مجله علمی ترویجی گل و گیاهان زینتی (۱۳۹۷)، ۳(۲): ۷۷-۸۹

کاربرد پلی‌پلوئیدی در به‌نژادی گیاهان زینتی

جعفرخانی کرمانی مریم*[۱]، عمادپور معصومه[۲]

۱. بخش کشت بافت و سلول پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج وزارت جهاد کشاورزی. صندوق پستی: ۳۱۵۳۵۱۸۹۷. البرز. ایران

۲. گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی: ۳۳۶-۱۴۱۱۵، تهران، ایران

m.j.kermani@abrii.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۵، تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۷/۱۰/۰۹، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹

چکیده

گونه‌های گیاهی با بیش از دو سری کروموزوم را پلی‌پلوئید یا چندگان می‌نامند که معمولا با نوعی جهش در طول دوره تکامل گیاهان به‌طور خودبخودی در طبیعت ایجاد می‌شوند و به علت افزایش تنوع ژنتیکی در سلسله گیاهان، در سازگار ساختن آن‌ها در محیط‌های جدید و تکامل طبیعی و به‌نژادی گیاهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. هدف از این مطالعه، بررسی برخی جنبه های القا چندگانی و تأثیر آن بر به‌نژادی گیاهان زینتی است. مقاله حاضر ضمن اشاره به مزایا و معایب چندگانی و معرفی مواد افزاینده سطح پلوئیدی، به کاربرد روش افزایش سطح پلوئیدی در به‌نژادی گیاهان زینتی با ذکر مثال‌هایی از القا چندگانی در گیاهان زینتی اشاره کرده است. نتایج این بررسی نشان داد که اگر چه در برخی گیاهان، چندگانی با معایبی همراه است اما در کل این گیاهان دارای مزایای عمده ای نسبت به گیاهان دیگر هستند. همچنین به دلیل پیچیدگی عملکرد مواد افزاینده سطح پلوئیدی و نیز پاسخ گیاهان مختلف به این مواد، نوع و غلظت مواد القاء کننده چندگانی، زمان تیمار و نوع ریزنمونه برای هر گیاه باید مستقلا بهینه شود. علاوه بر این، نتایج نشان داد که القا چندگانی عموما با تغییراتی از جمله تغییر در قدرت رشد گیاه، اندازه میوه و گل، اندازه برگ و ضخامت برگ، میزان باروری و مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی همراه است و می‌توان از آن به عنوان یک روش مدرن برای به‌نژادی گیاهان زینتی استفاده نمود.

کلمات کلیدی: پلی‌پلوئیدی، تغییرات مورفولوژیکی، دسته‌های کروموزومی، گیاهان زینتی

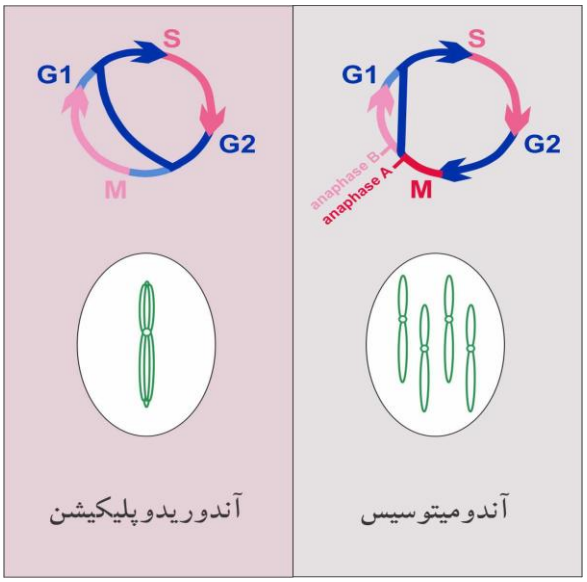
مقدمه

سطح پلوئیدی اشاره به تعداد دسته‌های کروموزومی دارد و با علامت "x" نمایش داده می‌شود. اکثر جانوران دارای دو دسته کروموزم بوده و دیپلوئید (2x) می‌باشند البته موارد نادر مانند موش صحرایی تتراپلوئید در آرژانتین گزارش شده است (Gallardo *et al*. 2006). در گیاهان چندگانی نسبت به جانوران رایج‌تر است و گونه‌های زیادی از گیاهان معمولا پلی‌پلوئید هستند. اگر آن‌ها دارای سه، چهار، پنج، شش و ... دسته کرموزوم باشند به‌ترتیب تریپلوئید (3x)،

[Downloaded from flowerjournal.ir at 20:06 +0330 on Wednesday December 16th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1397.3.2.7.6]

تتراپلوئید (٤x) پنتاپلوئید (٥x)، هگزاپلوئید (٦x) و غیره نامیده می‌شوند. به‌عنوان مثال یک گل رز دیپلوئید به‌صورت ١٤= ٢x= ٢n و رز تتراپلوئید به‌صورت ٢٨= ٤x= ٢n مشخص می‌شود. در طول دوره تکامل گیاهان، چندگانی در انعطاف‌پذیری و سازگار ساختن آنها در محیط‌های جدید نقش بسیار مهمی داشته است. اما تحقیقات نشان داده‌اند که برخی چندگان‌ها پایدار نیستند (Comai *et al*. 2000; Mayer & Aguilera 1990) و در رقابت با والدین دیپلوئید خود یا به سوی دیپلوئید شدن (diploidization) می‌روند یعنی دسته‌های کروموزومی اضافه را از دست می‌دهند و یا به سوی "ساب‌فانکشن" (subfunctionalization) و "نئوفانکشن" (neofunctionalization) تغییر می‌نمایند. آنچه که مهم است در"ساب‌فانکشن" ژن‌های دو برابر شده، کدکننده فعالیت‌های موجود در گیاه می‌شوند در حالی‌که در"نئوفانکشن" ژن‌های دو برابر شده فعالیت‌های جدیدی را در گیاه کد می‌نمایند که باعث ایجاد تغییر در صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه می‌شوند. چندگانی سلولی هم در گیاهان و هم در جانوران با دو فرآیند اندومیتوز (endomitosis) و اندوریدوپلیکیشن (endoreduplication) پدید می‌آید (D'Amito 1964; Brodsky & Uryvaeva 1977). فرآیندهای دیگر همانند میتوز بی‌ثمر (abortive mitosis)، همجوشی هسته‌ها (nuclear fusion) و یا ظهور سلول های چند هسته‌ای (multinuclear cells) نیز سلول‌های چندگان را ایجاد می کنند اما محدود به بافت‌های اپیدرمی هستند (Joubes & Chevalier 2000). فرآیند اندومیتوز بر خلاف میتوز نرمال در حالی رخ می‌دهد که غشاء سلولی از بین نرفته و میتوز درون غشاء هسته سلولی صورت می‌گیرد، تعداد کروموزوم‌ها دو برابر شده و منقبض می‌شوند و احتمال دارد که کروماتیدهای خواهر جدا شوند و به وضعیت اینترفاز باز گردند درست همانطور که در چرخه میتوزی اتفاق می افتد، با این تفاوت که دوک‌های کروموزومی ایجاد نشده و در نتیجه کروماتیدهای خواهری به دو سوی سلول کشیده نشده و سلول چندگان ایجاد می‌شود. شایان ذکر است که فرآیند اندومیتوز بیشتر در سلول‌های جانوری اتفاق می‌افتد و به‌ندرت در گیاهان گلدهنده (angiosperms) و (Joubes & Chevalier 2000). در فرآیند اندوردوپلیکشن که معمولا در سلول‌های گیاهی اتفاق می‌افتد، DNA هسته سلولی تکثیر می‌یابد اما انقباض کروماتیدها صورت نمی‌گیرد و در نتیجه بدون این‌که تعداد کروموزوم‌های سلول تغییر کند، کروماتیدهای 2n ایجاد می‌شوند. هسته اندوردوپلکیت شده قابلیت این را دارد که دوباره DNA را تکثیر نماید بدون این‌که وارد فرآیند میتوز شود و سلول های 4n، 8n، 16n و غیره را ایجاد نماید (شکل ۱).



شکل ۱- تفاوت فرآیند اندومیتوسیز و اندوریدوپلیکیشن (برگرفته از سایت:
https://en.wikipedia.org/wiki/Endoreduplication)

با توجه به نقش چندگانی در تکامل گیاهان و با کشف بازدارنده‌های میتوزی در دهه ۱۹۳۰، بسیاری از به‌نژادگران برای ایجاد ارقام جدید گیاهی از این مواد در به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی استفاده کردند. با افزایش سطح

[Downloaded from flowerjournal.ir at 0:06 +0330 on Wednesday December 16th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1397.3.2.7.6]

پلوئیدی تعداد کپی‌های کروموزوم‌های موجود افزایش می‌یابد در نتیجه در گیاهان با سطوح پلوئیدی بسیار بالا مانند اکتاپلوئیدها، اندازه بزرگ تر سلول‌ها و یا هسته‌های بزرگتر، تعادل سلولی گیاه را مختل و در نتیجه آناتومی آنها را نامتعارف می‌سازد. علیرغم ایراد ذکر شده، چندگانی در به‌نژادی بسیاری از گیاهان نقش مهمی داشته است مخصوصا پلی پلوئیدی در آلوپلوئیدها که دارای دسته‌های کروموزومی از دو والد جداگانه هستند در افزایش قدرت هتروزیگوسی بسیار ارزشمند بوده است.

مزایای چندگانی

در مجموع ٤ مزیت اصلی برای ایجاد چندگان‌ها وجود دارد:

۱) هتروزیس: هتروزیس باعث می‌شود که بنیه چندگان‌ها از والدین دیپلوییدشان بیشتر باشد. چندگان‌ها در مقایسه با والدین دیپلوئیدشان از سطح هتروزیگوسی بیشتری برخوردار هستند، زیرا به‌طور طبیعی در هر تقسیم میوزی در نتاج F1 گیاهان دیپلوئید، نیمی از مکان‌های ژنی هتروزیگوس از بین می‌روند. در حالی‌که جفت شدن کروموزوم‌های همولوگ در آلوپلوئیدها از نوترکیبی ژن‌ها جلوگیری نموده و هتروزیگوسی را در نسل‌های بعدی حفظ می‌نماید (Comai 2005). به طور کلی هیبریدهای آتوپلی‌پلوئید، از توان هتروزیس بیشتری نسبت به هیبریدهای دیپلوئید برخوردارند در حالی‌که نتاج حاصل از خودگشنی آتوپلی پلوئیدها قدرت رشدی کمتری نسبت به نتاج حاصل از دیپلوئیدهای خودگشن دارند (Comai 2005).

۲) **افزایش کپی ژن:** افزایش کپی ژن نوعی محافظ در برابر جهش‌های تخریبی است زیرا عموما در گامت‌های هاپلوئید حاصل از گیاهان دیپلوئید امکان ایجاد جهش وجود دارد در حالی‌که در گامت‌های دیپلوئید گیاهان تتراپلوئید، آلل‌های مغلوب توسط آلل‌های غالب محافظت می‌شوند و کمتر در معرض جهش‌های خودبخودی قرار می‌گیرند. طبق قوانین مندل در یک گیاه دیپلوئید هتروزیگوت (Aa) ۱/٤ (۰/۲۵ درصد) نتاج هموزیگوت (aa) هستند در حالی‌که در یک گیاه آتوپلی‌پلوئید (AAaa) بین ۱/۲۲ (۰/۰٤ درصد) تا ۱/۳٦ (۰/۰۳ درصد) از نتاج هموزیگوت (aaaa) بوده و در یک گیاه آلوپلی‌پلوئید (AaAa) فقط ۱/۱٦ (۰/۰٦ درصد) نتاج (aaaa) هموزیگوس می‌باشند. این نقش محافظتی پلی‌پلوئیدها در گیاهانی که به طور خودگشن تولید مثل می‌نمایند و یا در مناطقی قرار دادند که فقط امکان تلاقی های درون جمعیتی دارند، بسیار ارزشمند است (Comai 2005).

۳) **تسهیل خودباروری:** در گیاهان چندگان با از بین رفتن سیستم‌های خودناسازگاری و یا افزایش تولید مثل غیر جنسی، تولید مثل در آن‌ها نسبت به والدین دیپلوئیدشان آسان‌تر میشود. چندگانی با از بین بردن سیستم‌های خودناسازگاری باعث افزایش میزان خودباروری در گیاهان می‌شود (Comai 2005). این مکانیسم هنوز به‌طور کامل شناخته شده نیست اما به‌عنوان مثال در گیاه آرابیدوپسیس (*Arabidopsis thaliana*) با تعامل بین ژنوم والدین و در گیاه اطلسی (*Petunia hybrida*) تعامل بین آلل‌ها در دانه های گرده دیپلوئید حاصل از گیاه تتراپلوئید کاهش میزان خودناسازگاری و افزایش میزان خودباروری مشاهده شده است (Nasrallah *et al*. 2000; Entani *et al*. 1999). افزایش میزان تولید مثل غیر جنسی در گیاهان چندگان ارتباط نزدیکی با افزایش میزان آپومیکسی در این گیاهان دارد. آپومیکسی در زمانی که امکان تولید مثل جنسی وجود ندارد بقای موجودات را تضمین می‌نمایند (Comai 2005).

٤) افزایش اندازه چندگان‌ها: معمولا با افزایش سطح پلوئیدی اندازه سلول‌ها و بافت‌های گیاهان چندگان افزایش

[Downloaded from flowerjournal.ir at 0:06 +0330 on Wednesday December 16th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1397.3.2.7.6]

[Downloaded from flowerjournal.ir at 0:06 +0330 on Wednesday December 16th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1397.3.2.7.6]

می‌یابد. ساده‌ترین فرضیه برای افزایش اندازه گیاهان چندگان این است که با افزایش تعداد کپی ژن، تولید پروتئین افزایش می‌یابد و در نتیجه حجم سلول بزرگتر می‌شود. اما تحقیقات اولیه نشان داده است که با القاء چندگانی تعدادکلروپلاست‌ها و درنتیجه میزان فتوسنتز در سلول افزایش می یابد (Warner & Edwards 1993) که منجر به افزایش اندازه سلول‌ها می شود. البته مکانیسم‌های تنظیم کننده اندازه سلول و یا تقسیم و تکثیر سلول‌ها هنوز به طور کامل شناخته نشده‌اند و تحقیقات در این زمینه در دست انجام است.

معایب چندگانی

در مورد معایب چندگانی سه اشکال اصلی گزارش شده است:

۱) **تغییر در ساختار سلولی و سیستم‌های کنترل کننده**: با افزایش سطح پلوئیدی حجم ژنوم هسته‌ایی دو برابر می شود اما پوشش هسته‌ای فقط ۱/٦ (۰/۰٦) برابر افزایش می‌یابد اگرچه این تفاوت زیاد نیست اما تعادل سلول و در نتیجه برخی از فرایندهای کنترل کننده را تحت تاثیر قرار خواهد داد. البته در برخی از گزارشات ذکر شده است که افزایش مقدار DNA و در نتیجه افزایش اندازه سلول برای سلول‌هایی که متابولیسم آن‌ها بالا است یک مزیت محسوب می شود (Comai 2005) زیرا در این سلول‌ها متابولیسم بالا نیازمند افزایش اندازه سلول‌ها، بخش‌های داخل سلولی و بیان پروتئین‌های مربوط به فعالیت های سلول است و به همین دلیل است که دو برابر شدن طبیعی سلول‌ها در برخی از گیاهان به صورت خودبخودی اتفاق می افتد.

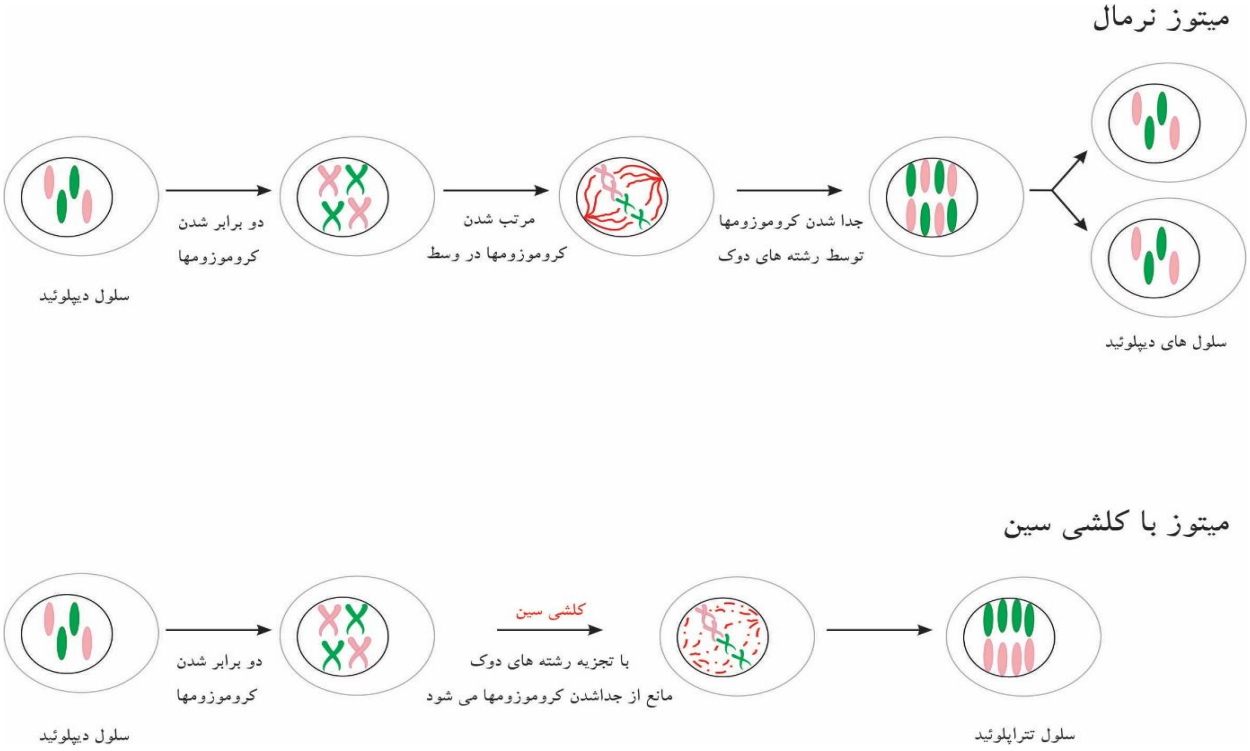
۲) **مشکلات مربوط به تقسیم‌های میتوزی و میوزی**: گزارشات زیادی در مورد مشکلات تقسیمات میتوزی در جانوران و قارچ‌های پلی‌پلوئید وجود دارد اما در مورد ناپایداری میتوزی گیاهان پلی‌پلوئید این گزارشات دارای تناقض هستند. تئوری‌ها و نظریه‌های متعددی بیان شده که در تقسیم میوزی، آتو تتراپلوئیدها به‌جای تشکیل بای والنت‌ها (bivalents) مجموعه‌های مولتی والنت (multivalents) را تشکیل می‌دهند که منجربه تفکیک‌های ۳:۱ و ۲:۱ کروموزوم‌ها بجای تفکیک ۲:۲ می شود و در نتیجه آنیوپلوئیدها (aneuploids) ایجاد می‌شوند (Warner & Edwards 1993). در مطالعات کروموزوم‌های در حال تقسیم میتوزی در گیاه علفی کانگو (*Brachiaria ruziziensis*) مشاهده شد که تعداد بیشتری از دوک‌های کروموزومی در گیاه آتوتتراپلوئید در مقایسه با گیاه دیپلوئید تشکیل می‌شود (Risso-Pascotto *et al*. 2005) بنابراین تقسیم میتوزی کمتر دچار اشکال می گردد. همچنین اگر سلول‌های آنیوپلوئید از گیاهان پلی‌پلوئید تشکیل شوند به دلیل این‌که سرعت رشد آنها از سلول‌های یوپلوئید (euploid) اطرافشان کمتر است در طول زمان حذف می‌شوند. مطالعات Mastenbroek و همکاران در سال ۱۹۸۲ نشان داد که در گیاه ذرت آتوتتراپلوئید برای تفکیک ۲:۲ ایجاد بای والنت‌ها ضروری نمی‌باشد اما در آلوپلی‌پلوئیدها تشکیل بای والنت‌ها یک امر ضروری است زیرا در این موجودات کروموزوم‌های هر دو والد باید به نتاج انتقال یابند. البته موجودات آلوپلی‌پلوئید برای حل این مشکل راهکارهایی را بکار گرفته اند (Mastenbroek *et al*. 1982). به‌عنوان مثال در گندم هگزاپلوئید یک ژن به‌نام *pairing homeologous 1* از جفت شدن کروموزم‌های همولوگ در تقسیم میوز ممانعت می‌نماید (Preito *et al*. 2004). چنین سیستمی در گونه های آلوتتراپلوئید در خانواده کلمیان هم مشاهده شده است Jenczewski *et al.* (2003)

۳) **ناپایداری اپی‌ژنتیکی**: در خصوص ناپایداری اپی‌ژنتیکی آتوپلی‌پلوئیدها مستندات کمی موجود است اما در خصوص ناپایداری اپی‌ژنتیکی آلوپلی‌پلوئیدها مطالعات زیادی انجام گرفته است. برخی از این مطالعات گزارش نموده اند که این

تغییرات اپی‌ژنتیکی بدلیل ایجاد آنیوپلوئیدها و در نتیجه عدم بیان ژن‌های کنترل کننده فعالیت‌های گیاه پلی‌پلوئید می‌باشد (Comai 2005). آنچه مسلم است همه تغییرات اپی‌ژنتیکی، مخرب نیستند زیرا این تغییرات منجربه ایجاد تنوع در گیاه شده که در فرآیند گزینش پلی‌پلوئیدهای سازگار با محیط نقش موثر ایفا می نمایند.

مواد افزاینده سطح پلوئیدی

افزایش سطح پلوئیدی در گیاهان با دخالت در چرخه تقسیم سلولی امکان‌پذیر است. با توجه به این‌که چرخه تقسیم سلولی در گیاهان شامل مراحل G1 (مرحله بعد از فاز میتوز)، S (مرحله ساخت DNA)، G2 (مرحله قبل از فاز میتوز) و M (میتوز) می‌باشد و سلول از مرحله S تا انتهای مرحله M دارای دسته‌های کروموزومی دوبرابر شده است بنابراین ایجاد اختلال در چرخه تقسیم سلولی از انتهای مرحله S تا انتهای مرحله M با استفاده از مواد بازدارنده میتوزی منجربه افزایش سطح پلوئیدی در گیاهان می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- القا چندگانی با استفاده از مواد بازدارنده میتوزی. این مواد از تشکیل دوک‌های کروموزومی در مرحله متافاز تقسیم سلولی جلوگیری می‌نماید، در نتیجه کروموزوم‌هایی که تکثیر شده‌اند به دو سمت سلول کشیده نشده و سلول چندگان حاصل می‌شود.

[Downloaded from flowerjournal.ir at 0:06 +0330 on Wednesday December 16th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1397.3.2.7.6]

در اواخر دهه ۱۹۳۰ ترکیب کلشی‌سین (Cholchicine) که یک متابولیت ثانویه استخراج شده از گیاه گل حسرت (*Colchicum autumnale*) است، کشف شد. این ماده از تشکیل دوک‌های کروموزومی در مرحله متافاز تقسیم سلولی جلوگیری می‌نماید در نتیجه کروموزوم‌هایی که تکثیر شده‌اند به دو سمت سلول کشیده نشده و سلول‌های پلی‌پلوئید حاصل می‌شوند. در سال‌های بعد Darlington & La Cour (۱۹۷۶) گزارش کردند که تنش‌های فیزیکی از جمله اعمال تنش سرمایی در دمای صفر درجه سانتیگراد در گیاه و یا دمای ۵- درجه سانتیگراد در لاله واژگون (*Fritillaria meleagris*) از تشکیل دوک‌های کروموزومی جلوگیری می‌نمایند. آن‌ها همچنین گزارش کردند که تنش گرمایی مانند دماهای ۳۰ تا ٤٠ درجه سانتیگراد به‌مدت ۵ ساعت، تقسیم میوز و میتوز را در دو گیاه تریلیوم و لاله واژگون متوقف کرد (Darlington *et al*. 1976 ; Zhou و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که تنش‌های دمایی به طور معنی داری باعث ایجاد گامت‌های کاهش نیافته می‌شوند. شایان ذکر است که یک عامل افزاینده سطح پلوئیدی مناسب علاوه بر این که باید دارای قابلیت کاربرد سریع، موثر و قابل اطمینان برای طیف وسیعی از گونه‌های گیاهی باشد، نباید باعث ایجاد مشکلات فیزیولوژیکی و تغییرات ژنتیکی به غیر از افزایش سطح پلوئیدی در گیاه شود. تقریبا یک چهارم تمام علفکش‌هایی که به بازار عرضه شده است به‌عنوان مکانیسم اولیه عمل خود، میتوز را تحت تاثیر قرار می‌دهند. این علفکش‌ها مستقیما و یا به‌طور غیر مستقیم با میکروتوبول‌ها (microtubule) واکنش نشان داده و ترکیب علف‌کش و توبولین (tubulin) را ایجاد نموده و افزایش طول میکروتوبول‌ها را متوقف می‌سازند. به‌این صورت که میکروتوبول‌ها از یک سو باز شده و بطور پیش رونده‌ای کوتاهتر شده تا در نهایت ناپدید گردند (Vaughn & Lehnen 1991). مطالعات ایمنی زیست شیمیایی در گونه های مختلف گیاهی نشان داده‌است که علف‌کش اورایزالین (oryzalin) (٤-دی پروپیلامینو-۳ و ۵- دی نیتروبنزین-سولفورامید)، توبولین‌های گیاهی را محصور می‌کند و باعث فعالیت بالای واسرشته شدن میکروتوبول‌ها می‌شود (Morejohn *et al*. 1987). اورایزالین نسبت به کلشی‌سین در دو برابر کردن کروموزومها موثرتر است و پاسخ گیاهان به غلظت‌های میکرومولار این علف‌کش مشابه پاسخ گیاهان به غلظت‌های میلی‌مولار کلشی‌سین می‌باشد (Morejohn *et al*. 1987). علف‌کش پرونامید (pronamide) (۳ و ۵-دی کلرو (N-۱ و ۱- دی متیل ۱-۲ پروپینیل) بنزینامید) به علفکش‌های آمیدی تعلق دارد و عنصر فعال علفکش‌های KERB می‌باشد (Vaughn & Vaughn 1987). این علف‌کش هم مشابه اورایزالین در غلظت‌های کم باعث افزایش سطح پلوئیدی می‌شود. Dhoogh و همکاران (۲۰۱۱) مواد افزاینده سطح پلوئیدی را به دو گروه تقسیم کردند. گروه اول که شامل مواد شیمیایی کلشی‌سین، کلسمید، وینبلاستین، آسنفاتین، اورایزالین، تیرفلورالین، بنفلورالین، اتافلورالین، پن‌دی‌متالین، بوترالین، دی‌نیترامین، امی‌پروفسفومتیل، کلرتال‌دی‌متیل، دی‌نیترامین، دی‌تیوپیر، تیازوپیر و پرونامید هستند از پلیمراز شدن میکروتوبول‌ها جلوگیری می‌نمایند و گروه دوم که شامل کلروپروفام، پروفام و کاربتامید هستند با مختل و قطعه قطعه کردن مرکز سازماندهی میکروتوبول‌ها (microtubule organizing center) چرخه سلولی را متوقف می‌سازند. از آنجا که مکانیسم اثر مواد افزاینده سطح پلوئیدی به‌طور کامل شناخته نشده است بنابراین ارائه یک دستورالعمل بهینه برای افزایش سطح پلوئیدی امکان پذیر نیست زیرا در گیاهان مختلف، نوع و غلظت بهینه مواد افزاینده سطح پلوئیدی، مدت زمان بهینه تیمار و نوع ریزنمونه استفاده شده بسته به نوع گیاه متفاوت است. عموما با افزایش غلظت مواد افزاینده سطح پلوئیدی و یا مدت زمان تیمار با این مواد رشد و زنده مانی ریزنمونه‌های تحت تیمار کاهش می‌یابد. گزارشات متعددی

[Downloaded from flowerjournal.ir at 0:06 +0330 on Wednesday December 16th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1397.3.2.7.6]

در این زمینه وجود دارد به عنوان مثال مطالعه Ghayoor Karimiani و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که با افزایش غلظت و مدت زمان تیمار اورایزالین، رشد درون شیشه ای گیاهچه‌های ژربرا کاهش یافت. همچنین Talebi و همکاران (2017) گزارش کردند که در ریزنمونه های تیمار شده گل مغربی(*Agastache foeniculum* L) با افزایش غلظت مواد القاکننده پلی‌پلوئیدی از جمله اورایزالین، تریفلورالین و کلشی سین، زنده‌مانی و شاخص های رشد کاهش یافت. با افزایش غلظت مواد القاکننده پلی‌پلوئیدی از جمله اورایزالین، تریفلورالین و کلشی سین، زنده‌مانی و شاخص‌های رشد کاهش یافت (Talebi *et al.* 2017). Keshavarz Alizadeh و همکاران (۲۰۱٦) اثرات غلظت و زمان‌های مختلف تیمار با مواد کلشی‌سین، اورایزالین و تری‌فلورالین را در دوبرابر کردن کروموزوم‌ها در بافت‌های سوماتیکی گیاه عناب (*Ziziphus jujuba* Mill) بررسی کردند. نتایج این محققین نشان داد که با افزایش غلظت و یا مدت زمان تیمار با هر یک از مواد افزاینده سطح پلوئیدی درصد زنده مانی کاهش یافت اما بیشترین درصد افزایش سطح پلوئیدی با افزایش غلظت مواد ضد میتوزی و مدت زمان تیمار حاصل نشد (Keshavarz- Alizadeh *et al.* 2016). بنابراین تعیین غلظت و مدت زمان تیمار با مواد افزاینده سطح پلوئیدی، در یک برنامه القاء پلی پلوئیدی موفق ضروری است اما متاسفانه در بسیاری از موارد، پروتکل ارائه شده برای یک ژنوتیپ برای ژنوتیپ های دیگر از همان گونه گیاهی نیز موفقیت آمیز نیست و در بسیاری از موارد برای هر ژنوتیپ به طور جداگانه باید بهینه شود. نکته حائز اهمیت دیگر در یک برنامه ریزی به نژادی با روش القاء پلی پلوئیدی، سطوح پلوئیدی والدین است. Jafarkhani Kermani و همکاران (۲۰۱٦) نشان دادند که سطح پلوئیدی والدین در میزان دوبرابر شدن کروموزوم‌های نتاج حاصله نقش اساسی دارد، به طوری که در رزهای مورد بررسی توسط آن‌ها، القاء چندگانی در گیاهان دیپلوئید بسیار موفقیت آمیز و در رزهای تتراپلوئید همراه با عدم موفقیت بود. از سوی دیگر سطوح پلوئیدی نتاج حاصله نیز متاثر از سطوح پلوئیدی والدین است. Abdolmohammadi و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند که در تلاقی بین گونه‌ای رزهای تتراپلوئید، نتاج تتراپلوئید حاصل شد در حالی که در تلاقی بین گونه‌های رز تتراپلوئید به‌عنوان والد مادری با رزهای پنتاپلوئید و هگزاپلوئید، نتاج تریپلوئید یا تتراپلوئید حاصل شدند. در مطالعه مذکور، جنین پلی‌پلوئید حاصل از تمامی تلاقی‌های بین گونه‌ای در محیط آزمایشگاه از بذر گیاه مادری جدا شده و در محیط کشت بافت حاوی ترکیب بهینه از بنزیل آمین و جیبرلیک اسید نجات داده شدند. اخیرا در گزارش Eeckhaut و همکاران ۲۰۱۸ جدولی شامل تحقیقات اخیر در زمینه القا چندگانی با مواد افزاینده سطح پلوئیدی در گیاهان زینتی مختلف منتشر شده است.

در بسیاری از تحقیقات درصد القا چندگانی کم (کمتر از ۲۰٪) گزارش شده است بنابراین مطالعات بیشتر در زمینه مکانیسم اثر مواد افزاینده سطح پلوئیدی از جمله چگونگی نفوذ آنها در بافت‌ها و سلول‌های گیاهی لازم است تا بتوان چندگانی را با درصد موفقیت بیشتر القا نمود. البته از آنجا که القا چندگانی معمولا در شرایط درون شیشه صورت می‌گیرد حتی در مواردی که درصد القاء چندگانی کم است می‌توان گیاهان چندگان حاصله را در شرایط درون شیشه در سطح انبوه تکثیر نمود.

افزایش سطح پلوئیدی در گیاهان زینتی

بین ۵۰ تا ۸۰ درصد گیاهان گل‌دهنده (Angiosperms) از جمله بسیاری از گیاهان باغی چندگان هستند (Sun *et al.* 2015) و چندگانی در آن‌ها باعث شده تا گونه‌های مختلف این گیاهان بتوانند در شرایط مختلف آب و هوایی سازگار شوند. Jowkar و همکاران (۲۰۰۹) پس از مطالعه سیتوژنتیکی بر روی ۱۰ گونه از رزهای وحشی ایران، نشان دادند که سطح پلوئیدی در این رزها از دیپلوئیدی تا

[Downloaded from flowerjournal.ir at 0:06 +0330 on Wednesday December 16th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1397.3.2.7.6]

هگزاپلوئیدی متغیر بود. چندگان‌ها معمولا خصوصیات فنوتیپی جدیدی را نشان می‌دهند که در والدین دیپلوئیدشان وجود ندارد و در مواردی حتی در گونه‌های مشابه هم این خصوصیات مشاهده نشده است. برخی از این صفات شامل رشد متراکم، مقاومت به خشکی، مقاومت به تنش‌ها، آپومیکسی، مقاومت به آفات، تغییر در زمان گل‌دهی، تغییر در اندازه و تغییر در حجم توده‌های زیستی است که آن‌ها را برای گزینش در برنامه‌های به‌نژادی مناسب می‌سازد (Lu *et al*. 2006; Pieres *et al*. 2004; Ranney 2006; Viehmannova *et al*. 2012). مطالعه Talebi و همکاران (2016) در گل مغربی نشان داد که در گیاهان تتراپلوئید حاصل از دو برابر کردن کروموزوم‌های گیاهان دیپلوئید، میزان ژنوم هسته ای بیش از دو برابر گیاهان دیپلوئید بود. علاوه بر این، محتوای روغن‌های ضروری در گیاه تتراپلوئید و دیپلوئید به ترتیب ۲/۷۸ و ۱/۳۲ درصد بود که حاکی از افزایش قابل ملاحظه‌ای در گیاه تتراپلوئید است.

القا چندگانی در گیاهان زینتی با هدف ایجاد ارقام تجاری جدید و متفاوت از والدین، از دیرباز مورد توجه به‌نژادگران بوده است. القاء چندگانی در گل سیکلامن (*Cyclamen*) توسط Takamura & Miyajima (1996) با استفاده از کلشیسین انجام شد. آنها گزارش کردند که گیاهان تتراپلوئید نسبت به والدین دیپلوئیدشان گلبرگ‌های با اندازه بزرگتر و میزان chalcone بیشتر و در نتیجه گل‌های با رنگ زرد پررنگ‌تری داشتند. در پلارگونیوم (*Pelargonium* × *hortorum*) نیز چندگانی با استفاده از کلشیسین القا شد که همراه با تغییر در رنگ برگ و فرم گل بود (Jadrna *et al*. 2010). با القاء تتراپلوئیدی در ژربرا (*Gerbera jamesonii*) افزایش ضخامت برگها، افزایش اندازه گل، افزایش طول دمگل و افزایش ماندگاری پس از برداشت گل‌ها مشاهده شد که بازارپسندی آنها را افزایش داد (Gantait *et al*. 2011). القاء چندگانی در ٤ رقم دیپلوئید و ۲ رقم تریپلوئید گل رز تجاری (*Rosa hybrida*) توسط Kermani و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از اورایزالین انجام شد. آن‌ها گزارش کردند که ضخامت برگ‌ها در گیاهان تتراپلوئید و هگزاپلوئید بیشتر از والدین دیپلوئید و تریپلوئیدشان بود. همچنین برگ‌های نئوپلی‌پلوئیدها رنگ سبز پر رنگ‌تر، نسبت عرض به طول برگ بیشتر و دانه‌های گرده با زنده مانی بیشتری نسبت به والدین خود داشتند. در این تحقیق گزارش شد که فاصله میان‌گره‌ها در گیاهان تتراپلوئید بلندتر از دیپلوئیدها بود اما فاصله میان‌گره‌ها در هگزاپلوئیدها، کوتاه‌تر از تریپلوئیدها بود و تعداد گلبرگ‌ها در یکی از رزهای تتراپلوئید دو برابر والد دیپلوئیدش بود. آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که میتوان از روش افزایش سطح پلوئیدی به‌عنوان یک راهکار به‌نژادی در انتقال ژن‌های افزایش مقاومت به تنش‌ها از گونه‌های وحشی رز به ارقام تجاری استفاده کرد. زیرا بسیاری از گونه‌های رز دیپلوئید هستند در حالی‌که ارقام تجاری تتراپلوئید می باشند و در برنامه‌های به‌نژادی بین این دو، معمولا نتاج تریپلوئید عقیم و یا با باروری کم ایجاد می‌شوند که با افزایش سطح پلوئیدی گونه‌های وحشی دیپلوئید به تتراپلوئید و یا افزایش سطح پلوئیدی نتاج تریپلوئید به هگزاپلوئید این ایراد رفع می‌شود. در تحقیقات بعدی توسط Khosravi و همکاران (۲۰۰۸) رزهای تتراپلوئید از گونه‌های رز دیپلوئید (*Rosa persica*) و رزهای هگزاپلوئید از رز تجاری تریپلوئید آیس برگ (*Rosa hybrida* cv Iceberg) ایجاد شدند. Ahmadi و همکاران (۲۰۱٤) صفات مورفولوژیکی رزهای آیس برگ را با هگزاپلوئیدهای حاصل از افزایش سطح پلوئیدی مقایسه کرده و گزارش نمودند ضمن این که خصوصیات فنوتیپی این دو بسیار متفاوت بود (شکل۳)، زنده‌مانی دانه‌های گرده و جوانه زنی گرده‌ها در گیاهان هگزاپلوئید تقریبا ۳ برابر والدین تریپلوئیدشان بود. همچنین میزان تولید برخی متابولیت‌های ثانویه در گیاهان هگزاپلوئید با میزان تولید آن‌ها در گیاهان تریپلوئید متفاوت بود. این

[Downloaded from flowerjournal.ir at 0:06 +0330 on Wednesday December 16th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1397.3.2.7.6]

تفاوت را می‌توان به تفاوت در بیان ژن‌های کد کننده ترکیبات مورد مطالعه نسبت داد.



شکل۳- تفاوت خصوصیات فنوتیپی گل رز آیس برگ تریپلوئید در سمت راست (کرم رنگ) و گیاه هگزاپلوئید حاصل از القاء چندگانی (صورتی رنگ) در سمت چپ (تحقیقات انجام شده در پژوهشگاه بیوتکنولوزی کشاورزی).

افزایش تولید برخی از متابولیت‌های ثانویه که با تولید عطر و رایحه گل ارتباط دارند در بهنژادی گیاهان زینتی از اهمیت ویژه برخوردار است نتایج مطالعه‌ای که توسط Talebi و همکاران (2017) در گل مغربی انجام شد نشان داد که ضمن این که اندازه روزنه و تعداد کلروپلاست درگیاهان تتراپلوئید بیشتر از والدین دیپلوئید آن‌ها بود، سایر خصوصیات مورفولوژیکی نظیر طول و عرض برگ، فاصله بین گره‌ها، سطح برگ، ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک و طول خوشه گل در گیاه تتراپلوئید حاصل افزایش یافته بود. شکل ٤ اندازه گیاه و خوشه گل در دو گیاه دیپلوئید و تتراپلوئید حاصل از القاء چندگانی در گل مغربی را نشان می‌دهد.

اندازه‌گیری سطح پلوئیدی

اندازه‌گیری سطح پلوئیدی به طور معمول به وسیله میکروسکوپ و با استفاده از روش شمارش کروموزوم سلول‌های بافت مریستمی (در اکثر گیاهان مریستم ریشه) صورت می‌گیرد. سلول‌های میتوزی در مرحله متافاز بوسیله ماده پیش تیمار متوقف شده، سپس رنگ آمیزی و آماده سازی لام انجام می‌شود که این کار دشوار و وقت‌گیر است.

البته تعیین سطح پلوئیدی با اندازه‌گیری دانه گرده و کلروپلاست در سلولهای محافظ اپیدرم نیز انجام پذیر است، اما این روش‌ها از دقت کافی برخوردار نیستند خصوصا در جایی که تفاوت سطح پلوئیدی بسیار کم باشد (به طور مثال مقایسه تریپلوییدها و تتراپلوییدها). از زمانی که روش‌های رنگ آمیزی فلوروسنس معرفی شد (De Laat *et al.* 1987)، روش فلوسیتومتری برای اندازه‌گیری مقدار DNA در بسیاری ازگونه های گیاهی روش بسیار موفقی بوده است. این روش اغلب بر روش‌های شمارش کروموزوم ترجیح داده می‌شود زیرا چند گیاه جداگانه را می‌توان در طی یک مرحله آماده سازی تهیه نمود، همچنین این روش از سرعت و دقت کافی برخوردار است (De Laat *et al.* 1987). روش فلوسیتومتری قادر است مقدار DNA را به سرعت از هر نوع بافت گیاهی در تعداد زیادی از گیاهان در مدت زمان کوتاه تشخیص دهد و از آنجا تایید سطح پلوئیدی پس از القا چندگانی، که معمولا چندگان ها باید از بین تعداد زیادی از ریزنمونه‌های تیمار شده انتخاب شوند، روش مناسبی است.



شکل ٤- اندازه گیاه و اندازه خوشه گل در گل مغربی : الف) گیاه دیپلوئید (سمت چپ) و گیاه تتراپلوئید (سمت راست) ب) خوشه گل در گیاه دیپلوئید (سمت چپ) و خوشه گل در گیاه تتراپلوئید (سمت راست) (تحقیقات انجام شده توسط Talebi و همکاران در سال ۲۰۱۷).

[Downloaded from flowerjournal.ir at 0:06 +0330 on Wednesday December 16th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1397.3.2.7.6]

منابع

Abdolmohammadi, M., Jafarkhani Kermani, M., Zakizadeh, H., Hamidoghli, Y. (2014). *In vitro* embryo germination and interploidy hybridization of rose (*Rosa* sp.*). Euphytica, 198,* 255- 264.

Ahmadi, T., Jafarkhani Kermani, M., Mashayekhi, K., Hasanloo, T., Shariatpanahi, M.E. (2014). Comparing plant morphology, fertility and secondary metabolites in *Rosa hybrida* cv Iceberg and its chromosome-doubled progenies. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 4*(11), 3840-3849.

Brodsky, W.Y., Uryvaeva, I.V. (1977). Cell polyploidy: its relation to tissue growth and function. *International Review of Cytology, 50*, 275–332.

Comai, L. (2005). The advantages and disadvantages of being polyploid. *Nature Reviews Genetics, 6*, 836-846.

Comai, L., Tyagi, A.P., Winter, K., Holmes-Davis, R., Reynolds, S.H., Stevens, Y., Byers, B. (2000) Phenotypic instability and rapid gene silencing in newly formed Arabidopsis allotetraploids. *The Plant Cell*, 12: 1551–1568.

D'Amato, F. (1964). Endopolyploidy as a factor in plant tissue development. *Caryologia, 17*, 41–52.

Darlington, C.D., La Cour, L.F. (1976). *The Handling of Chromosomes.* 6th edition. George Allen and Unwin Ltd, London.

Delaat, A.M.M., Gohde, W., Vogelzakg, M.J.D.C (1987). Determination of ploidy of single plants and plant populations by flow cytometry. *Plant Breeding, 99*(4), 303-307.

Dhooghe, E., Van Laere, K., Eeckhaut, T., Leus, L., Van Huylenbroeck, J. (2011). Mitotic chromosome doubling of plant tissues *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture,104*, 359-373.

Eeckhaut, T., Van der Veken. J., Dhooghe, E., Leus, L., Van Laere, K., Van Huylenbroeck, J. (2018). Ploidy breeding in ornamentals. In: *Ornamental Crops* (pp. 145-173). Springer, Cham.

Entani, T., Takayama, S., Iwano, M., Shiba, H., Che, F.S., Isogai, A. (1999). Relationship between polyploidy and pollen self-incompatibility phenotype in *Petunia hybrida* Vilm. *Bioscience*, *Biotechnology, and Biochemistry, 63*, 1882–1888.

Gallardo, M.H., Gonzalez, C.A., Cebrián, I. (2006). Molecular cytogenetics and allotetraploidy in the red vizcacha rat, *Tympanoctomys barrerae*. *Genomics, 88,* 214–221.

Gantait, S., Mandal, N., Bhattacharyya, S., Kanti, P. (2011). Induction and identification of tetraploids using *in vitro* colchicine treatment of *Gerbera jamesonii* Bolus cv. Sciella. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 106* (3), 485-493.

Ghayoor Karimiani, Z., Bagheri, A., Jafarkhani Kermani, M., Davarynejad, G.H. (2008). Investigating the *in-vitro* growth inhibition of oryzalin treated *Gerbera jamesonii*. IVCHB (Sixth International Symposium on In Vitro Culture and Horticultural Breeding), Brisbane, Australia.

Jadrná, P., Plavcová, O., Kobza, F. (2010). Morphological changes in colchicine-treated *Pelargonium* × *hortorum* L.H. Bailey greenhouse plants. *Horticultural Science, 37*(1), 27-33.

Jafarkhani Kermani, M., Abdolmohammadi, M., Hosseini, Z.S. (2016). Ploidy level of progenitors affects polyploidization and hybridized progenies in roses. 1st International and 2nd National Ornamental Plants Congress. Mashhad, Iran.

Jenczewski, E., Eber, F., Grimaud, A., Huet, S., Lucas, M.O., Monod, H., Chevre, A.M. (2003). PrBn, a major gene controlling homeologous pairing in oilseed rape (*Brassica napus*) haploids. *Genetics, 164*(2), 645-653.

Joubès, J., Chevalier, C. (2000). Endoreduplication in higher plants. *Plant Molecular Biology, 43*(5-6), 735-45.

Jowkar, A., Kermani, M.J., Kafi, M., Mordi, M., Hoseini, Z.S., Koobaz, P. (2009). Cytogenetic and flow cytometry analysis of Iranian *Rosa* spp. *Floriculture and Ornamental Biotechnology, 3*(1), 71-74.

Kermani, M.J., Sarasan, V., Roberts, A.V., Yokoya, A., Wentworth, J., Sieber, V.K. (2003). Oryzalin-induced chromosome doubling in *Rosa* and its effects on plant morphology and pollen viability. *Theoretical and Applied Genetics*, *107*, 1195-1200.

Khosravi, P., Kermani, M.J., Nematzadeh, G.A., Bihamta, M.R., Yokoya, K. (2007). Role of mitotic inhibitors and genotype on chromosome doubling of *Rosa*. *Euphytica, 160*, 267-275.

Lu, B., Pan, X., Zhang, L., Huang, B., Sun, L., Li, B., Yi, B., Zheng, S., Yu, X., Ding, R., Chen, W. (2006). A genome-wide comparison of genes responsive to autopolyploidy in *Isatis indigotica* using *Arabidopsis thaliana* affymetrix genechips. *Plant Molecular Biology Reporter, 24*, 197-204.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1397.3.2.7.6]

Mastenbroek , I., deWet, J.M., Lu, C.Y. (1982). Chromosome behavior in early and advanced generation of tetraploid maize. *Caryologia, 35,* 463–470.

Mayer, V.W., Aguilera, A. (1990). High levels of chromosome instability in polyploids of *Saccharomyces cerevisiae*. *Mutation Research, 231*, 177–186.

Morejohn, L.C., Bureau, T.E., Mole-Bajer, J., Bajer, A., Fosker, D.E. (1987). Oryzalin, a dinitoaniline herbicide, binds to plant tubulin and inhibits microtubule polymerization in vitro. *Planta, 172*, 252-264.

Nasrallah, M.E., Yogeeswaran, K., Snyder, S., Nasrallah, J.B. (2000). Arabidopsis species hybrids in the study of species differences and evolution of amphiploidy in plants. *Journal of Plant Physiology, 124,* 1605–1614.

Pires, J.C., Zhao, J., Schranz, M.E., Leon, E.J., Quijada, P.A., Lukens, L.N., Osborn, T.C. (2004). Flowering time divergence and genomic rearrangements in resynthesized *Brassica* polyploids (Brassicaceae). *Biology Journal of Linnean Society, 82*, 675–688.

Prieto, P., Shaw, P., Moore, G. (2004). Homologue recognition during meiosis is associated with a change in chromatin conformation. *Nature Cell Biology, 6*, 906–908.

Ranney, T.G. (2006). Polyploidy: from evolution to new plant development. *Combined Proceedings of International Plant Propagators Society, 56*, 137–142.

Risso-Pascotto, C., Pagliarini, M.S., do Valle, C.B. (2005). Multiple spindles and cellularization during microsporogenesis in an artificially induced tetraploid accession of *Brachiaria ruziziensis* (Gramineae). *Plant Cell Reports, 23*, 522–527.

Sun, Q., Sun, H., Bell, R., Li, L., Zhou, G., Xi, L., Wei, Z. (2015). Field performance of vegetative form traits of neopolyploids produced by *in vitro* colchicine treatment in *Pyrus communis*. *Scientia Horticulturae, 193*, 182-187.

Takamura, T., Miyajima, I. (1996). Colchicine induced tetraploids in yellow-flowered cyclamens and their characteristics. *Scientia Horticulturae*, *65*(4), 305-312.

Talebi, S.F., Saharkhiz, M.J., Jafarkhani Kermani, M., Sharafi, Y., Raof-fard, F. (2017). Effect of different antimitotic agents on polyploidy induction of anise hyssop (*Agastache foeniculum* L.). *Caryologia, 70*(2), 184-193.

Talebi, S.F., Saharkhiz, M.J., Jafarkhani Kermani, M.J., Sharafi, Y., Raof-fard, F. (2016). Effect of ploidy level on the nuclear genome content and essential oil composition of Anise Hyssop (*Agastache foeniculum* [Pursh.] Kuntze). *Analytical Chemistry, 6*(5), 678-687.

Vaughan, M.A., Vaughn, K.C. (1987). Pronamide disrupts mitosis in a unique manner. *Pesticide Biochemistry and Physiology, 28*, 182-193.

Vaughn, K.C., Lehnen, L. (1991). Mitotic disrupter herbicides. *Weed Sciences, 39*, 450-457.

Viehmannova, I., Travnıckova, M., Spatenkova, E., Cerna, M., Travnıcek, P. (2012). Induced polyploidization and its influence on yield, morphological, and qualitative characteristics of microtubers in *Ullucus tuberosus*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 109*, 83–90.

Warner, D.A., Edwards, G.E. (1993). Effects of polyploidy on photosynthesis. *Photosynthesis Research, 35*, 135–147.

Zhou, X., Mo, X., Gui, M., Wu, X., Jiang, Y., Ma, L., Shi, Z., Luo, Y., Tang, W. (2015). Cytological, molecular mechanisms and temperature stress regulating production of diploid male gametes in *Dianthus caryophyllus* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 97*, 255-263.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1397.3.2.7.6]

Flower and Ornamental Plants (2019), 3(2): 77-89
Article type: Review article

Application of polyploidization in breeding of ornamental plants

Maryam Jafarkhani Kermani[*1], Masoumeh Emadpour[2]

1. Department of Tissue and Cell Culture, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), P.O. Box 31535-1897, Karaj, Iran
2. Department of Agricultural Biotechnology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
m.j.kermani@abrii.ac.ir

Abstract

Plant species with more than two sets of chromosome are called polyploids, which are usually spontaneously created by a mutation during the evolution process. The increased genetic diversity in polyploid plants is considered to be an important strategy in adapting them to new environments which are revolutionizing with time. The changes that are usually associated with auto and allopolyploids include alteration of cell size and morphological or physiological modifications. The aim of this study was to review some aspects of polyploidization and its impact on breeding of ornamental plants. Furthermore, the advantages and disadvantages of the polyploid plants, chromosome doubling agents and application of polyploidization in ornamental plants are reviewed and polyploidization as a modern breeding method is discussed. This review suggested that although there are some disadvantages with polyploid plants, however, they have major advantages over non-polyploids. In using chromosome doubling agents, results indicated that due to complexity of the mode of action of these agents and response of different plants to them, type and concentration of polyploid inducing agents, exposure period and explant type are to be optimized. Moreover, the results suggested that polyploidization induce changes in plant's vigor, size of the fruits and flowers, size and thickness of the leaves, fertility and resistance to biotic and abiotic stresses and therefore it is considered as a modern breeding method for ornamental plants.

Keywords: Chromosome sets, Ornamental plants, Morphological changes, Polyploidy.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1397.3.2.7.6]