیار نسبت به تیمار شاهد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). در این تحقیق مشخص شد که برخی غلظت‌های کلرید کبالت و 1-MCP توانستند تعداد بسیار کمی گل نر در برخی بوته‌ها ایجاد کنند. طوری که در این تیمارها تنها ۱ یا ۲ عدد

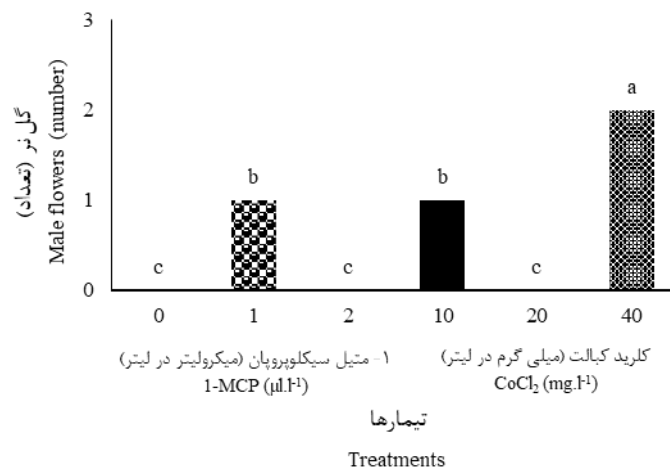
4. Bai  
5. Atsmon and Galun  
6. Tassoni  
7. Yang  
8. Mayers  
9. Reid and Celikel

1. Karakaya  
2. Huber  
3. Wang



شکل ۳: تأثیر تیمارهای کلرید کبالت و 1-MCP بر تعداد گل ماده در بوته‌های خیار گلخانه‌ای ژینوسیوس. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن است ( $P \leq 0.01$ )

Fig. 3: The effect of cobalt chloride and 1-MCP treatments on female flowers number of gynoecious greenhouse cucumber. The means with similar letter (s) did not show significant differences at  $P \leq 0.01$  according to the Duncan test



شکل ۴: تأثیر تیمارهای کلرید کبالت و 1-MCP بر تعداد گل نر در بوته‌های خیار گلخانه‌ای ژینوسیوس. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن است ( $P \leq 0.01$ )

Fig. 4: The effect of cobalt chloride and 1-MCP treatments on the number of male flowers of gynoecious greenhouse cucumber plants. The means with similar letter (s) did not show significant differences at  $p < 0.01$  according to the Duncan test

مغایر با این پژوهش، بررسی القای گل نر در گیاهان خیار مونوسیوس و ژینوسیوس با یک غلظت بالای کلرید کبالت نشان داد که با این ماده هیچ گل نری در بوته‌های خیار مشاهده نگردید (امیریان و همکاران، 2019) در حالی که، در این پژوهش در خیار ژینوسیوس مورد مطالعه و با غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر کلرید کبالت ظهور گل نر رؤیت شد. محلول پاشی نیترات نقره در خیار، باعث افزایش تولید گل‌های نر در این گیاه می‌شود و در ادامه کاهش تعداد گل‌های ماده را در پی دارد (کاراکایا و همکاران، 2011). با وجود این که عنصر کبالت در مسیر بیوسنتز اتیلن از تولید اتیلن ممانعت به عمل می‌آورد ولی بر اساس نتایج مطالعات صورت گرفته در زمینه استفاده از تأثیر یون نقره در گیاه خیار معمولاً تعداد گل نر ایجاد شده به‌ویژه با

1-MCP به‌عنوان بازدارنده رقابت‌آمیز با اتیلن دارای توانایی در اتصال برگشت‌ناپذیر به گیرنده‌های اتیلن است لذا به‌عنوان یک مهارکننده مؤثر اتیلن عمل می‌کند (سیسلر و سیریک، 1999). هر چند گل‌های نر در تیمار این ماده به تعداد اندکی تولید شدند ولی این نشان‌دهنده مؤثر بودن این ماده در تغییر جنسیت گل‌های خیار بوده است. با وجود این که بیان می‌شود اثر 1-MCP تا چند روز باقی است ولی به نظر می‌رسد که برای بررسی بهتر اثر این ماده نیاز به آزمایش‌های مقایسه‌ای و مولکولی با عنصر نقره در گیاه خیار است.



کاهش رشد رویشی و کاهش تعداد گل‌های ماده، تنها در برخی بوته‌ها گل‌نر رؤیت شد. با توجه به اثر منفی این فلز سنگین بر صفات رویشی و تاثیر کم‌تر بر تشکیل گل‌های نر، این ماده برای القای گل‌های نر در کارهای اصلاحی در گیاه خیار توصیه نمی‌شود و بهتر است در مطالعه مکانیسم تظاهر جنسیت در گل‌ها استفاده شود. از آنجایی که تیمار 1-MCP به صورت گازی و تنها در ۲۴ ساعت اعمال گردید و با این وجود گل‌های نر به همراه بهبود صفات رویشی در برخی بوته‌ها رؤیت شد. پیشنهاد می‌شود که اثرات 1-MCP با غلظت‌های دیگر و در مدت زمان‌های بیشتر با اندازه‌گیری اتیلن و بررسی‌های مولکولی و بیان ژن‌ها مورد مطالعه قرار گیرد و شاید در القای گل‌های نر در گیاهان خیار ژینوسیوس در کارهای اصلاحی با مطالعات بیشتر مورد استفاده قرار گیرد.

تیمار در زمان دو برگ حقیقی مطلوب و مناسب بوده است (امیریان و همکاران، 2019) با این وجود، نتایج کاربرد عنصر کبالت در مرحله تک برگ حقیقی توسط امیریان و همکاران (2015) و نیز نتایج این آزمایش در مرحله دو برگ حقیقی نشان داد که این عنصر نتوانست به اندازه یون نقره در ایجاد گل‌نر مؤثر باشد.

با توجه به نتایج ثبت شده مشخص گردید که دانه گرده گل‌های نر در کلرید کبالت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر ۲۵ درصد و در 1-MCP به میزان ۲۷ درصد بود. تفاوت در درصد جوانه‌زنی گل‌های القا شده در خیارهای ژینوسیوس با تیمارهای نیترا نقره و جیبرلین گزارش شده است طوری که معمولاً گل‌های القا شده با نقره درصد جوانه‌زنی بهتری داشتند (دن نیجس و ویزر، 1980).

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش، در غلظت‌های بالای کلرید کبالت به همراه

### منابع

- Acuna, M. G. V., Biasi, W. V., Mitcham, E. J. and Holcroft, D. 2011. Fruit temperature and ethylene modulate 1-MCP response in Bartlett pears. *Postharvest Biology and Technology*, 60: 17-23.
- Amirian, R., Hojati, Z. and Azadi, P. 2019. Male flower induction significantly affects androgenesis in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 95 (2): 183-191.
- Amornputti, S., Ketsa, S. and van Doorn, W. G. 2016. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) inhibits ethylene production of durian fruit which is correlated with a decrease in ACC oxidase activity in the peel. *Postharvest Biology and Technology*, 114: 69-75.
- Atsmon, D. and Galun, E. 1960. A morphogenetic study of staminate, pistillate and hermaphrodite flowers in *Cucumis sativus* (L.). *Phytomorphology*, 10: 110-115.
- Bai, S. L., Peng, Y. B., Cui, J. X., Gu, H. T., Xu, L. Y., Li, Y. Q., Xu, Z. H. and Bai, S. N. 2004. Developmental analyses reveal early arrests of the spore-bearing parts of reproductive organs in unisexual flowers of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Planta*, 220: 230-240.
- Beyer, E. 1976. Silver ion: A potent antiethylene agent in cucumber and tomato. *HortScience*, 11: 195-196.
- Chen, H., Sun, J., Li, S., Cui, Q., Zhang, H., Xin, F., Wang, H., Lin, T., Gao, D., Wang, S., Li, X., Wang, D., Zhang, Z., Xu, Z. and Huang, S. 2016. An ACC oxidase gene essential for cucumber carpel development. *Molecular Plant*, 9: 1315-1327.
- Chen, Y., Chen, D., brahim, A. and Lombardini, L. 2014. Effect of 1-MCP on cotton plants under abiotic stress caused by ethephon. *American Journal of Plant Sciences*, 5: 3005-3016.
- Den nijs, A. and visser, D. 1980. Inducation of maleflower in gynoeocious cucumber (*Cucumis sativus* L.) by silver ions. *Euphytica*, 29: 273-280.
- Ekaterina, P. and Rebecca, G. 2005. Brassinosteroid- induced Femaleness in Cucumber and relation ship to ethylene production. *HortScience*, 40:1763-1767.
- Goffinet, M. C. 1990. Comprative ontogeny of male and female flower of cucumis sativus. *Genetics and genomics of Cucurbitaceae* pp. 288-304. In: Bates, M., Richard, W., Robinson and Jeffery, C. (eds.). *Biology and utilization of the cucurbitaceae*. Cornell University Press, New York. 415 pp.
- Grumet, R., Katzir, N. and Garcia-Mas, J. 2017. *Genetics and genomics of Cucurbitaceae*. Springer Nature. Cham, Switzerland. 434 pp.
- Huber, B. 2008. Suppression of ethylene responses through application of 1-Methylcyclopropene: A powerful tool for elucidating ripening and senescence mechanisms in climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables. *HortScience*, 43 (1): 1-6.
- Iwahori, S., Lynos, J. M. and Smith, O. E. 1970. Sex expression in cucumber as affected by 2chloro-ethylphosphosphonic acid, ethylene and growth regulators. *Plant Physiology*, 46: 412-415.
- Kandil, H., Ihab, M. F. and El-Maghraby, A. 2013. Effect of cobalt level and nitrogen source on quantity and quality of soybean plant. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 3: 185-192.
- Karakaya, D. and Padem, D. 2011. The effects of silver nitrate applications on the flower quantity of cucumbers (*Cucumis sativus* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39 (1): 139-143.

- Korzeniewska, A., Galecka, T. and Niemirowicz-Szczytt, K. 2000. Ethephon treatment on a monoecious cucumber accession for hybrid seed production. *Acta Horticulturae*, 510: 269-272.
- Malepszy, S. and Niemirowicz-Szczytt, K. 1991. Sex determination in cucumber (*Cucumis sativus*) as a model system for molecular biology. *Plant Sciences*, 80: 39-47.
- Mayers, A., Newman, J., Reid, R. and Dodge, L. 1997. New ethylene inhibitor could extend flower life. *Perishable Handling Quarterly*, 92: 9-11.
- Mohan Ram, H. Y. and Sett, R. 1980. Induction of male flowers in a pistillate line of *Ricinus communis* L. by silver and cobalt ions. *Planta*, 149 (4): 413-415.
- Pawelkowicz, M. E., Skarzyńska, A., Pląder, W. and Przybecki, Z. 2019. Genetic and molecular bases of cucumber (*Cucumis sativus* L.) sex determination. *Molecular Breeding*, 39 (50): 1-27.
- Pawelkowicz, M. E., Osipowski, P., Wojcieszek, M., Kowalczyk, C., Pląder, W. and Przybecki, Z. 2016. Bioinformatic investigation of the role of ubiquitins in cucumber flower morphogenesis. pp. 1-12. In: *Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers Conference, Territory, United States*.
- Reid, M. S. and Celikel, F. 2008. Use of 1-methylcyclopropene in ornamentals: Carnations as a model system for understanding mode of action. *Horticultural Science*, 43: 95-98.
- Sahay, N. and Singh, S. P. 2012. Effect of cobalt application on growth, yield attributes and yield of lentil cultivars. *Annals of Plant and Soil Research*, 14: 39-41.
- Santisree, P., Nongmaithem, S., Vasuki, H., Sreelakshmi, Y., Ivanchenko, M. and Sharma, R. 2011. Tomato root penetration in soil requires a coaction between ethylene and auxin signaling. *Plant Physiology*, 156: 1424-1438.
- Singh, Z., Singh, L., Arora, C. L. and Dhillon, B. S. 1994. Effect of cobalt, cadmium, and nickel as inhibitors of ethylene biosynthesis on floral malformation, yield, and fruit quality of mango. *Journal of Plant Nutrition*, 17 (10): 1659-1670.
- Sisler, E. C. and Serek, M. 1999. Compounds controlling the ethylene receptor. *Botanical Bulletin- Academia Sinica Taipei*, 40: 1-7.
- Suradinata, Y. and Hamdani, J. 2015. Effect of paclobutrazol and 1-methylcyclopropene (1-MCP) application on Rose (*Rosa hybrid* L.). *Asian Research Journal of Agriculture*, 9: 69-76.
- Tassoni, A., Watkins, Ch. B. and Davies, P. J. 2006. Inhibition of the ethylene response by 1-MCP in tomato suggests that polyamines are not involved in delaying ripening, but may moderate the rate of ripening or over-ripening. *Journal of Experimental Botany*, 57: 3313-3325.
- Wang, Li., Duan, O., Han, T., Xu, Z. and Bai, S. 2010. Ethylene perception is involved in female cucumber flower development. *The Plant Journal*, 61: 862-872.
- Wittwer, S. H. and Bukovac, M. J. 1958. The effect of gibberellins on economic crops. *Economic Botany*, 12: 213-255.
- Yamasaki, S. and Manabe, K. 2011. Application of silver nitrate induces functional bisexual flowers in gynoecious cucumber plants (*Cucumis sativus* L.). *The Japanese Society for Horticultural Science*, 80: 66-75.
- Yamasaki, S., Fujii, N. and Takahashi, H. 2003. Characterization of ethylene effects on sex determination in cucumber plants. *Sex. Plant Reproduction*, 16: 103-111.
- Yang, X., Song, J., Campbell-Plamer, L., Fillmore, S. and Zhang, Z. 2013. Effect of ethylene and 1-MCP on expression of genes involved in ethylene biosynthesis and perception during ripening of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 78: 55-66.
- Zhang, H., Wang, N., Zheng, S., Chen, M., Ma, X. and Wu, P. 2021. Effects of exogenous ethylene and cobalt chloride on root growth of chinese fir seedlings under phosphorus-deficient conditions. *Forests*, 12: 15-85.

## The Effect of 1-methylcyclopropene and Cobalt Chloride on Some Vegetative and Reproductive Characteristics of gynoecious Cucumber

Bagheri<sup>1</sup>, M. R., Ghasimi Hagh<sup>2\*</sup>, Z. and Khoshghalb<sup>2</sup>, H.

### Abstract

Greenhouse cucumbers are gynoecious, but in the bisexual stage of flower bud, the sex of flowers can be changed. Therefore, induction male flower is necessary for breeding programs and seed production of gynoecious cucumbers. In this study, the response of flower sex change of gynoecious greenhouse cucumber to 1-methyl cyclopropene (1-MCP) and cobalt chloride was studied. The treatment of cucumber seedlings at two true leaf stage by spraying cobalt chloride (10, 20 and 40 mg.l<sup>-1</sup>) and 1-MCP gas (for 24 hours with 1 and 2 μl.l<sup>-1</sup>) showed that, 1-MCP increased plant height, leaf number, leaf length, leaf width and leaf tail diameter compared to the control. However, cobalt chloride reduced stem diameter, leaf number, leaf tail diameter and Female flower number compared to the control. The different concentrations of 1-MCP did not affect on the female flowers. The results showed that, the concentration of 40 mg.l<sup>-1</sup> cobalt chloride and 1-MCP treatments in some plants 1 to 2 male flowers induced in the first and second nodes. Pollen seed germination test showed that the male flowers formed were normal and the development of stamens was complete. Totally, the inhibitory mechanism of 1-MCP is similar to silver ion in the biosynthesis pathway of ethylene, to better understand the molecular mechanism of flower sex change in cucumber in relation to ethylene, it is recommended to use other concentrations of 1-MCP in the lines of gynoecious and monoecious.

**Keywords:** Greenhouse cucumber, Pollen, Male flower, Flower sex change

---

1 and 2. MSc Graduate and Assistant Professor, Respectively, Department of Horticulture Science and Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

\*: Corresponding author      Email: zghasimi@shahroodut.ac.ir

This paper has been extracted from the first author's MSc thesis under the guidance of Ziba Ghasimi Hagh.