



وزارت جہاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی

تولید و پرورش تجاری

گل میخک (۱)

(به نژادی، آبیاری و تغذیه گیاه)

گردآوری و تدوین کننده:

محمد علی خلج

نویسندگان (به ترتیب حروف الفبا):

پژمان آزادی، بهزاد ادیسی، سید محمد بنی جمالی،

حسین بیات، محمد علی خلج، محمد رضا شفیعی

محمد حسین عظیمی

سرشناسه عنوان و نام پدیدآور	خلج، محمدعلی، ۱۳۵۲-، گردآورنده : تولید و پرورش تجاری گل میخک (۱) (به‌نژادی، آبیاری و تغذیه گیاه) / گردآوری و تدوین‌کننده محمدعلی خلج؛ نویسندگان (به ترتیب حروف الفبا) پژمان آزادی ... او دیگران؛ [برای] وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی؛ ویراستار ترویجی سعیده اجاقی؛ ویراستار ادبی سمیرا میرنظامی؛ تهیه شده در مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی.
مشخصات نشر	کرج: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	۶۶ ص: مصور (رنگی)، جدول (رنگی)؛ ۹/۵ × ۱۹/۵ س.م.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۷۳۲-۶
وضعیت فهرست نویسی	فیفا
یادداشت	: نویسندگان (به ترتیب حروف الفبا) پژمان آزادی، بهزاد ادیسی، سیدمحمد بنی‌جمالی، حسین بیات، محمدعلی خلج، محمدرضا شفیعی، محمدحسین عظیمی.
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۶۰ - ۶۶
موضوع	: میخک -- اصلاح نژاد
موضوع	: Pinks (Plants) -- Breeding
موضوع	: میخک -- پرورش و تکثیر
موضوع	: Pinks (Plants) -- Culture
شناخته افزوده	: آزادی، پژمان، ۱۳۵۵ -
شناخته افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی
شناخته افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی
شناخته افزوده	: مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی
رده بندی کنگره	SB413
رده بندی دیویی	۶۳۵/۹۳۳۷۲
شماره کتابشناسی ملی	۷۳۰۹۹۳۲

ISBN: 978-964-520-732-6

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۷۳۲-۶



نشر آموزش کشاورزی

عنوان: تولید و پرورش تجاری گل میخک (۱)، (به نژادی، آبیاری و تغذیه گیاه)
گردآوری و تدوین‌کننده: محمد علی خلج
نویسندگان (به ترتیب حروف الفبا): پژمان آزادی، بهزاد ادیسی، سید محمد بنی‌جمالی، حسین بیات، محمد علی خلج، محمد رضا شفیعی و محمد حسین عظیمی
مدیر داخلی: شیوا پارسانیک
ویراستار ترویجی: سعیده اجاقی
ویراستار ادبی: سمیرا میرنظامی
تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی
ناشر: نشر آموزش کشاورزی
صفحه آرا: سبا سادات کرمانی پوربقایی
نمونه خوان: افسانه شایسته
شمارگان: ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۹
قیمت: رایگان

مسئولیت درستی مطالب با نویسندگان است.

شماره ثبت در مرکز فن آوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ۵۸۱۵۴ به تاریخ ۹۹/۰۶/۱۳ است.

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بین نواب و رودکی، پلاک ۲۰۵، مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، طبقه ۱۲ | تلفن: ۶۶۴۳۰۴۶۵ | تلفکس: ۶۶۴۳۰۴۶۴ | کد پستی: ۱۴۵۷۸۹۶۶۸

مخاطبان:

♦ باغداران، کارشناسان، مروجان پهنه‌های تولیدی و سایر علاقه‌مندان.

اهداف آموزشی:

♦ شما پس از مطالعه این دستنامه با روش‌های به‌نژادی، آبیاری و تغذیه گل میخک به منظور تولید و پرورش تجاری این گل آشنا می‌شوید.

فهرست

صفحه

عنوان

۷	مقدمه
۸	مشخصات گل میخک
۱۲	اصلاح و به نژادی
۱۳	دورگ گیری
۱۶	اصلاح به روش موتاسیون
۲۰	حاصلخیزی خاک و تغذیه گل میخک
۲۰	سیستم کشت
۲۷	بستر ریشه زایی
۲۷	تغذیه با سیستم کودآبیاری
۲۸	آبیاری
۳۰	هدایت الکتریکی (EC)
۳۱	تغذیه میخک
۳۴	توصیه های کودی و علائم ظاهری کمبود عناصر غذایی
۵۷	توصیه های عمومی
۶۰	منابع

مقدمه

گل میخک یکی از مهم ترین گل های شاخه بریده ایران و جهان است که به دو شکل کلی استاندارد (تک گل) و خوشه ای (چند گل) مورد استفاده قرار می گیرد. نام این گل، گل خدایان با بوی خوش است که این نام حاصل ترکیب Dios یعنی خدا و anthus یعنی گل است. در بازار داخلی برخلاف بازار خارجی، انواع تک گل آن طرف دار بیش تری دارد. به طور عمده تولید گل میخک ایران در شهرهای محلات و ورامین انجام می شود.

مشخصات گل میخک

گل میخک مانند سایر گل‌های دیگر مشخصاتی دارد که این مشخصات به شرح زیر است و همچنین در شکل ۱ نمایی شماتیک از این گل نمایش داده شده است:

◀ میخک از گونه *Dianthus caryophyllus* و متعلق به خانواده Caryophyllaceae است.

◀ از لحاظ محبوبیت گل میخک پس از گل رز قرار دارد.

◀ میخک گیاهی دیپلوئید^۱ و خودگشن است که فرم تتراپلوئید آن هم شناسایی شده است و همچنین فرم تری پلوئید آن برای اهداف تجاری تولید می‌شود.

◀ ارقام میخک اغلب دیپلوئید (2n) هستند انواع تتراپلوئید آن گل‌های بزرگ تری دارند و ساقه‌ای محکم‌تر از انواع دیپلوئید تولید می‌کنند، اما به علت باروری کم‌تر به ندرت کشت می‌شوند.

◀ این گل بومی مدیترانه، جنوب اروپا تا آسیای مرکزی است و در ایران حدود ۳۰ گونه از جمله *D. tabrisianus* و *D. orientalis* که دارای گل‌های ریز و زیبا هستند، وجود دارند.

◀ میخک چند ساله و علفی است؛ ولی به صورت یک ساله و دو ساله مورد کشت قرار می‌گیرد.

1- $2n=2x=30$

- ◀ برگ های میخک باریک خط و به صورت جفت های متقابل و به رنگ سبز مایل به کبود هستند.
- ◀ میخک دارای گل نر- ماده^۱ است و گرده افشانی آن به وسیله باد (آنموفیل^۲) انجام می شود.
- ◀ میخک گیاهی خودبارور (اتوگامی^۳) است.
- ◀ دامنه رنگ گل در این گیاه وسیع است و محدود به رنگ های سیاه و آبی نیست و رنگ های متنوع را می توان با مواد شیمیایی در ارقام سفید گل، به صورت رنگی تولید کرد. همچنین در برخی از ارقام میخک عطر خاصی وجود دارد.
- ◀ میخک معمولاً ۱۰ پرچم دارد که البته در یک گیاه از گلی به گل دیگر می تواند متفاوت باشد و این موضوع به ویژه در میخک های دابل و صورتی خیلی متفاوت است.
- ◀ ارقام جدید میخک بر اساس صفاتی مثل اندازه گل، تعداد گلبرگ، طول ساقه، مقاومت به بیماری و رنگ گل انتخاب می شوند.
- ◀ جام گل در میخک حقیقی نیست و از تغییر شکل پرچم گل حاصل شده است که به آن گلبرگ نما^۴ گفته می شود که تعداد آن در ارقام میخک به ۶۰ عدد می رسد.

◀ در برخی از میخک‌های منفرد، پرچم‌ها در دو گروه با ارتفاع مختلف قرار می‌گیرند.



شکل ۱- برش طولی گل از روبه رو (سمت راست؛ الف) کاسبرگ گل، (ب) گل کامل، (ج) گلبرگ، (د) اندام جنسی نر، (ه) اندام جنسی ماده و (ی) برش طولی تخمدان به همراه بذر (سمت چپ)

تیپ گل آذین در گل میخک به دو شکل دیده می‌شود:

۱- «گل آذین استاندارد» که تمامی غنچه‌های گل به غیر از جوانه گل انتهایی در آن حذف می‌شوند تا فقط یک گل درشت تولید شود (شکل ۲).

۲- «گل آذین اسپری» که جوانه انتهایی حذف و جوانه‌های جانبی روی ساقه طویل حفظ می‌شوند، در این صورت تعداد زیادی گل حاصل می‌شود (شکل ۳). محل

اتصال برگ به ساقه یعنی گره در میخک، متورم و برجسته است و اولین گره در پایین ساقه نسبت به گره‌های بالاتر رشد رویشی بیش‌تری دارد.



شکل ۲- میخک استاندارد



شکل ۳- میخک اسپری

اصلاح و به نژادی

اکثر ارقام گیاهان زینتی جدید در کشاورزی مدرن از طریق روش های به نژادی کلاسیک به دست می آیند. روش های متداول به نژادی با روش های دیگر مانند مهندسی ژنتیک، ژنتیک مولکولی یا بیوتکنولوژی فرق دارد. پیشرفت های زیادی در ارقام باغی توسط روش های کلاسیک در ۵۰ تا ۷۰ سال گذشته به دست آمد. با انجام دورگ گیری بین ارقام مختلف، شمار زیادی از واریته های جدید به وجود آمدند. با این حال، پیشرفت به نژادی گیاهان بازهم قانع کننده نبود؛ زیرا تلاقی ها بدون آگاهی ژنتیکی صورت می گرفت و نتایج بیش تر به شانس و تصادف بستگی داشت. اگرچه منابع ژنتیکی تعداد زیادی از گیاهان زینتی در کشور موجود است، متأسفانه به نژادی و اصلاح این گیاهان به موازات سایر گیاهان زراعی پیشرفت نداشته است و اکثر ارقام گیاهان زینتی کشور وارداتی هستند. بنابراین برای تولید ارقام جدید گیاهان زینتی، تحقیقات زیادی توسط به نژادگران کشور در حال انجام است. به لحاظ تنوع زیاد رنگ و شکل در بازار، تولید ارقام جدید با صفات ارزشمند و اقتصادی می تواند این صنعت را متحول کند. مشکلات توسعه نیافتگی ارقام

وارداتی میخک، به علت بومی نبودن ارقام مذکور، نداشتن منشأ سازگاری برای اقلیم کشور و از طرفی حساسیت به بیماری های ویروسی و قارچی از جمله فوژاریوم و همچنین بازار تنوع طلب گل و گیاه و نیاز روزافزون به ارقام جدید، گویای اهمیت تولید ارقام جدید میخک در کشور است.

دورگ گیری

مطالعه مورفولوژی گل، اولین مقوله ای است که برای اصلاح هر گیاه مورد توجه است. بنابراین شناخت کاملی از ساختمان گل شامل کاسبرگ ها، گلبرگ ها، پرچم ها، بساک، تخمدان و کلاله در برنامه اصلاحی کاملاً لازم است. در حقیقت یک برنامه اصلاحی با انتخاب پایه های مادری، بررسی موضوع گرده افشانی، تلقیح مصنوعی و باروری پایه های انتخاب شده ادامه می یابد. پایه های اولیه زمانی کشت می شوند که گل دهی هم زمانی داشته باشند. در حقیقت برنامه اصلاحی با انتخاب پایه های مادری شروع می شود و با بررسی مورفولوژی گل، بررسی گرده افشانی، تلقیح مصنوعی و باروری پایه های انتخابی ادامه می یابد.

مراحل تولید هیبرید

مراحل تولید هیبرید به شرح زیر است:

- ۱- آماده سازی پایه های مادری و پدری؛
- ۲- آزمایش برای توانایی ترکیب پذیری عمومی^۱؛
- ۳- آزمایش برای توانایی ترکیب پذیری خصوصی^۲؛
- ۴- انجام دادن تلاقی بین والدین انتخاب شده در یک مقیاس وسیع از یک یا چند روش.

کلاله در میخک کمی بالاتر از پرچم ها قرار دارد. تلاقی ها را می توان بلافاصله پس از اخته کردن گل ها انجام داد. بهترین زمان انجام اخته کردن در اواخر دوره غنچه است، یعنی وقتی که گلبرگ ها رنگ خود را نشان می دهند ولی گل کاملاً باز نشده است. بهترین راه در گرده افشانی مصنوعی، استفاده از گل های اصلی و حذف بقیه گل ها از روی خوشه است. بهتر است دم گل ها نیز به اندازه کافی بلند باشند تا برچسب گذاری به درستی صورت گیرد. چون کلاله در قسمت میانی گل و بالاتر از گلبرگ ها قرار دارد، به عمل اخته کردن نیازی نیست. شایان ذکر است وقتی گل ها در حال باز شدن هستند، باید اکثر گلبرگ های میانی و پرچم ها را حذف کرد. برای حفاظت مادگی و تخمک، بهتر است که گلبرگ های بیرونی گیاه حذف نشود؛ زیرا این گلبرگ ها با تولید هورمون باعث افزایش تشکیل بذر

۱- وضعیت متوسط یک لاین در ترکیب هیبریدی (GCA):
است

۲- وضعیت دو لاین به خصوص در یک تلاقی است : (SCA) Specific Combining Ability

می شوند. به علت تراکم غنچه های گل میخک، بیش ترین موفقیت تلاقی های دوطرفه در مرحله بلوغ کامل گل ها اتفاق می افتد و این موضوع مشروط به ایزوله کردن گل های ماده در مقابل حشرات است. کلیه عملیات دورگ گیری و اخته کردن اگر در ساعات اولیه روز یا در اوقات پایانی روز انجام شود، موفقیت بیش تری را در پی خواهد داشت. تاریخ های کشت متفاوت والدین، برای هم زمان کردن گل دهی، یکی از متداول ترین روش ها برای هم زمان سازی گل دهی است. مدیریت عوامل تغذیه ای، درجه حرارت و رطوبت عوامل دیگری هستند که در مورد دورگ گیری میخک اهمیت دارند.

میخک های پرپر کنونی به دلیل پدیده پتالوئیدی^۱ پرچم ها حاصل شده است. انواع بسیار پرپر، دانه گرده تولید نمی کنند؛ بنابراین برای وادار کردن آن ها به تولید دانه گرده و بذر، باید شرایط اقلیمی و همچنین تغذیه بهینه مورد توجه قرار گیرد. مواد غذایی غنی باعث تولید گرده فراوان می شود و از طرفی بعد از تلاقی اگر بنبیه بوته مادری ضعیف باشد، تعداد بذر کم تری تولید می شود یا بذور تولید شده قوه نامیه نخواهند داشت و به اصطلاح پوک خواهند شد. در روش های کلاسیک اگر صفت مورد نظر

1- Petaloid

مغلوب باشد، ممکن است در نسل اول (F_1) بیان نشود. بنابراین با خودگشنی نسل اول و تولید جمعیت نسل دوم، انتخاب یک یا چند فرد با صفت موردنظر ممکن می شود. در فرایند اصلاح به روش خودگشنی ممکن است با بروز صفات نامطلوب مانع تولید نسل هموزیگوت مغلوب شود. استفاده از هیبریدها در میخک، در ابتدا نیازمند تولید آمفی دیپلوئیدها^۱ برای بازگرداندن توانایی باروری است.

اصلاح به روش موتاسیون

تنوع ژنتیکی در میان گیاهان زینتی عامل بسیار مهمی است. جهش به عنوان یکی از عوامل تنوع ژنتیکی می شود. با توجه به اینکه جهش به صورت طبیعی به ندرت اتفاق می افتد و همچنین امکان ایجاد جهش مطلوب بسیار کم است، همین امر سبب شده است که ایجاد جهش با استفاده از روش های فیزیکی و شیمیایی گسترش یابد. در جدول ۱ برخی از روش های فیزیکی و شیمیایی مرسوم برای گیاهان ذکر شده است و همچنین در شکل ۴ روند به نژادی گل میخک نمایش داده شده است.

1- Amfidiploidy

جدول ۱- برخی از روش‌های فیزیکی و شیمیایی روش موتاسیون برای گیاهان

روش فیزیکی	روش شیمیایی
پرتوتابی با اشعه یونیزه‌کننده گاما پرتوتابی با اشعه یونیزه‌کننده ایکس	اتیل‌متان‌سولفونات (EMS) کلشی‌سین



شکل ۴- روند اصلاح و به نژادی میخک

علاوه بر موارد ذکر شده تعدادی از ارقام جدید میخک‌ها نیز توسط جهش‌جوانه‌ای به دست آمده‌اند. تلاقی‌های زیادی بین این موتانت‌ها در سطح جهانی انجام شده و ارقام به‌سهولت از طریق قلمه ازدیاد و انتشار یافته‌است. کشت مریستم میخک و ایجاد جهش با استفاده از اشعه گاما (قلمه و کالوس) به عنوان یک روش فیزیکی، مسیر مناسبی برای تولید ارقام جدید، تولید گیاهان عاری از ویروس و ایجاد تنوع در گیاه میخک است.

پرتو گاما از پرتوهای یونیزه‌کننده الکترومغناطیسی است که مستقیماً بر ماده ژنتیکی اصابت می‌کند و سبب موتاسیون ژنی یا کروموزومی می‌شود. در تحقیقات مختلف تأثیرات اشعه گاما و ایکس بر روی مرگ و میر و نرخ جهش و طیف فنوتیپی جهش‌ها برای اصلاح میخک انجام شد. نتایج نشان داد که اشعه‌های مذکور در برخی گیاهان موجب جهش کروموزومی بزرگ در DNA و در برخی دیگر موجب تغییراتی در نقاطی از ژنوم شده‌اند.

در زمینه تأثیرات جهش با پرتو گاما تحقیقات بسیاری صورت گرفته است، به‌طور مثال با پرتوتابی گاما با دزهای مختلف به دو وارته میخک نشان داده شد که این جهش بر روی تعداد شاخه و تعداد گل بر روی شاخه

تأثیر دارد و باعث تغییر رنگ در گل می شود. چهار نوع رنگ متفاوت در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت که دز ۲۰ گری^۱ بیش ترین تغییرات را ایجاد کرد. در این راستا و در مطالعه ای دیگر اثر جهش با پرتوتابی گاما بر روی سه رقم میخک به منظور بررسی تغییرات سوماتیک^۲ انجام شد. طی این بررسی مشخص شد که جهش بر روی هر دو لایه بالا و پایین اپیدرم گلبرگ اثر می کند؛ زیرا لکه های رنگی ایجاد شده در هر دو طرف گلبرگ دیده می شدند. این جهش باعث ایجاد رنگ قرمز در رقم سفید (White sim) و به ترتیب طیف رنگی قرمز و نارنجی در ارقام Red sim و Harvest moon شد. در جهش های سوماتیکی بین نرخ جهش و دز جهش رابطه ای خطی برقرار است، اما در رقم Harvest moon رابطه ای نمایی در این باره دیده شد که احتمالاً ناشی از تفاوت ژنوتیپی است. همچنین در مطالعه ای دیگر یک رقم میخک خوشه ای به نام Vital در شرایط درون شیشه ای مورد مونتاسیون به وسیله سه پرتو گاما، ایکس و ذرات یونی با دزهای متفاوت قرار گرفت و با اندازه گیری صفات ملاحظه شد که در دزهای ۷۰ یونی و ۸۰ ایکس فراوانی باززایی ریشه های نابجا افزایش یافت و

1- Gray

2- Somatic

تغییراتی در رنگ و شکل گل ایجاد شد. این کار در نهایت به معرفی سه واریته جدید میخک انجامید که واریته جدید هم خصوصیات پایه مادری (که مقاوم به فوزاریوم است) را داشت و هم دارای خصوصیات ذکرشده بود.

در مطالعه‌ای دیگر با استفاده از پرتوتابی گاما جهش بر روی شش لاین میخک در شرایط درون شیشه‌ای ایجاد شد. بعد از رشد گیاهچه این لاین‌ها با یکدیگر تلاقی داده شدند و آنتوسیانین گلبرگ‌ها استخراج شد. بعد از انجام واکنش و بررسی صفات مورد نظر مشخص شد که الگوی وراثتی رنگ‌های خاص به این ترتیب است که دو لاین اصلاحی، دارای گلبرگ‌های صورتی بودند. اخیراً در کشور، میخک‌های تکثیرشده به روش‌های قلمه و کالوس چندین رقم میخک خوشه‌ای^۱ و استاندارد با استفاده از اشعه گاما پرتودهی شده‌اند و اثرات جهش‌های ایجاد شده در آن‌ها چشمگیر بوده است.

حاصلخیزی خاک و تغذیه گل میخک

سیستم کشت

گل میخک را می‌توان به صورت تجاری در بسترهای خاکی و غیرخاکی کشت و تولید کرد.

1- Spray

کشت بدون خاک (هیدروپونیک)

در سیستم کشت بدون خاک از بسترهای پیت یا کوکوپیت و پرلیت به صورت مخلوط با درصد‌های مختلف استفاده می‌شود. در این سیستم کشت، غلظت مناسب عناصر غذایی در محلول‌های غذایی در جدول ۲ بیان شده است.

جدول ۲- غلظت مناسب عناصر غذایی در سیستم‌های کشت باز و بسته بدون خاک برای تولید گل میخک

Dianthus caryophyllus			میخک
	محلول غذایی استاندارد		عناصر
مقدار نهایی در ریشه	سیستم بسته	سیستم باز	
۲/۲	۱/۱	۱/۸	هدایت الکتریکی (EC)، دسی‌زیمنس بر متر
۵/۸			اسیدیته (pH)
	میلی‌مول بر لیتر		عناصر پرمصرف
۰/۱	۰/۷۵	۱	آمونیم (NH4)
۷	۴/۴	۶/۷۵	پتاسیم (K)
<۴			سدیم (Na)
۵	۱/۵	۳/۵	کلسیم (Ca)

ادامه جدول ۲- غلظت مناسب عناصر غذایی در سیستم های کشت باز و بسته بدون خاک برای تولید گل میخک

میخک	محلول غذایی استاندارد		Dianthus caryophyllus
عناصر	سیستم باز	سیستم بسته	مقدار نهایی در ریشه
منیزیم (Mg)	۱	۰/۶	۲/۲
نیتрат (NO_3)	۱۳	۷/۲۵	۱۴
کلر (Cl)			<۴
سولفات (SO_4)	۱/۲۵	۰/۷	۳
بی کربنات (HCO_3)			<۱
ارتوفسفات (H_2PO_4)	۱/۲۵	۰/۷	۰/۹
عناصر کم مصرف	میکرو مول بر لیتر		
آهن (Fe)	۲۵	۲۰	۲۰
منگنز (Mn)	۱۰	۵	۳
روی (Zn)	۴	۳	۵
بر (B)	۳۰	۲۰	۶۰
مس (Cu)	۰/۷۵	۰/۵	۱
مولیبدن (Mo)	۰/۵	۰/۵	۰/۵

کشت خاکی

گل میخک را می توان در هر نوع خاکی کشت کرد؛ اما برای کشت بهتر می بایست خاکی که کشت در آن انجام می شود، دارای موارد زیر باشد:

◀ خاک کشت باید دارای زهکشی مناسبی باشد و همچنین شرایط فیزیکی خوبی داشته باشد.

◀ با توجه به اینکه ریشه های گل میخک تا عمق ۲۵ تا ۳۰ سانتی متری خاک نفوذ می کنند، بهتر است خاک تا عمق ۴۰ سانتی متری آماده شده و شخم خورده باشد.

◀ اسیدیته (pH) مناسب خاک برای کشت گل میخک بین ۵/۵ تا ۶/۵ است.

◀ خاک های سبک مانند لوم شنی و شن لومی مناسب ترین خاک ها برای تولید تجاری گل میخک هستند.

◀ خاک هایی که دارای مقدار بالایی از خاک رس یا سیلت هستند باید با ماده آلی یا کمپوست مخلوط شده و اصلاح شوند.

برای مقابله با مشکل پوسیدگی فوزاریومی و نماتدها، ضروری است که خاک قبل از کشت با روش های رایج (مواد شیمیایی یا اشعه خورشید) ضد عفونی شود. برای مدیریت بهتر تولید، نمونه برداری خاک قبل از کاشت

به منظور بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن توصیه می شود. برای بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، وجود مواد آلی در خاک مفید است. خاک های رسی و سیلتی را می توان با مخلوط کردن مواد آلی و کمپوست اصلاح کرد که به این منظور مصرف ۵۰ تا ۱۰۰ تن در هکتار کود دامی پوسیده قبل از کاشت توصیه می شود.

کاشت میخک در گلدان، نیاز به خاکی با تخلخل و زهکشی بالاتر از اغلب خاک های زراعی دارد که ترکیب خاکی مناسب آن شامل موارد زیر است:

◀ ۱۰ درصد رس؛

◀ ۵۰ درصد پیت یا مواد آلی جایگزینی؛

◀ ۴۰ درصد ماسه.

به منظور افزایش تهویه و حاصلخیزی، لازم است که مواد آلی به خاک اضافه شود. به طور کلی می توان مواد آلی ذکر شده در جدول ۳ را به خاک اضافه کرد.

جدول ۳- نوع و مقدار مواد آلی که می توان به خاک کشت میخک اضافه کرد

نوع مواد آلی	میزان
کود دامی کاملاً پوسیده	۲۵ کیلوگرم
برگ پوسیده	۲۵ کیلوگرم
پودر استخوان	۵۰۰ گرم در مترمربع

علاوه بر موارد بالا بقایای گیاهی دیگر مانند کوکوپیت، اسید هیومیک، جلبک های دریایی و عناصر کم مصرف موجب بهبود بافت و وضعیت تغذیه محیط رشد میخک می شود. مواد آلی بایستی به طور کامل با خاک مخلوط شود و به دنبال آن قبل از کشت عملیات ضد عفونی شیمیایی یا همراه با بخار آب انجام شود، به طوری که موجب حذف پاتوژن های بیماری و آفت شود. عملیات ضد عفونی خاک به روش زیر انجام می شود:

۱- افزایش دمای عمق سطحی خاک حدود ۶۰ تا ۷۲ درجه سانتی گراد افزایش یابد و همچنین از پوشش پلاستیکی استفاده شود.

۲- یکی از مواد شیمیایی ذکر شده در جدول ۴ برای ضد عفونی خاک استفاده شود.

۳- پس از گذشت ۴۸ ساعت از مصرف ماده شیمیایی مورد نظر، پوشش پلاستیکی از روی خاک برداشته شده و خاک برای تهویه مناسب و حذف بقایای مواد شیمیایی استفاده شده و ۳ تا ۴ مرتبه با آب آبیاری نیز شست و شو داده شود.

جدول ۴- مواد شیمیایی لازم برای عملیات ضد عفونی خاک

میزان	مواد شیمیایی
۳۰ تا ۴۰ گرم در مترمربع است	واپام
۲ لیتر در مترمربع که به نسبت ۱ به ۷ با آب مخلوط شده است	فرمالدهید
۳۰۰ میلی لیتر در مترمربع است	آب اکسیژنه

نتایج یک تحقیق نشان داد که آفتاب دهی خاک مرطوب پوشش دارشده با پلاستیک شفاف به مدت ۶ هفته به همراه کود دامی تازه (گاوی) به میزان ۴۰ تن در هکتار، علاوه بر اینکه موجب کاهش جمعیت گونه های بیماری زای فوزاریوم شد، باعث کاهش تلفات بوته و جمعیت علف هرز نیز شد. همچنین این روش موجب افزایش حاصلخیزی خاک و جذب کل عناصر غذایی توسط گیاه شد که در نتیجه تعداد شاخه گل میخک نیز افزایش یافت. بنابراین با توجه به اثرات مفید این روش برای خاک و گیاه و همچنین مفیدبودن اثرات باقی مانده آن برای محصول بعدی، این روش برای ضد عفونی کردن خاک توصیه می شود.

معمولاً به طور ایدئال برای توسعه و رشد مناسب میخک بستر را در جهت شمالی-جنوبی و با عرض مناسب حدود

۱۰۰ تا ۱۲۰ سانتی متر و با عمق ۳۰ تا ۴۰ سانتی متر و به طول ۲۵ تا ۴۰ متر با راهروهای حدود ۴۵ تا ۵۰ سانتی متر در نظر می گیرند.

بستر ریشه زایی

برای ریشه زایی قلمه میخک از ماسه، پرلیت، ورمی کولیت، کوکوپیت، پیت ماس و... استفاده می شود. گاهی دو یا اغلب مواد فوق به صورت مخلوط مورد استفاده قرار می گیرد. به طور کلی مناسب ترین شرایط فیزیکی و شیمیایی محیط ریشه زایی قلمه های میخک به شرح زیر است:

◀ بستر ریشه زایی نیاز به ۲۰ تا ۳۵ درصد رطوبت دارد.

◀ بستر ریشه زایی نیاز به ۶۰ درصد تخلخل دارد.

بستر ریشه زایی نیاز به ۳۰ تا ۴۰ درصد هوا دارد.

بستر ریشه زایی نیاز به pH بین ۶ تا ۶/۸ دارد.

*** نکته:** لازم است محیط ریشه زایی قبل از کاشت

ضد عفونی شده باشد.

تغذیه با سیستم کود آبیاری

بعد از کوددهی پایه قبل از کاشت، از کوددهی در حین رشد نیز استفاده می شود که بهترین روش استفاده

کودهای شیمیایی در میخک مصرف توأم آب و کود^۱ است. این روش نسبت به کوددهی سرک، ضمن افزایش کمیت و کیفیت گل تولیدی موجب جلوگیری از اتلاف آب و عناصر غذایی و افزایش بازدهی آن ها می شود. مصرف کودها باید بر اساس تجزیه آب و خاک و همچنین نیاز گیاه باشد. توصیه های عمومی نیز در این رابطه موجود است که بهتر است با کارشناسان متخصص این امر مشورت انجام شود.

آبیاری

میخک نیاز به تأمین منظم آب آبیاری و رطوبت خاک برای ایجاد ریشه های عمیق دارد. در کاشت گل میخک می توان از روش های مختلف آبیاری به صورت فاروئی (جوی پشته ای)، بارانی و قطره ای بسته به شرایط محیط استفاده کرد. در روش قطره ای ضمن صرفه جویی در مصرف آب، احتمال شیوع بیماری ها بسیار کاهش می یابد. میخک به کمبود یا زیادی آب حساس نیست. خاک باید همیشه مرطوب باشد، ولی بسته به بافت خاک، فتوپریود، دما و رطوبت هوا، میزان آبیاری متفاوت خواهد بود. وقتی نور کم است با کاهش آبیاری مانع ایجاد شاخه های ضعیف می شویم. در زمان تشکیل گل، آبیاری

منظم برای افزایش اندازه و رنگ گل ها و همچنین افزایش طول عمر آن ها بعد از برداشت ضروری است.

بهتر است که ۱۰ تا ۱۴ روز اول کاشت قلمه ها از آبیاری قطره ای یا غرقابی استفاده نشود و سعی شود از مه پاشی^۱ و آبیاری بارانی استفاده شود و پس از استقرار بوته گام به گام آبیاری قطره ای آغاز شود. تناوب آبیاری تحت اثر بافت خاک، شرایط محیطی و میزان رشد گیاه تعیین می شود. به منظور اطمینان از آب کافی می توان از وسایلی همچون تانسومتر استفاده کرد. بر این اساس در مکش های بین ۰/۵ تا ۰/۷ بار اقدام به آبیاری در گلخانه می شود. آبیاری متناوب اضافی و زهکشی نامناسب به ویژه در خاک های سنگین با تهویه ضعیف، موجب رشد کم ریشه، کلروز^۲ و کیفیت پایین میخک می شود. از بروز شرایط ماندابی بایستی اجتناب شود تا احتمال بروز بیماری کاهش یابد. توصیه می شود کیفیت آب آبیاری از نظر EC و pH مورد بررسی قرار گیرد. میزان سدیم و کلر به ترتیب در سیستم های معمول آبیاری (سیستم باز دارای زهکشی) کم تر از ۰/۵ و ۰/۷ میلی مول در لیتر باشد.

1- mist

2- Chlorosis

لازم است آب آبیاری دارای کیفیت مناسب باشد. بر اساس تحقیقات مختلف، در محیط های کشت بدون خاک، میزان بی کربنات در آب آبیاری بایستی کم تر از یک میلی مول در لیتر باشد تا از اختلال در جذب عناصر غذایی از جمله آهن توسط گیاه جلوگیری شود. در صورت بالابودن بی کربنات با استفاده از اسیدها (اسید سولفوریک یا اسید نیتریک، اسید فسفریک) می توان نسبت به خنثی کردن آن اقدام کرد. مقدار آب در هر آبیاری به میزان قابل توجهی بستگی به عواملی مانند دمای هوا، شدت نور، رطوبت، نوع خاک و درجه حرارت خاک دارد. گیاه میخک در مرحله کاملاً توسعه یافته نیاز به ۴ تا ۵ لیتر آب در مترمربع در روز دارد.

هدایت الکتریکی (EC)^۱

هدایت الکتریکی نشان دهنده غلظت املاح موجود در آب یا عصاره اشباع خاک است و با واحد دسی زیمنس بر متر آن را نشان می دهند. گیاهان زینتی را بر اساس میزان غلظت املاح موجود در آب یا عصاره اشباع خاک به صورت جدول ۵ طبقه بندی می کنند.

1- Electerical conductivity

بر اساس طبقه بندی بالا، گل میخک^۱ جزء گیاهان دارای مقاومت متوسط است. هدایت الکتریکی بهینه در مرحله رویشی ۱/۲ دسی زیمنس بر مترو در مرحله زایشی ۱/۵ تا ۱/۷ دسی زیمنس بر متر است.

جدول ۵- طبقه بندی گیاهان بر اساس مقاومت به شوری خاک

غلظت املاح در عصاره اشباع خاک ECe (dS m ⁻¹)	طبقه بندی گیاهان
<۲	خیلی حساس
۲-۳	حساس
۳-۴	حساسیت متوسط
۴-۵	مقاومت متوسط
۵-۶	مقاوم
>۶	خیلی مقاوم

تغذیه میخک

تغذیه میخک به نوع بستر کاشت و میزان عناصر غذایی در آن، نوع رقم، مرحله رویش و سیستم مصرف کود مانند پخش مستقیم، آب و کود و... بستگی دارد. لازم است قبل از کاشت، از بستر کاشت نمونه تهیه شود و برای آنالیز به آزمایشگاه ارسال شود. نتایج تجزیه

1- Dianthus caryophyllus

آزمایشگاهی را با ارقام جدول ۶ مقایسه کنید تا میزان مطلوب، کم و زیاد عناصر غذایی در خاک مشخص شود و در صورت کمبود عناصر نسبت به جبران آن اقدام شود.

جدول ۶- ارزیابی گروه حاصلخیزی عناصر غذایی در خاک برای میخک

روش اندازه گیری	گروه حاصلخیزی خاک					واحد	نام عنصر
	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم		
روش هضم تر	-	$> 1/5$	$0/5 - 1/5$	$< 0/5$	-	(%)	کربن آلی
روش پرمگنات پتاسیم	-	$> 0/028$	$0/028 - 0/014$	$< 0/014$	-	(%)	نیتروژن
روش اولسن	-	> 12	$5/0 - 12$	$< 5/0$	-	(ppm)	فسفر
روش آمونیوم استات	-	> 140	$50 - 140$	< 50	-	(ppm)	پتاسیم
روش آمونیوم استات	-	$> 1/5$	-	$< 1/5$	-	(cmol (p+)/ kg)	کلسیم
روش آمونیوم استات	-	$> 1/0$	-	$< 1/0$	-	(cmol (p+)/ kg)	منیزیم

ادامه جدول ۶- ارزیابی گروه حاصلخیزی عناصر غذایی در خاک برای میفک

روش اندازه گیری	گروه حاصلخیزی خاک						واحد	نام عنصر
	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم			
روش کدورت سنجی (0.15% CaCl2)	-	>۱۰	-	<۱۰	-	(ppm)	گوگرد	
روش جذب اتمی	>۱۰	۶-۱۰	۴-۶	۲-۴	۰-۲	(mg kg ⁻¹)	آهن	
روش جذب اتمی	>۵	۳-۵	۱-۳	۰/۵-۱	۰-۰/۵	(mg kg ⁻¹)	روی	
روش جذب اتمی	>۶	۳/۵-۶	۱/۲-۳/۵	۰/۵-۱/۲	۰-۰/۵	(mg kg ⁻¹)	منگنز	
روش جذب اتمی	>۳	۰/۸-۳	۰/۳-۰/۸	۰/۱-۰/۳	۰-۰/۱	(mg kg ⁻¹)	مس	
روش آزمونین اچ با استفاده از دستگاه اسپکترفوتومتر	>۲	۱/۲-۲	۰/۸-۱/۲	۰/۵-۰/۸	۰-۰/۵	(mg kg ⁻¹)	بور	

توصیه های کودی و علائم ظاهری کمبود عناصر غذایی

از راه های تشخیص کمبود عناصر غذایی در میخک، شناسایی علائم ظاهری کمبود است که احتیاج به افراد باتجربه دارد و احتمال بروز خطا در آن زیاد است. باید توضیح داد که بهترین روش، توصیه کودی بر اساس آزمون خاک و اندازه گیری میزان عناصر قابل جذب گیاه در خاک است. تجزیه گیاه نیز می تواند برای ارزیابی وضعیت تغذیه گیاه مورد استفاده قرار گیرد و زمانی که با تجزیه خاک توأماً انجام شود، نتایج مطلوبی برای توصیه های کودی بعدی ایجاد می کند. نکته حائز اهمیت این است که نسبت عناصر غذایی در گیاه از مقدار مطلق آن در گیاه گویا تر است.

هفده عنصر غذایی ضروری برای گیاهان شناخته شده است که برای تولید بهینه، باید تمامی این عناصر به میزان مناسب برای گیاهان فراهم شوند. عناصر کربن، اکسیژن و هیدروژن از طریق آب و هوا تأمین می شود. عناصری که از طریق محلول های غذایی تأمین می شوند، دو دسته اند: ۱- نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد که جزء عناصر پرمصرف به شمار می روند و ۲- منگنز، آهن، بور، مس، روی، مولیبدن، نیکل و کلر که جزء عناصر

کم مصرف برای گیاه هستند. سیلیسیم، کبالت و سدیم هم در بعضی از گیاهان استفاده می شود. شایان ذکر است که نیکل برای تمام گیاهان و سیلیسیم برای برخی گیاهان به عنوان عنصر ضروری معرفی شده اند.

گل میخک نیاز به سطح بالایی از تغذیه عناصر غذایی برای رشد بهینه گیاه و گل دهی دارد. مصرف عناصر غذایی در غلظت های کم ولی در چند مرحله موجب رشد و گل دهی بهتر آن خواهد شد. کمبود یک یا چند عنصر غذایی ضروری، رشد گیاه و گل دهی را محدود خواهد کرد. در ادامه به شرح مختصری از نقش عناصر غذایی در گیاهان به ویژه گل میخک و علائم کمبود یا سمیت آن می پردازیم.

دی اکسید کربن

یکی از عوامل محیطی که برای رشد گیاه لازم است دی اکسید کربن یا گاز کربنیک (CO_2) است. دی اکسید کربن یکی از اجزای اصلی در فرایند فتوسنتز است. کربن در مقایسه با سایر عناصر در حد بالایی قرار دارد و نزدیک به ۴۰ درصد وزن ماده خشک گیاه را کربن تشکیل می دهد. کربن تنها از طریق دی اکسید کربن اتمسفر تهیه می شود و مقدار دی اکسید کربن موجود در هوا ۰/۰۳ درصد یا حدود

۳۰۰ پی پی ام^۱ است. افزایش غلظت دی اکسیدکربن تا میزان ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ پی پی ام برای اکثر گیاهان مفید است. البته افزایش دی اکسیدکربن در فتوسنتز بستگی به سایر عوامل مؤثر در فتوسنتز دارد. غلظت بالای دی اکسیدکربن برای گیاه سمی است و باعث کاهش عملکرد کلروزه شدن (بین رگ برگ) و نکروزه شدن برگ می شود.

تزریق دی اکسیدکربن در تمام طول روز از طلوع آفتاب تا یک ساعت قبل از غروب صورت می گیرد. زمان تزریق به موقعیت گلخانه و عرض جغرافیایی هم بستگی دارد و در فصل های پاییز و زمستان صورت می گیرد. این عمل معمولاً در اوایل مهر تا اواسط فروردین سال بعد انجام می شود. در زمان تزریق باید کلیه دستگاه های تهویه و هواساز و خنک کننده خاموش باشد و دریچه تهویه کم تر از ۵ سانتی متر باز باشد.

در زمستان به علت مسدود بودن دریچه های تهویه گلخانه، تبادلات هوای داخل گلخانه با محیط بیرون به حداقل می رسد و در ساعات آفتابی روز دی اکسید موجود در فضای گلخانه توسط فرایند فتوسنتز از هوا گرفته شده و مقدار آن در یک گلخانه بسته مرتباً کم تر از ۲۰۰ پی پی ام می شود که باعث کاهش

1- ppm

فتوستنز و توقف رشد می شود. مقدار بحرانی دی اکسیدکربن ۲۵ تا ۱۲۵ پی پی ام است. ادامه کمبود دی اکسیدکربن باعث طولانی شدن دوره کشت و کاهش کیفیت محصول می شود. مناسب ترین غلظت دی اکسیدکربن برای گلخانه های تولید گل میخک ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ پی پی ام است. از طرف دیگر افزایش غلظت گاز مونوکسیدکربن در گلخانه نیز برای گیاه مضر است و عملکرد کمی و کیفی گیاه را کاهش می دهد (شکل ۵).



شکل ۵- گلبرگ پژمرده شده، باز نشدن گل و کاهش بازار پسندی گل میخک در اثر افزایش غلظت گاز مونوکسیدکربن در گلخانه

نیتروژن

نیتروژن مهم ترین و ضروری ترین عنصر غذایی معدنی برای تمام گیاهان به ویژه گل میفک است. نیتروژن چهارمین عنصر مهم مورد نیاز گیاه پس از کربن، هیدروژن و اکسیژن است که حدود ۱/۵ تا ۵ درصد وزن خشک گیاه را شامل می شود. کمبود این عنصر در گل میفک باعث محدود شدن رشد گیاه، تولید ساقه های نازک و برگ های سفت دارای پیچیدگی انتهایی به ویژه در فصل زمستان و زرد شدن برگ های بالغ و همچنین مختل کردن شروع گل دهی خواهد شد (شکل ۶). مصرف بیش از حد نیتروژن سبب تأخیر در گل دهی می شود و کیفیت پس از برداشت گل شاخه بریده را کاهش می دهد.

تمام ترکیبات نیتروژنه در گیاه از ترکیبات ساده حاوی نیتروژن مانند آمونیوم و نیترات تشکیل شده اند. گیاهان شکل های مختلف نیتروژن را از طرق مختلف مانند جذب از طریق ریشه از محیط زیست به ویژه خاک یا از طریق برگ ها و ساقه ها از اتمسفر به دست می آورند. آمونیوم و نیترات شکل های اصلی جذب نیتروژن توسط گیاهان است و علاوه بر آن ها برخی ترکیبات آلی نیتروژنی نیز توسط

گیاه جذب می‌شوند. نیترات و آمونیوم اثرهای متفاوتی روی تغذیه، رشد و عملکرد گیاهان مختلف دارند. جذب آن‌ها توسط گیاهان به عواملی از قبیل نوع گونه گیاهی و شرایط محیطی بستگی دارد. سمیت ایجادشده توسط آمونیوم یا آمونیاک مهم‌ترین دلیل برای ترجیح گیاهان به دو شکل نیتروژن است. استفاده از آمونیوم به تنهایی، سبب سمیت گیاه و بروز علائمی چون محدودشدن سریع رشد گیاه، صدمه به ساقه، کاهش سطح برگ، کاهش وزن زیست توده و در نهایت مرگ گیاه می‌شود. کاهش رشد ریشه، تولید ریشه‌های سیاه، کلفت، کوتاه و دارای انشعاب کم از دیگر علائم سمیت آمونیوم است.

برای برطرف کردن کمبود نیتروژن از کودهای اوره، نیترات آمونیوم و کودهای دارای بنیان آمونیوم و نیترات می‌توان استفاده کرد. مصرف نیتروژن با توجه به میزان نیتروژن خاک ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه با تقسیط ماهیانه توصیه می‌شود. مصرف چندمرحله‌ای نیتروژن حداقل در دو مرحله ابتدای کشت و یک ماه بعد به دلیل کاهش هدر رفت آن به روش‌های مختلف و خارج شدن آن از محیط ریشه توصیه می‌شود.



شکل ۶- خشکیدگی نوک و حاشیه برگ‌های پایینی میخک به علت کمبود نیتروژن (سمت راست) و کمبود نیتروژن در میخک (سمت چپ)

پتاسیم

پتاسیم یک عنصر غذایی ضروری است و در بخش‌های مختلف گیاه یافت می‌شود. فرم قابل جذب آن در گیاه همیشه به صورت K^+ است و هرگز این فرم یونی تغییر نمی‌کند. پتاسیم در آوندها به عنوان عنصر کاتیونی حرکت می‌کند و عمدتاً با نیترات در تعادل است. در برگ، نیترات متابولیزه شده و پتاسیم به همراه مواد آلی ساخته شده به سمت پایین حرکت می‌کند.

پتاسیم موجب بهبود سلامت کلی گیاه می‌شود و برای جذب، انتقال و تغییرات نیترات در گیاه ضروری

است. کمبود پتاسیم در گیاهان با سوختگی کناره‌های برگ ظاهر می‌شود. در موارد شدید، لکه‌های سفید در برگ‌ها درست در زیر گل توسعه می‌یابد، گل‌ها به شکل ناقص تغییر می‌کند و روشنایی و شفافیت خود را از دست می‌دهد و در نهایت زرد شدن و شکاف خوردگی کاسبرگ^۱ رخ می‌دهد. کمبود پتاسیم باعث کاهش عملکرد گل، درجه بندی گل، کاهش مقاومت ساقه و کاهش طول عمر گل می‌شود (شکل ۷). سولفات پتاسیم، نترات پتاسیم، کلرید پتاسیم و مونو فسفات پتاسیم را می‌توان برای برطرف کردن کمبود پتاسیم در گیاه استفاده کرد. با توجه به میزان پتاسیم قابل استفاده خاک مصرف پتاسیم ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در خاک توصیه می‌شود.



شکل ۷- کمبود پتاسیم در برگ‌های پایینی میفک

منیزیم

منیزیم یک عنصر غذایی ضروری برای گیاهان و گل میخک است که به دلیل نقش اصلی آن در مرکز ساختار مولکول کلروفیل شناخته شده است که موجب رنگ سبز در برگ های گیاه می شود. با این حال، از نقش های مهم دیگر آن در متابولیسم گیاه می توان سنتز پروتئین، سنتز و فعال سازی ترکیبات دارای انرژی بالا (ATP) و نیز پراکندگی و جزء بندی کربوهیدرات درون گیاهان را بیان کرد. بنابراین منیزیم در ساختار برگ سبز مورد نیاز است. کمبود آن در گل میخک باعث سوخت و ساز کم تر می شود و در نهایت به کاهش رشد گیاه منجر خواهد شد. همچنین برگ ها زرد، گاهی حتی سفید می شود (شکل ۸). در برخی موارد پتاسیم بیش از حد ممکن است باعث کمبود منیزیم شود. همچنین آمونیوم، هنگامی که از طریق آب آبیاری فراهم می شود، ممکن است با جذب منیزیم رقابت کند و به کمبود منیزیم در گیاه منجر شود. به عنوان منابع اصلی و رایج تأمین کننده منیزیم برای گیاه از سولفات منیزیم و نترات منیزیم می توان استفاده کرد.



شکل ۸- کمبود منیزیم در برگ های پیرتر میخک

فسفر

فسفر بعد از نیتروژن مهم ترین عنصر غذایی در تغذیه گیاه است. نقش فسفر برخلاف نیتروژن که در رشد رویشی گیاه مهم است، در رشد زایشی و تشکیل گل و میوه مهم تر و مؤثرتر است. فسفر کلید زندگی گیاه لقب گرفته است. مهم ترین نقش فسفر در گیاه، در انتقال و ذخیره انرژی به صورت مولکول ATP است.

فسفر به صورت یون های فسفات اولیه و ثانویه (HPO_4^{2-} و H_2PO_4^-) توسط گیاه جذب می شود. مهم ترین عامل در قابلیت جذب فسفر توسط گیاه، اسیدیته خاک است. بیش ترین غلظت فسفر قابل جذب در محدوده اسیدیته ۶ تا ۷ خاک وجود دارد. در اسیدیته حدود ۵/۶ بیش ترین مقدار جذب فسفر توسط گیاه انجام می شود.

فسفر موجب افزایش ریشه زایی و مقاومت گیاه در برابر تنش های محیطی می شود. همچنین فسفر تعداد گل، قطر، وزن و تعداد گلبرگ و رنگ گل را ارتقا می بخشد. کمبود فسفر موجب کاهش رشد و کوتاه شدن ارتفاع گل می شود و همچنین برگ ها به رنگ سبز تیره در می آیند (شکل ۹). در برخی موارد زیر برگ ها به بنفش تغییر رنگ می دهد. در موارد کمبود شدید، کل گیاه زرد می شود و رشد رویشی خود را تکمیل نخواهد کرد.

بر اثر مصرف زیاد فسفر، گیاه دچار مسمومیت فسفوری می شود یا تعادل تغذیه ای گیاه به هم می خورد. همچنین در اثر مصرف زیاد فسفر به دلیل اثر ضدیت^۱ با عناصر کم مصرف از جمله روی، آهن و منگنز، موجب کاهش جذب آن ها توسط گیاه می شود. برای برطرف کردن کمبود فسفر از کودهای سوپرفسفات تریپل، مونو آمونیوم فسفات، مونو پتاسیم فسفات و اسید فسفریک می توان استفاده کرد.

1- Antagonist

مصرف فسفر با توجه به میزان فسفر قابل استفاده خاک ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت توصیه می شود.



شکل ۹- کمبود فسفر در میخک

کلسیم

رفتار کلسیم در گیاه منحصر به فرد است. این عنصر باید به طور مداوم در محلول خاک برای رشد ریشه ها در منطقه رشد طولی آن فراهم شود. این عنصر به صورت یک طرفه از ریشه به اندام های بالایی گیاه انتقال می یابد و تنها

عنصری است که در آوندهای آبکش از برگ‌ها به ریشه‌ها یا میوه‌های در حال رشد منتقل نمی‌شود. بنابراین، هر گونه کمبود کلسیم در ریشه‌ها باعث مرگ سلول‌های ریشه‌ای در منطقه رشد طولی آن می‌شود.

به دلیل رابطه بین مقدار کلسیم در گیاه و مقاومت گیاه در برابر بیماری‌های آوندی، به‌ویژه پوسیدگی فوزاریومی^۱، کلسیم به عنوان یک عنصر مهم غذایی در گیاه شناخته شده است. کلسیم به عنوان یکی از اجزای دیواره سلولی، حساسیت دیواره سلولی به تخریب پاتوژن آنزیمی را کاهش می‌دهد. کمبود کلسیم سبب تولید ساقه‌های نازک و ضعیف، گل‌های کوچک، تولید بسیاری از گل‌های باز نشده، ظهور لکه‌های نکروزه هلالی شکل ۲ تا ۵ سانتی‌متری در نوک برگ و شکاف خوردن کاسبرگ می‌شود (شکل ۱۰). استفاده از کلرید کلسیم، نیترات کلسیم و کلات کلسیم به عنوان منابع اصلی تأمین‌کننده کلسیم برای گیاه توصیه می‌شوند.

1- Fusarium wilt



شکل ۱۰- کمبود دیرهنگام کلسیم در گل میفک

گوگرد

گوگرد یکی دیگر از عناصر غذایی ضروری است که در مقادیر مشابه با فسفر در گیاه دیده می شود. جذب آن توسط گیاه به صورت سولفات^۱ از طریق آب آبیاری تأمین می شود. از وظایف مهم گوگرد در گیاهان، می توان به دخالت این عنصر در بسیاری از فعالیت های آنزیمی و نیز شرکت آن در ساختمان شیمیایی بسیاری از اسیدهای آمینه نظیر

1- SO_4^{2-}

متیونین و سیستمین اشاره کرد. همچنین گوگرد خاصیت قارچ کشی دارد و بیماری سفیدک را رفع کرده و پیرامون طوقه درختان را ضد عفونی می کند. این عنصر با افزایش حلالیت فسفر، مصرف کودهای فسفاتی را کاهش می دهد. گوگرد در تشکیل کلروفیل ویتامین های تیامین و بیوتین، فرودوکسین و در تشکیل گلوکاتینون و کوآنزیم آ دخالت دارد و باعث افزایش مقاومت گیاهان به امراض، خشکی و سرما می شود و از تجمع نیترات در بافت های گیاه جلوگیری می کند. مهم ترین علائم کمبود این عنصر در گیاه رشد ناقص و رنگ پریدگی است. کمبود آن علائمی شبیه کمبود نیتروژن ایجاد می کند که مربوط به کمبود پروتئین در گیاه است؛ با این تفاوت که زردی در برگ های جوان گیاه مشاهده می شود.

از علائم کمبود گوگرد، مشاهده رنگ پریدگی و زردی در برگ های جوان و قسمت های انتهایی گیاه است. رشد گیاه کاهش می یابد و ساقه های نازک، کوتاه، شکننده و برگ های پیچیده خورده می شوند. سطح پایینی برگ ها و دم برگ ها به رنگ قرمز مایل به صورتی درمی آید و در کمبودهای شدید، به صورت قهوه ای یا لکه های نکروتیک ظاهر می شود. از دیگر علائم کمبود گوگرد کوچک شدن سطح برگ ها و کاهش تعداد آن هاست. وجود این عنصر به صورت آنیون

در سولفات پتاسیم، سولفات آمونیوم و کودهای منیزیم قادر است تمام نیاز گیاهان به گوگرد را تأمین کند و بنابراین کمبود آن کم تر در گیاهان مشاهده می شود. در صورت مشاهده کمبود گوگرد، از کودهای گوگرد پودری، گوگرد دانه ای، گوگرد بنتونیت دار، گوگرد میکرونیزه و بیوسولفور می توان استفاده کرد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- کمبود گوگرد در برگ های گل میفک

آهن

آهن نقش مهمی در سنتز کلروفیل، احیاء نیتрат و سایر واکنش های آنزیمی در گیاه دارد. علائم کمبود آهن با کلروز برگ های جوان شروع می شود که در آن رگ برگ ها سبز باقی می ماند و بافت بین رگ برگ ها کلرتیک (زرد)

می شود (شکل ۱۲). با ادامه کمبود، برگ زرد پژمرده و در برخی موارد سفید می شوند. آهن در گیاه بی تحرک است. ازاین رو کمبود علائم در برگ های جوان تر ظاهر می شود. علائم کمبود آهن مشابه منیزیم است، اما علائم منیزیم ابتدا در برگ های قدیمی ظاهر می شود.

آهن در pH اسیدی بیش تر محلول است و در pH قلیایی محلولیت کم تری دارد. بنابراین گیاهانی که در جذب آهن غیرکارا هستند، مانند اطلسی، بنفشه و میمون، کمبود آهن را در زمانی که pH بیش تر از ۶/۲ است، نشان می دهند. در مقابل، گونه های دیگری مانند شمعدانی، جعفری و لیسیانтус در جذب آهن و منگنز کارایی بالایی دارند، در صورتی که اگر pH کم تر از ۶ باشد، سمیت آهن و منگنز را نشان می دهند.



شکل ۱۲- کمبود آهن (زردی) در برگ های جوان میفک

بور

نیاز میخک به بور زیاد است و کمبود آن با علائم تردی، ایجاد شکاف در محل اتصال برگ به ساقه در هنگام رسیدن محصول یا بعد از قلمه زنی، افزایش کاسه شکافی (اگر گل تشکیل شود) و تکامل ناقص غنچه گل، کاهش قطر گل، کوتاه شدن میان گره ها و ضخیم شدن قسمت های فوقانی ساقه، کوتولگی و بدشکلی بوته همراه است. باید توضیح است که کاسه شکافی میخک (شکل ۱۳) صفت نامطلوبی برای بازاریابی این محصول است و علاوه بر کمبود بور به عوامل دیگری از جمله تغذیه اضافی، خصوصیات ژنتیکی رقم، درجه حرارت بالا، افت ناگهانی دما در شب و میزان کم نیتروژن نسبت داده می شود. کمبود بور (۲۰ تا ۲۵ میلی گرم در گرم برگ) سبب کاهش هورمون رشد در انتهای شاخه ها شده و در نتیجه رشد شاخه های جانبی زیاد می شود. میزان زیاد پتاسیم یا شوری می تواند سبب کمبود بور در گیاه شود که علائم کمبود آن حالت پیچ خوردگی و نکروزه شدن انتهای برگ ها همراه با کاهش رشد گیاه است. میخک در مقایسه با اغلب گیاهان زینتی تحمل بیش تری به مقادیر زیاد بور قابل استفاده در خاک نشان می دهد. مقادیر بالای بور در بستر (۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) موجب بروز علائم مسمومیت و لب سوختگی برگ ها می شود.



شکل ۱۳- عارضه کاسه شکافی در گل میخک در اثر کمبود بور (بالا)،
گل سالم (وسط) و کمبود بور در ساقه میخک (پایین)

روی

روی به عنوان یک جزء مهم از آنزیم‌ها در سنتز پروتئین و تولید انرژی اهمیت دارد و باعث حفظ تمامیت ساختاری غشاء‌های بیولوژیک سلول می‌شود. عنصر روی نقش مهمی در توسعه بذر دارد و در گیاهانی که دارای کمبود روی هستند، بلوغ به تأخیر خواهد افتاد. روی در سنتز اکسین IAA و برای متابولیسم کربوهیدرات، سنتز پروتئین، طویل شدن بین گره‌ها برای رشد ساقه ضروری است. یون‌های روی در غلظت کم (۰/۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم) اندکی سنتز تریپتوفان را افزایش می‌دهد که به بیوسنتز اکسین منجر می‌شود. روی موجب جذب متعادل فسفر و پتاسیم در سلول‌های گیاهی می‌شود. در شاخه‌های گل دارای کمبود روی کم شدن فاصله میان گره‌ها همراه با قد کوتاه شدن بوته مشاهده می‌شود (شکل ۱۴). مصرف سولفات روی به دلایل آهکی بودن و مصرف بالای فسفر در خاک‌های زراعی توصیه می‌شود. مصرف سولفات روی بسته به درجه کمبود بین ۴۰ تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار توصیه می‌شود.



شکل ۱۴- کمبود روی در میفک (کوتاهی ارتفاع گیاه)

منگنز

منگنز در تشکیل کلروفیل، پدیده‌های فتوسنتز، تنفس، جذب نیتрат و فعالیت آنزیم‌های مختلف ضروری است. تحرک منگنز در بافت‌های گیاهی متوسط است. بنابراین ابتدا کمبود آن در برگ‌های میانی و جوان تر ظاهر می‌شود. در دسترس بودن منگنز در خاک‌های آهکی با pH بالا کاهش می‌یابد، اما در خاک‌های اسیدی معمولاً افزایش می‌یابد. خاک‌های سبک شنی و ساحلی می‌تواند موجب کمبود منگنز شود. کمبود منگنز سبب ایجاد لکه‌های سبز روشن در بین رگ برگ‌ها می‌شود. در حالی که در کنار

رگه‌های اصلی یک نوار سبز تیره باقی می‌ماند، در بین رگ برگ به رنگ سبز کم‌رنگ دیده می‌شد. قابلیت استفاده از منگنز در خاک‌های با بافت سنگین یا خاک‌های آهکی کم است. از این رو ۲ تا ۳ بار محلول پاشی یک در هزار سولفات منگنز برای رفع کلروز را می‌توان توصیه کرد (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- کمبود منگنز در میفک

مولیبدن

مولیبدن برای جذب نیترات در گیاه و همچنین برای تثبیت نیتروژن اتمسفری لازم است. سطوح کافی مولیبدن اثر مثبتی بر شکل‌گیری کاروتنوئید دارد. مولیبدن کوآنزیم نیترات ردوکتاز بوده که مسئول کاهش نیترات به نیتريت در مسیر جذب نیتروژن در گیاهان است. کمبود مولیبدن

در خاک‌های اسیدی بیش‌تر متداول است. در اثر کمبود مولیبدن نوک برگ‌ها سفید می‌شود و حالت سستی و آویختگی و پیچ‌خوردگی در بخشی از برگ‌ها به چشم می‌خورد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- کمبود مولیبدن در میفک

کلر

کلر در بیش از ۱۳۰ ترکیب آلی در گیاهان وجود دارد. بیش‌تر خاک‌ها حاوی مقادیر کافی کلر هستند. کمبود

کلر در خاک‌های شنی در مناطق با بارندگی بالا گزارش شده است. کلر به طور غیرمستقیم بر رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد. کلر در محلول غذایی به طور چشمگیری موجب افزایش محتوای نسبی آب و جذب عناصر غذایی محلول شده و همچنین به میزان کم‌تر باعث بهبود طول عمر و نشت الکترولیت می‌شود. در شرایط طبیعی، کمبود کلر گزارش نشده است. میخک در گروه گیاهان مقاوم به کلر است و به ندرت دچار مسمومیت کلر در خاک با شوری متوسط می‌شود.

توصیه‌های عمومی

برای تولید و پرورش تجاری گل میخک بهتر است به توصیه‌های بیان شده توجه کرد:

۱- لازم است قبل از مبادرت به کاشت میخک، اقدام به تجزیه خاک از نظر عناصر غذایی ضروری پرمصرف و کم مصرف شود.

۲- مصرف کودهای شیمیایی نظیر کودهای نیتروژنی و پتاس دار باید به صورت تقسیط شده (به ویژه در خاک‌های سبک) در طول دوره رشد صورت گیرد. فسفر و عناصر میکرو را می‌توان به صورت یکجا قبل از کاشت بر اساس آزمون خاک استفاده کرد.

۳- به منظور افزایش کارایی کمی و کیفی محصول، استفاده از سیستم تغذیه توأم آب و کود توصیه می شود. این امر موجب مصرف اقتصادی تر کود و آب می شود و در صورت استفاده از این سیستم می توان از ترکیبات کودی کاملاً محلول عناصر پرمصرف و کم مصرف در طول دوره رویش گیاه استفاده کرد که در این صورت سیستم آبیاری مناسب نیاز است.

۴- برای پی بردن به وضعیت عناصر غذایی در گیاه و بهینه کردن آن اقدام به تجزیه گیاه شود.

۵- حداقل یک بار به منظور درک میزان آنیون ها و کاتیون ها موجود در آب و تصحیح احتمالی آن نیاز به تجزیه آب آبیاری است. برای مثال در صورت وجود بی کربنات بیش از حد مجاز، نیاز به خنثی سازی توسط اسید خواهد بود.

۶- استفاده از محلول پاشی کودهای حاوی کلسیم و عناصر میکرو در طول دوره رویش و به ویژه قبل از برداشت گل می تواند در افزایش طول عمر گل های بریده مؤثر باشد. بدین منظور رعایت تمامی نکات فنی مربوط و احیاناً مشورت با کارشناسان تغذیه گیاهان زینتی ضروری است.

۷- محیط‌های بسته گلخانه‌ای در هوای سرد زمستان با روزهای آفتابی که فاقد تهویه مناسب هستند، نیاز به کنترل غلظت CO_2 دارند. در صورتی که غلظت کم‌تر از حد بحرانی (300 میلی لیتر در لیتر) باشد، باید برای تأمین آن اقدام شود. تحقیقات نشان داده تا غلظت 750 میلی لیتر در لیتر موجب بهبود عملکرد شده است.

منابع

۱. باقری، ع. و نظامی، ا. ۱۳۷۹. اختلالات عناصر غذایی در گیاهان زینتی و غیر مثمر. (تألیف: و. برگمان). انتشارات سازمان پارک ها و فضای سبز شهر تهران. ص ۱۵۳.
۲. بنی جمالی، س.م. و بیات، ح. ۱۳۸۶. اثر آفتاب دهی خاک بر کنترل پژمردگی فوزاریومی میخک و بعضی از خواص شیمیایی، زیستی و حاصلخیزی خاک. دهمین کنگره علوم خاک ایران. کرج. ایران.
۳. بنی جمالی، س.م. ۱۳۸۲. بررسی و تعیین مناسب ترین بستر کاشت گلایل و میخک. گزارش نهایی (۸۲/۱۷۱). سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی. پژوهشکده گل و گیاهان زینتی. محلات. ایران.
۴. بنی جمالی، س.م. ۱۳۸۴. بررسی اثر سطوح مختلف ازت و پتاسیم بر خصوصیات کمی و کیفی میخک. گزارش نهایی (۸۴/۱۵۶۸). سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی. پژوهشکده گل و گیاهان زینتی. محلات. ایران.
۵. بنی جمالی، س.م. ۱۳۸۹. بررسی و تعیین نیاز غذایی فسفر و روی در میخک رقم صورتی و بررسی اثر باقی مانده آن ها در خاک در سال دوم. گزارش نهایی (۸۹/۸۰۵). سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی. پژوهشکده گل و گیاهان زینتی. محلات. ایران.

۶. خلج، م.ع. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر ازت، پتاسیم و بر در کاهش کاسه شکافی و ارتقاء کیفی گل بریده میخک رقم زرد. گزارش نهایی (۸۶/۱۲۳۱). سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی. پژوهشکده گل و گیاهان زینتی. محلات. ایران
۷. خلج، م.ع. ۱۳۸۶. تأثیر سطوح مختلف ازت و پتاسیم در کاهش عارضه کاسه شکافی میخک و بهبود کمی و کیفی آن. پنجمین کنگره علوم باغبانی ایران، شیراز، ایران
۸. صباغی، ح. شریفی سیرجی، غ. آزادی، پ. و عظیمی، م.ح. ۱۳۹۷. تعیین شدت پرتو گاما برای ایجاد جهش در ارقام استاندارد میخک شاخه بریده. دومین کنگره بین المللی و سومین کنگره گل و گیاهان زینتی ایران.
۹. عظیمی، م.ح. و دستجردی، ر. ۱۳۹۶. کتاب دستاوردها و برنامه های تحقیقات ژنتیک و به نژادی. مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی. ۱۲۴ صفحه.
۱۰. عظیمی، م.ح. ۱۳۹۶. مقدمه ای بر اصلاح ژنتیکی و ایجاد ارقام جدید گلایول. نشریه فنی. انتشارات پژوهشکده گل و گیاهان زینتی محلات. ۲۲ صفحه.
۱۱. کافی، م. و ملکوتی، م. (۱۳۷۹). اثرات متقابل غنی سازی گازکربنیک، نیتروژن و آهن بر شاخص های کمی و کیفی گل بریده میخک رقم ایوون. مجله علوم خاک وآب. جلد ۱۴ شماره یک.

۱۲. ملکوتی، م. و غیبی، م. (۱۳۷۹). تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه. معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. وزارت کشاورزی. ص ۹۲.

13. Anonymous, 2006. The biology and ecology of *Dianthus caryophyllus* L. (carnation). Australian Government, Department of Health and Ageing, Office of the Gene Technology Regular.

14. Argo, W.R. and Fisher, P.R. 2002. Understanding pH management for container-grown crops. Meister, Willoughby.

15. Arora, J.S. 1999. Introductory Ornamental Horticulture. New Rajinder Nagar, New Delhi.

16. Bhandari, A.R. and Tripathi B.R. 1979. Soil testing in fertilizer recommendations. Department of Soil Science, Technical Bulletin 10, Department of Agriculture, Himachal Pradesh, Shimla.

17. Biswas, D., Raina, J.N. and Das, K.K. 2017. Nutrient status of soils and carnation (*Dianthus caryophyllus* Linn.) Foliage under protected cultivation in the western Himachal Himalaya. International Journal of Chemical Studies; 5(4): 636-642.

18. Burbano, L., Erazo, A., Orozco, M. and Garces, E. 1990. Effect of nitrogen fertilization on the incidence of fusarium oxysporum f. sp. Dianthi and Heterodera trifolii G. in carnation. Agronomia colombiana. 7: 61-69.

19. Datta, S. K. 2012. Success story of induced mutagenesis for development of new ornamental varieties. Induced Mutagenesis in Crop Plants. Biorem. Biodiv. Bioavail, 6, 15-26.

20. FAI. Hand book of fertilizer usage, 54th ed., The Fertilizer Association of India, New Delhi, 1977. 17. Tandon HLS. Secondary and Micronutrient Recommendation for Soils and Crops. A Guide book. 1989, 22.

21. Ganesh, S. and Kannan, M. 2013. Essentiality of Micronutrients in Flower Crops: A Review. Journal of Agriculture and Allied Sciences, 2(3):52-57.

22. Holley, W. D. and Baker R. 1963. Carnation production. W.M.C.Hown. Co.Inc.USA. pp.142.

23. Hwang, K. S., & Yoon, J. H. 1994. The effect of salt concentration on the growth of chrysanthemum, carnation and gerbera in greenhouse soil. RDA Journal of Agricultural Science (Korea Republic).

24. Jain, A., Kantia, A., & Kothari, S. L. 2001. De novo differentiation of shoot buds from leaf-callus of *Dianthus caryophyllus* L. and control of hyperhydricity. *Scientia Horticulturae*, 87(4), 319-326.

25. Jawaharlal, M., Karthikeyan, S., Dhinesh, D., Ganga, M. 2012. Boron's role in quality carnation flower production (<http://floriculturetoday.in/Boron-Role-in-Quality-carnation.html>).

26. Jawaharlal, M., Ganga, M., Padmadevi, K., egadeeswari, V., and Karthikeyan, S. 2003. A technical guide on carnation. Department of Floriculture and Landscaping, Horticultural College and Research Institute, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore - 641 003, Tamil Nadu, India. 62 p.

27. Kaptan, H. 1985. The effect of commercial fertilizers and different soil mixtures on yield and quality of carnation. *Bahce*. No. 14. P. 3-10.

28. Khalaj, M. A., Kiani, S., Khoshgoftarmanesh, A. H., & Amoaghaie, R. 2017. Growth, quality, and physiological characteristics of gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) cut flowers in response to different NO_3^- : NH_4^+ ratios. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 58(4), 313-323.

29. Kreig, C., Voogt, W. and Baas, R. 1999. Nutrient solution and water quality for soilless cultures. Reserch station for Floriculture and Glass house Vegetable. Naald Wijk office.

30. Lindsay, W.H., Norvell, W.A. 1978. Development of DTPA soil test for Zn, Fe, Mn and Cu. Soil Science Society of American Journal.42:420-428.

31. Marshner, H. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Third Edition. Publication of Elsevier, Oxford, 649 p.

32. Okamura, M., Nakayama, M., Umemoto, N., Cano, E. A., Hase, Y., Nishizaki, Y., and Ozeki, Y. 2013. Crossbreeding of a metallic color carnation and diversification of the peculiar coloration by ion-beam irradiation. Euphytica, 191(1), 45-56.

33. Okamura, M., Yasuno, N., Ohtsuka, M., Tanaka, A., Shikazono, N., and Hase, Y. 2003. Wide variety of flower-color and-shape mutants regenerated from leaf cultures irradiated with ion beams. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 206, 574-578.

34. Richter, A., and Singleton, W. R. 1955. The effect of chronic gamma radiation on the production of somatic mutations in carnations. Proceedings of the National Academy of Sciences, 41(5), 295-300.

35. Roychowdhury, R., and Tah, J. 2011. Assessment of chemical mutagenic effects in mutation breeding programme for M1 generation of Carnation (*Dianthus caryophyllus*). Research in Plant Biology, 1(4).

36. Tanaka, A., Shikazono, N., and Yoshihiro, H. A. S. E. 2010. Studies on biological effects of ion beams on lethality, molecular nature of mutation, mutation rate, and spectrum of mutation phenotype for mutation breeding in higher plants. Journal of radiation research, 51(3), 223-233.

37. Wylie, A.P.(1952). The history of the garden Narcissi. Heredity, 6(2): 137-156.