

秋水仙素浓度和处理时间对茉莉腋芽生长发育的影响

邓衍明^①, 孙晓波, 贾新平, 梁丽建, 苏家乐

(江苏省农业科学院园艺研究所 江苏省高效园艺作物遗传改良重点实验室, 江苏 南京 210014)

摘要: 为了解秋水仙素处理对茉莉 [*Jasminum sambac* (Linn.) Aiton] 腋芽生长发育的影响, 以长度为 0 (未萌发)、3~5 和 8~10 mm 腋芽为实验材料, 对 500、1 000 和 2 000 mg · L⁻¹ 秋水仙素溶液分别处理 24 和 48 h 后腋芽的生长状况以及萌发枝条和叶片的生长和发育状况进行分析, 同时, 对各处理组花粉母细胞的减数分裂行为进行观察; 在此基础上, 对秋水仙素处理后茉莉腋芽及萌发枝条的各生物学效应指标进行相关性分析。结果显示: 经秋水仙素处理后, 各处理组腋芽的生长率和处理指数, 以及萌发枝条的长度、最大节间长、最大叶长、最大叶宽、现蕾数、现蕾率、最大蕾长、最大蕾宽和开花率总体上显著 ($P < 0.05$) 低于对照组 (用清水处理未萌发腋芽 48 h), 而腋芽的抑制率和死亡率显著高于对照组。总体上看, 随秋水仙素质量浓度提高, 腋芽的生长率和处理指数降低, 而抑制率和死亡率升高, 萌发枝条的长度和最大节间长缩短, 开花率升高, 其他指标呈波动变化; 随处理时间延长, 腋芽的生长率、死亡率和处理指数降低, 但抑制率升高, 萌发枝条仅现蕾数和开花率降低, 其他指标均逐渐提高; 随腋芽长度增加, 腋芽的抑制率和处理指数降低, 但死亡率升高, 萌发枝条的现蕾率、现蕾数、最大蕾长和开花率均呈波动变化, 其他指标均降低。经秋水仙素处理后, 茉莉花粉母细胞在减数分裂过程中存在落后染色体、染色体桥和微核等异常现象, 且随秋水仙素质量浓度和腋芽长度增加及处理时间延长, 减数分裂后期的细胞异常率逐渐升高。相关性分析结果显示: 细胞异常率与腋芽生长率呈显著负相关, 与腋芽死亡率呈极显著正相关; 腋芽生长率与腋芽抑制率和开花率分别呈显著和极显著 ($P < 0.01$) 负相关; 腋芽抑制率与现蕾率呈显著正相关; 处理指数与细胞异常率呈极显著负相关。研究结果表明: 秋水仙素浓度和处理时间对茉莉腋芽的生长发育有一定影响; 综合考虑各生物学效应指标, 茉莉腋芽适宜的诱导条件为用 500 mg · L⁻¹ 秋水仙素溶液处理 3~5 mm 腋芽 24 h。此外, 建议将处理指数作为秋水仙素对茉莉腋芽细胞减数分裂影响效应的评价指标之一。

关键词: 茉莉; 秋水仙素; 化学诱变; 生长发育; 减数分裂; 相关性分析

中图分类号: Q943; S685.16.036 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2016)03-0062-10

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2016.03.08

Effects of concentration and treatment time of colchicine on growth and development of axillary buds of *Jasminum sambac* DENG Yanming^①, SUN Xiaobo, JIA Xinping, LIANG Lijian, SU Jiale (Jiangsu Key Laboratory for Horticultural Crop Genetic Improvement, Institute of Horticulture, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2016, 25(3): 62-71

Abstract: In order to understand the effect of colchicine treatment on growth and development of axillary buds of *Jasminum sambac* (Linn.) Aiton, taking axillary buds with length of 0 (un-germinated), 3-5 and 8-10 mm as experimental materials, growth status of axillary buds and growth and development status of sprouting branches and leaves were analyzed after treated by 500, 1 000, and 2 000 mg · L⁻¹ colchicine solution for 24 and 48 h, respectively. Meanwhile, meiotic behavior of pollen mother cells of different treatment groups was observed. On this basis, analysis on correlation among different biological effect indexes of axillary buds and sprouting branches of *J. sambac* after treated by colchicine was carried out. The results show that after treated by colchicine, growth rate and treatment index of axillary buds,

收稿日期: 2015-11-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31101569); 江苏省科技支撑计划项目(BE2014408); 江苏省政府留学基金资助项目(JS-2014-118)

作者简介: 邓衍明(1976—),男,安徽泗县人,博士,副研究员,主要从事观赏植物遗传改良与分子生物学研究。

^①通信作者 E-mail: nksdym@163.com

length of sprouting branches, length of the longest internode, length of the largest leaf, width of the largest leaf, floral bud number, floral budding rate, length of the largest floral bud, width of the largest floral bud and flowering rate of different treatment groups are generally significantly ($P < 0.05$) lower than those of the control group (un-germinated axillary buds treated by water for 48 h), while inhibition rate and mortality of axillary buds are significantly higher than those of the control group. Overall, with increasing of mass concentration of colchicine, growth rate and treatment index of axillary buds decrease, while inhibition rate and mortality increase, lengths of sprouting branches and the longest internode shorten, flowering rate increases, other indexes appear fluctuant change. With prolonging of treatment time, growth rate, mortality and treatment index of axillary buds decrease, but inhibition rate increases, and in sprouting branches, only floral bud number and flowering rate decrease, other indexes all increase gradually. With increasing of length of axillary buds, inhibition rate and treatment index of axillary buds decrease, but mortality increases, floral budding rate, floral bud number, length of the largest floral bud and flowering rate of sprouting branches all appear fluctuant change, while other indexes all decrease. After treated by colchicine, there are abnormal phenomena including lagging chromosome, chromosomal bridge, micronucleus and so on, during meiotic process of pollen mother cells of *J. sambac*, and with increasing of mass concentration of colchicine and length of axillary buds and prolonging of treatment time, abnormal cell rate at meiotic anaphase increases gradually. The result of correlation analysis shows that abnormal cell rate has a significantly negative correlation with growth rate of axillary buds, and has an extremely significantly positive correlation with mortality of axillary buds; there is a significantly and extremely significantly ($P < 0.01$) negative correlation of growth rate of axillary buds with inhibition rate of axillary buds and flowering rate, respectively; there is a significantly positive correlation of inhibition rate of axillary buds with floral budding rate; there is an extremely significantly negative correlation of treatment index with abnormal cell rate. It is suggested that concentration and treatment time of colchicine have a certain effect on growth and development of axillary buds of *J. sambac*. Comprehensively considering on different biological effect indexes, the appropriate induction conditions of axillary buds of *J. sambac* is treating 3–5 mm axillary buds for 24 h by $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ colchicine. In addition, treatment index is proposed to be one of evaluation index of influential effect of colchicine on cell meiosis of axillary buds of *J. sambac*.

Key words: *Jasminum sambac* (Linn.) Aiton; colchicine; chemical mutation; growth and development; meiosis; correlation analysis

茉莉 [*Jasminum sambac* (Linn.) Aiton] 又名茉莉花、叶子花、茶叶花, 为木犀科 (Oleaceae) 茉莉属 (*Jasminum* Linn.) 常绿灌木或攀缘状藤本植物。早在约 1 500 年前茉莉即被引入中国, 因其具有枝叶繁茂、株型玲珑、花气清香持久且浓郁不浊等优良特性而深受人们的喜爱, 素有“花中仙子”、“天下第一香”的美誉。茉莉用途广泛, 观赏、茶用和药用价值均较高, 在广东、广西、福建和江苏等省 (区) 栽培较多。据不完全统计, 中国的茉莉栽培面积约占全世界栽培总面积的 2/3, 鲜花产量占全世界总产量的 1/2 以上^[1-2]。虽然茉莉有单瓣、双瓣和重瓣 (亦称多瓣) 之分, 但由于单瓣和重瓣茉莉具有生态适应性弱、抗逆性差、产花量低等缺点, 因此, 生产上使用的茉莉主要为双瓣茉莉^[3-7], 致使茉莉产业发展面临品种单一、种性退化的风险, 因此亟待开展茉莉种质创新研究, 以满足生产上对茉莉品种更新换代的需求。然而, 茉莉在自然繁殖过程中存在严重的生殖障碍, 表现出花粉育性低

且易失活、大孢子发育多异常等特性, 通常不结实或结实率极低^[8-9], 导致通过有性杂交育种等途径进行茉莉育种的难度极大。

化学诱变育种具有安全、简便、经济、变异率高、变异性状相对稳定、育种时间短等优点, 在植物育种领域有较广泛的应用^[10-11]。秋水仙素是植物化学诱变育种尤其是植物倍性育种广泛使用的诱变剂之一, 可促使染色体加倍, 从而有效诱导出双单倍体、四倍体或多倍体嵌合体等^[12-14]。因此, 应用秋水仙素进行化学诱变可能是茉莉育种的重要途径之一。

作者以不同生长状况的茉莉腋芽为研究对象, 用不同质量浓度秋水仙素溶液处理 24 和 48 h, 分别对腋芽、萌发枝条和叶片的生长状况及现蕾和开花状况进行比较, 同时, 对花粉母细胞的减数分裂行为进行观察, 并对各生物学效应指标间的相关性进行分析, 以明确秋水仙素的不同质量浓度和处理时间对茉莉腋芽生长发育的影响及其细胞学效应, 为茉莉的化学

诱变育种尤其是倍性育种提供基础实验数据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试双瓣茉莉种植于江苏省农业科学院茉莉种质资源圃温室内,为3年生盆栽苗,每盆5株,共100盆。于2012年6月选取植株上生长健壮、无病虫害的当年生半木质化枝条,剪去枝条上部并保留枝条底部的2个腋芽,备用。

1.2 方法

1.2.1 秋水仙素处理方法 在枝条上分别选择长度为0(未萌发)、3~5和8~10 mm的腋芽进行秋水仙素处理,其中,秋水仙素质量浓度设置500、1 000和2 000 mg·L⁻¹3个水平,处理时间设置24和48 h 2个水平,共18个处理组,以清水处理未萌发腋芽48 h作为对照组(CK)。每个处理组20个腋芽,各3次重复。用浸透秋水仙素溶液的脱脂棉球包裹腋芽,并用保鲜膜严密包裹;处理结束后,去除保鲜膜和棉球,用清水对腋芽进行喷雾淋洗。实验期间腋芽均在光照时间14 h·d⁻¹、光照度3 000~8 000 lx、昼温26℃~32℃、夜温18℃~22℃条件下进行培养,处理后35 d结束实验。

1.2.2 指标测定方法 每3天观察1次各处理组腋芽的生长情况,分别统计正常生长(含萌发)、生长受抑制(含不能萌发和生长停滞2种情况)及死亡的腋芽数,并计算实验结束时上述3种腋芽所占比例。

实验结束时,用直尺(精度0.1 cm)测量各处理组萌发枝条的长度、最大节间长度、各枝条上最大叶片的长度和宽度以及各枝条上最大花蕾的长度和宽度;统计各枝条的叶片数、现蕾数、死蕾数、开花数。按照以下公式计算各生物学效应指标:腋芽生长率=(正常生长的腋芽数/腋芽总数)×100%;腋芽抑制率=(生长受抑制的腋芽数/腋芽总数)×100%;腋芽死亡率=(死亡的腋芽数/腋芽总数)×100%;现蕾率=(现蕾的腋芽数/正常生长的腋芽数)×100%;开花率=(开花的腋芽数/现蕾的腋芽数)×100%;处理指数=生长率×现蕾率×开花率×100%。

1.2.3 花粉母细胞减数分裂过程的观察 在每个处理组中随机挑选20个花蕾,将花药剥出后用卡诺氏固定液[V(乙醇):V(冰乙酸)=3:1]固定24 h后置于4℃冰箱中保存、备用。采用徒手压片法^[15]制作压

片,使用Olympus BX-43相差显微镜(日本Olympus公司)观察和拍照;将经过碘化丙啶(PI)染色的压片置于Zeiss Axioskop 40荧光显微镜(德国Carl Zeiss公司)下观察和拍照,激发和发射波长分别为535和615 nm。每个处理组分别观察20个压片,观察细胞数不少于50个。对不同减数分裂期的异常现象(包括落后染色体、染色体桥和微核等)进行记录,并按照公式“细胞异常率=(异常细胞数/观察细胞数)×100%”计算细胞异常率。

1.3 数据处理和统计分析

应用SPSS 17.0统计分析软件对实验数据进行统计,Pearson卡方检验(Pearson chi-square test)和相关性分析;采用Duncan's新复极差法对数据进行差异显著性分析。

2 结果和分析

2.1 秋水仙素处理对茉莉腋芽生长的影响

经不同质量浓度秋水仙素溶液处理24和48 h,茉莉腋芽的生长状况见表1。从表1可以看出:对照组(用清水处理未萌发腋芽48 h)的腋芽生长率、抑制率和死亡率分别为98.3%、1.7%和0.0%,说明对照组中绝大多数腋芽能够正常生长;经秋水仙素处理后各处理组的腋芽生长率明显低于对照组,而腋芽抑制率和死亡率却明显高于对照组,说明秋水仙素处理对茉莉腋芽的正常生长有严重影响,各处理组的腋芽生长均受到抑制(无法萌发或停止伸长),甚至出现腋芽死亡的现象。

从秋水仙素质量浓度看,随质量浓度提高,腋芽的生长率逐渐降低,而抑制率和死亡率逐渐升高;经500、1 000和2 000 mg·L⁻¹秋水仙素处理后,腋芽生长率的平均值分别为43.8%、31.5%和20.2%,抑制率的平均值分别为27.6%、28.2%和35.2%,死亡率的平均值分别为28.7%、40.4%和44.7%。从秋水仙素处理时间看,随处理时间延长,腋芽的生长率和死亡率降低而抑制率升高;经秋水仙素处理24和48 h后,腋芽生长率的平均值分别为32.8%和30.8%,抑制率的平均值分别为28.4%和32.2%,死亡率的平均值分别为38.9%和36.9%。从供试腋芽长度看,经秋水仙素处理后,0 mm(未萌发)腋芽的抑制率最高(47.0%),生长率和死亡率均最低(分别为23.8%和29.2%);3~5 mm腋芽的生长率最高

(46.3%),抑制率和死亡率居中(分别为23.1%和30.7%);8~10 mm腋芽的生长率居中(25.3%),抑制率最低(20.8%),死亡率最高(53.9%),表明经秋水仙素处理后,未萌发腋芽易受秋水仙素抑制而无法正常萌发,而萌发腋芽则易受秋水仙素毒害而死亡。

卡方分析结果($\chi^2 = 90.691, P < 0.01$)表明:经秋水仙素处理后,各处理组茉莉腋芽的生长状况存在极显著差异。以腋芽生长率为指标,最适宜茉莉腋芽生长的处理条件为用500 mg·L⁻¹秋水仙素溶液处理

3~5 mm腋芽48 h(即T8处理组)。以腋芽抑制率为指标,最适宜茉莉腋芽生长的处理条件为用1 000 mg·L⁻¹秋水仙素溶液处理8~10 mm腋芽48 h(即T16处理组)。以腋芽死亡率为指标,最适宜茉莉腋芽生长的处理条件为用1 000 mg·L⁻¹秋水仙素溶液处理未萌发腋芽48 h(即T4处理组)。总体上看,以3~5 mm腋芽为材料,用500 mg·L⁻¹秋水仙素溶液处理24和48 h(即T7和T8处理组),茉莉腋芽的生长状况均较好。

表1 经秋水仙素处理后茉莉腋芽的生长率、抑制率和死亡率($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 1 Growth rate, inhibition rate and mortality of axillary buds of *Jasminum sambac* (Linn.) Aiton after treated by colchicine ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

处理组 Treatment group	腋芽长度/mm Length of axillary bud	处理条件 ²⁾ Treatment condition ²⁾		生长率/% Growth rate	抑制率/% Inhibition rate	死亡率/% Mortality
		C/mg·L ⁻¹	t/h			
T1	0	500	24	40.9±3.5f	40.9±3.1d	18.2±1.4j
T2	0	500	48	23.1±1.8i	46.2±3.9c	30.8±3.1h
T3	0	1 000	24	34.8±2.3g	34.8±3.1e	30.4±2.4h
T4	0	1 000	48	19.0±1.4k	66.7±5.2a	14.3±1.2k
T5	0	2 000	24	9.1±0.8n	45.5±3.3c	45.5±3.5e
T6	0	2 000	48	16.0±1.2l	48.0±4.4b	36.0±2.2g
T7	3-5	500	24	50.0±4.5d	25.0±2.7g	25.0±1.6i
T8	3-5	500	48	75.0±6.2b	10.0±0.6j	15.0±0.6k
T9	3-5	1 000	24	53.6±2.9c	14.3±1.1i	32.1±3.1h
T10	3-5	1 000	48	34.6±3.1g	30.8±2.7f	34.6±3.3g
T11	3-5	2 000	24	25.0±1.5h	25.0±2.2g	50.0±3.8d
T12	3-5	2 000	48	39.4±3.3f	33.3±2.8e	27.3±2.6i
T13	8-10	500	24	46.2±3.2e	11.5±1.1j	42.3±3.9f
T14	8-10	500	48	27.3±1.9h	31.8±2.3ef	40.9±2.2f
T15	8-10	1 000	24	21.7±1.7j	17.4±1.2h	60.9±4.8c
T16	8-10	1 000	48	25.0±2.2h	5.0±0.1k	70.0±3.7a
T17	8-10	2 000	24	13.6±1.1m	40.9±3.5d	45.5±2.1e
T18	8-10	2 000	48	18.2±1.6k	18.2±1.2h	63.6±2.7b
CK	0	0	48	98.3±8.5a	1.7±0.3l	0.0±0.0l

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

²⁾ C: 秋水仙素质量浓度 Mass concentration of colchicine; t: 处理时间 Treatment time.

2.2 秋水仙素处理腋芽对茉莉萌发枝条和叶片生长的影响

经不同质量浓度秋水仙素溶液处理腋芽24和48 h,茉莉萌发枝条和叶片的生长状况见表2。从表2可以看出:对照组(用清水处理未萌发腋芽48 h)萌发枝条的长度、最大节间长、最大叶长和最大叶宽分别为11.8、3.5、6.4和4.4 cm,叶片数为6.1;而经秋水仙素处理后萌发枝条及叶片的上述各项指标基本上均显著低于对照组,说明经秋水仙素处理后萌发枝条和叶片的生长受到明显抑制。

从秋水仙素质量浓度看,随质量浓度提高,萌发

枝条的长度和最大节间长均逐渐降低,而叶片数、最大叶长和最大叶宽则均表现为1 000 mg·L⁻¹秋水仙素处理组最高、2 000 mg·L⁻¹秋水仙素处理组最低;500、1 000和2 000 mg·L⁻¹秋水仙素处理组萌发枝条长度的平均值分别为8.4、8.2和7.8 cm,最大节间长的平均值分别为2.4、2.3和2.1 cm,叶片数的平均值分别为3.5、3.8和3.2,最大叶长的平均值分别为4.6、5.2和4.1 cm,最大叶宽的平均值分别为3.4、3.6和2.9 cm。从秋水仙素处理时间看,随处理时间延长,萌发枝条的长度、最大节间长、叶片数、最大叶长和最大叶宽均升高;经秋水仙素处理24 h后萌发枝

条上述5项指标的平均值分别为7.9 cm、2.2 cm、3.2、4.3 cm和3.1 cm,而经秋水仙素处理48 h后上述5项指标的平均值分别为8.4 cm、2.4 cm、3.7、5.0 cm和3.4 cm。从供试腋芽长度看,随腋芽长度增加,萌发枝条的上述5项指标均逐渐降低;其中,0 mm(未萌发)腋芽萌发枝条上述5项指标的平均值分别为9.4 cm、2.7 cm、3.8、5.6 cm和3.9 cm,3~5 mm腋芽萌发枝条上述5项指标的平均值分别为8.7

cm、2.5 cm、3.3、4.9 cm和3.4 cm,8~10 mm腋芽萌发枝条上述5项指标的平均值分别为6.3 cm、1.6 cm、3.3、3.4 cm和2.4 cm。

总体来看,将未萌发腋芽用1 000 mg·L⁻¹秋水仙素溶液处理48 h(即T4处理组),萌发枝条和叶片的生长状况较好;将3~5 mm腋芽用500 mg·L⁻¹秋水仙素溶液处理24和48 h(即T7和T8处理组),萌发枝条和叶片的生长状况处于中等水平。

表2 经秋水仙素处理腋芽后茉莉萌发枝条和叶片生长状况的比较($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

Table 2 Comparison on growth status of sprouting branches and leaves of *Jasminum sambac* (Linn.) Aiton after its axillary buds treated by colchicine ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

处理组 Treatment group	腋芽长度/mm Length of axillary bud	处理条件 ²⁾ Treatment condition ²⁾		枝条长/cm Length of branch	最大节间长/cm Length of the longest internode	叶片数 Number of leaf	最大叶长/cm Length of the largest leaf	最大叶宽/cm Width of the largest leaf
		C/mg·L ⁻¹	t/h					
T1	0	500	24	7.9±2.4cd	2.4±0.8c	3.7±1.5c	5.0±1.0de	3.7±0.7bc
T2	0	500	48	9.0±2.0bc	2.7±0.7bc	3.6±1.9c	4.7±1.3ef	3.6±1.0c
T3	0	1 000	24	8.8±3.9c	2.4±1.2c	3.1±1.7e	5.5±2.4c	3.9±1.9b
T4	0	1 000	48	11.6±3.3a	3.4±0.7a	4.3±0.6b	6.3±1.1a	4.3±0.7a
T5	0	2 000	24	10.9±3.2ab	3.0±0.6b	4.0±1.4b	6.0±0.3b	4.3±0.2a
T6	0	2 000	48	8.3±3.9c	2.5±1.2c	4.0±2.6b	5.8±0.6b	3.8±0.5b
T7	3~5	500	24	11.6±6.6a	3.0±1.4b	3.9±2.5bc	6.0±1.2b	4.3±1.1a
T8	3~5	500	48	8.5±3.6c	2.6±0.7c	3.8±1.3c	5.2±1.0d	3.5±0.5c
T9	3~5	1 000	24	6.5±3.3e	2.1±1.1d	3.1±1.6de	5.1±1.1d	3.6±0.8c
T10	3~5	1 000	48	8.2±4.2c	2.3±0.9cd	3.0±1.7e	5.1±2.0d	3.5±1.1c
T11	3~5	2 000	24	9.6±6.3b	2.8±1.6b	3.3±2.2d	3.3±2.9g	2.3±1.7e
T12	3~5	2 000	48	7.6±2.6d	2.0±1.1d	2.8±1.3f	4.8±1.7e	3.4±1.0c
T13	8~10	500	24	6.9±2.6de	1.9±1.2de	2.6±1.1f	3.0±2.2h	2.5±1.6de
T14	8~10	500	48	6.5±3.7e	1.5±0.9e	3.3±1.0d	3.6±2.3g	2.7±1.1d
T15	8~10	1 000	24	4.1±3.1g	1.0±0.5f	3.0±0.8e	3.4±2.6g	2.2±1.7e
T16	8~10	1 000	48	10.1±5.8b	2.8±1.2b	6.3±2.8a	5.9±1.1b	3.9±1.0b
T17	8~10	2 000	24	4.5±0.4g	0.8±0.1g	2.5±0.7g	1.5±0.5i	1.1±0.4f
T18	8~10	2 000	48	5.9±2.5f	1.7±1.0e	2.3±2.5g	3.2±3.4h	2.2±2.4de
CK	0	0	48	11.8±3.4a	3.5±0.4a	6.1±2.5a	6.4±1.5a	4.4±0.6a

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

²⁾ C: 秋水仙素质量浓度 Mass concentration of colchicine; t: 处理时间 Treatment time.

2.3 秋水仙素处理腋芽对茉莉萌发枝条现蕾和开花的影响

用不同质量浓度秋水仙素溶液处理腋芽24和48 h,茉莉萌发枝条的现蕾和开花状况见表3。由表3可见:对照组(用清水处理未萌发腋芽48 h)萌发枝条的现蕾率、开花率和处理指数均为100.0%,显著高于大多数处理组,且对照组萌发枝条的现蕾数(4.2)、最大蕾长(2.7 cm)和最大蕾宽(0.8 cm)也基本上显著高于各处理组,说明经秋水仙素处理后,萌发枝条的现蕾和开花均受到明显抑制。

从秋水仙素质量浓度看,1 000 mg·L⁻¹秋水仙素

处理组的现蕾率、最大蕾长和最大蕾宽均最低,其现蕾数最高,而开花率则随秋水仙素质量浓度的提高而逐渐升高;500、1 000和2 000 mg·L⁻¹秋水仙素处理组现蕾率的平均值分别为85.4%、69.6%和84.5%,现蕾数的平均值分别为2.9、3.2和2.8,最大蕾长的平均值分别为1.9、1.7和1.9 cm,最大蕾宽的平均值分别为0.6、0.5和0.5 cm,开花率的平均值分别为78.3%、78.6%和90.9%。从秋水仙素处理时间看,随处理时间延长,现蕾数和开花率降低,而现蕾率、最大蕾长和最大蕾宽则略有升高;经秋水仙素处理24和48 h,现蕾率的平均值分别为78.5%和81.1%,现

蕾数的平均值分别为3.1和2.8,最大蕾长的平均值分别为1.8和1.9 cm,最大蕾宽的平均值分别为0.5和0.6 cm,开花率的平均值分别为85.9%和79.3%。从供试腋芽长度看,3~5 mm腋芽萌发枝条的现蕾率、最大蕾长、最大蕾宽和开花率均最低,但现蕾数最高;0(未萌发)、3~5和8~10 mm腋芽萌发枝条现蕾率的平均值分别为86.9%、75.0%和77.6%,现蕾数的平均值分别为2.9、3.0和2.9,最大蕾长的平均值分别为2.1、1.7和1.7 cm,最大蕾宽的平均值分别为0.6、0.5和0.5 cm,开花率的平均值分别为100.0%、61.7%和86.1%。

处理指数能够反映不同处理组茉莉腋芽的生长发育状况,结果显示(表3):各处理组的腋芽处理指

数显著低于对照组,且随秋水仙素质量浓度提高、处理时间延长和供试腋芽长度增加,腋芽处理指数均降低。经500、1 000和2 000 mg·L⁻¹秋水仙素溶液处理后,腋芽处理指数的平均值分别为26.0%、16.5%和13.4%;经秋水仙素溶液处理24和48 h后,腋芽处理指数的平均值分别为21.5%和15.7%;0(未萌发)、3~5和8~10 mm腋芽处理指数的平均值分别为20.7%、18.8%和16.3%。

总体上看,将未萌发腋芽用1 000 mg·L⁻¹秋水仙素溶液处理48 h(即T4处理组),或者将3~5 mm腋芽用500 mg·L⁻¹秋水仙素溶液处理24 h(即T7处理组),萌发枝条的现蕾和开花状况均较好。

表3 经秋水仙素处理腋芽后茉莉萌发枝条现蕾和开花状况的比较($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

Table 3 Comparison on status of floral budding and flowering of sprouting branches of *Jasminum sambac* (Linn.) Aiton after its axillary buds treated by colchicine ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

处理组 Treatment group	腋芽长度/mm Length of axillary bud	处理条件 ²⁾ Treatment condition ²⁾		现蕾率/% Floral budding rate	现蕾数 Number of floral bud	最大蕾长/cm Length of the largest floral bud	最大蕾宽/cm Width of the largest floral bud	开花率/% Flowering rate	处理指数/% Treatment index
		C/mg·L ⁻¹	t/h						
T1	0	500	24	100.0±0.0a	2.2±1.0e	1.5±0.3e	0.5±0.1d	100.0±0.0a	40.9±3.1b
T2	0	500	48	80.0±2.0c	3.0±1.6c	2.3±0.9ab	0.5±0.2cd	100.0±0.0a	18.5±1.7d
T3	0	1 000	24	74.7±2.5d	3.7±1.5b	2.1±0.5bc	0.5±0.1d	100.0±0.0a	26.1±2.4c
T4	0	1 000	48	100.0±0.0a	3.7±1.2b	2.2±0.6b	0.8±0.2a	100.0±0.0a	19.0±1.8d
T5	0	2 000	24	100.0±0.0a	3.0±0.0c	2.0±0.2c	0.5±0.1d	100.0±0.0a	9.1±0.6g
T6	0	2 000	48	66.7±3.3e	2.0±1.4e	2.5±0.4a	0.7±0.4b	100.0±0.0a	10.7±0.8g
T7	3-5	500	24	87.5±2.5b	4.0±2.1a	1.6±0.3d	0.5±0.1d	85.6±2.5b	37.5±3.5b
T8	3-5	500	48	79.7±3.1c	2.8±1.2c	1.7±0.3d	0.6±0.1c	17.7±1.6g	10.6±1.4g
T9	3-5	1 000	24	53.8±3.0f	2.4±1.5d	1.4±0.3e	0.4±0.1e	71.4±2.3c	20.6±2.3d
T10	3-5	1 000	48	88.9±3.6b	2.1±1.0e	1.7±0.5d	0.5±0.1d	50.3±1.5e	15.4±1.3e
T11	3-5	2 000	24	50.0±2.6	3.0±1.4c	1.8±0.4d	0.6±0.1c	100.0±0.0a	12.5±0.9f
T12	3-5	2 000	48	90.0±3.0b	3.7±1.6b	1.8±0.3d	0.6±0.1c	45.4±2.3f	16.1±1.1e
T13	8-10	500	24	90.3±4.7b	3.8±1.6ab	2.1±0.3bc	0.6±0.1c	66.6±3.2d	27.7±2.5c
T14	8-10	500	48	75.0±4.0d	1.7±1.2f	2.0±0.4c	0.6±0.1c	100.0±0.0a	20.5±2.2d
T15	8-10	1 000	24	50.3±3.3f	4.0±1.4a	1.8±1.0d	0.4±0.1e	49.7±3.5e	5.4±0.3h
T16	8-10	1 000	48	49.7±2.1f	3.0±1.4c	1.1±0.8f	0.3±0.1f	100.0±0.0a	12.5±1.6f
T17	8-10	2 000	24	100.0±0.0a	2.0±1.4e	1.6±0.2de	0.4±0.0e	100.0±0.0a	13.6±1.2f
T18	8-10	2 000	48	100.0±0.0a	3.0±2.0c	1.5±0.4e	0.4±0.1e	100.0±0.0a	18.2±1.7d
CK	0	0	48	100.0±0.0a	4.2±1.5a	2.7±0.6a	0.8±0.3a	100.0±0.0a	98.3±0.9a

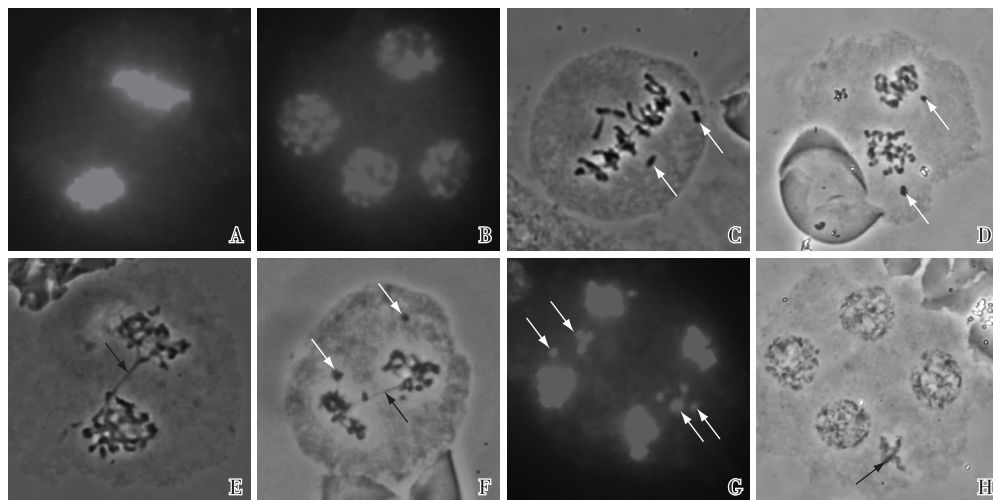
¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

²⁾ C: 秋水仙素质量浓度 Mass concentration of colchicine; t: 处理时间 Treatment time.

2.4 秋水仙素处理腋芽对茉莉花粉母细胞减数分裂的影响

2.4.1 花粉母细胞减数分裂过程观察 用秋水仙素溶液处理腋芽,茉莉萌发枝条的花粉母细胞减数分裂行为见图1。观察结果显示:经过不同质量浓度秋水仙素处理后,萌发枝条的花粉母细胞在减数分裂的全

过程中普遍存在异常现象。对照组的花粉母细胞减数分裂过程基本正常,染色体行为较为一致,没有出现明显的落后染色体、染色体桥、微丝和微核等异常现象(图1-A,B)。处理组的部分花粉母细胞在减数分裂中期I出现异常行为,一些染色体不能整齐排列在赤道板上,形成落后染色体(图1-C);在减数分裂



A,B. 对照组 The control group: A. 减数分裂后期 I Meiotic anaphase I; B. 减数分裂后期 II Meiotic anaphase II. C-H. 秋水仙素处理组 Colchicine treatment group: C. 减数分裂中期 I, 箭头示落后染色体 Meiotic metaphase I, arrows showing lagging chromosomes; D. 减数分裂后期 I, 箭头示落后染色体 Meiotic anaphase I, arrows showing lagging chromosomes; E. 减数分裂后期 I, 箭头示染色体桥 Meiotic anaphase I, arrow showing chromosomal bridge; F. 减数分裂后期 I, 白色和黑色箭头分别示落后染色体和染色体桥 Meiotic anaphase I, white and black arrows showing lagging chromosomes and chromosomal bridge, respectively; G. 减数分裂后期 II, 箭头示落后染色体 Meiotic anaphase II, arrows showing lagging chromosomes; H. 减数分裂后期 II, 箭头示微核 Meiotic anaphase II, arrow showing micronucleus.

图1 经秋水仙素处理腋芽后茉莉萌发枝条的花粉母细胞减数分裂行为观察

Fig. 1 Observation on meiotic behavior in pollen mother cells of sprouting branches of *Jasminum sambac* (Linn.) Aiton after its axillary buds treated by colchicine

后期 I 中出现更多落后染色体(图 1-D), 并出现染色体桥(图 1-E), 甚至落后染色体和染色体桥同时出现在同一个细胞中(图 1-F); 在减数分裂后期 II 中, 更多染色体出现行为紊乱现象, 落后染色体数量明显增加(图 1-G); 至减数分裂的末期 II (即四分体期), 除 4 个正常子核外, 还能观察到微核(图 1-H)。

2.4.2 细胞异常率分析 用秋水仙素溶液处理腋芽后, 茉莉萌发枝条的花粉母细胞在减数分裂过程中出现的染色体异常现象多发生在后期 I 和后期 II, 因此, 对不同处理组这 2 个时期的细胞异常率进行统计分析, 结果见表 4。由表 4 可以看出: 对照组中减数分裂后期 I、后期 II 和总体的细胞异常率均很低, 分别为 0.0%、2.0% 和 2.0%; 而各处理组的细胞异常率均明显高于对照组, 且各处理组中减数分裂后期 I 的细胞异常率均低于后期 II。

从秋水仙素质量浓度看, 随质量浓度提高, 茉莉花粉母细胞减数分裂过程中的细胞异常率均逐渐升高; 500、1 000 和 2 000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 秋水仙素处理组减数分裂后期 I 的细胞异常率的平均值分别为 4.8%、7.6% 和 9.0%, 减数分裂后期 II 的细胞异常率的平均值分别为 7.4%、10.7% 和 12.8%, 总体细胞异常率的平均值分别为 12.2%、18.3% 和 21.8%。从秋水

仙素处理时间看, 随处理时间延长, 减数分裂过程中的细胞异常率升高; 经秋水仙素处理 24 h 和 48 h, 减数分裂后期 I 的细胞异常率的平均值分别为 6.8% 和 7.5%, 减数分裂后期 II 的细胞异常率的平均值分别为 9.7% 和 11.0%, 总体细胞异常率的平均值分别为 16.5% 和 18.4%。从供试腋芽长度看, 随供试腋芽长度增加, 减数分裂过程中的细胞异常率升高; 0 (未萌发)、3~5 和 8~10 mm 腋芽萌发枝条的花粉母细胞减数分裂后期 I 的细胞异常率的平均值分别为 5.7%、7.3% 和 8.4%, 减数分裂后期 II 的细胞异常率的平均值分别为 8.7%、9.9% 和 12.4%, 总体细胞异常率的平均值分别为 14.4%、17.2% 和 20.8%。方差分析结果表明, 仅秋水仙素质量浓度对茉莉花粉母细胞减数分裂过程中细胞异常率的影响达极显著水平 ($P < 0.01$), 而处理时间和供试腋芽长度则无显著影响 ($P > 0.05$)。

2.5 经秋水仙素处理后茉莉部分生物学效应指标间的相关性分析

对经不同质量浓度秋水仙素处理后茉莉腋芽的生长率、抑制率和死亡率及其萌发枝条的现蕾率、开花率、处理指数和花粉母细胞的细胞异常率 7 个生物学效应指标进行相关性分析, 结果见表 5。

表4 经秋水仙素处理腋芽后茉莉萌发枝条的花粉母细胞在减数分裂后期细胞异常率的分析结果($\bar{X}\pm SD$)¹⁾Table 4 Analysis result of abnormal cell rate at meiotic anaphase in pollen mother cells of sprouting branches of *Jasminum sambac* (Linn.) Aiton after its axillary buds treated by colchicine ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

处理组 Treatment group	腋芽长度/mm Length of axillary bud	处理条件 ²⁾ Treatment condition ²⁾		减数分裂后期的细胞异常率/% Abnormal cell rate at meiotic anaphase		
		C/mg · L ⁻¹	t/h	后期 I Anaphase I	后期 II Anaphase II	总计 Total
T1	0	500	24	3.1±0.6h	4.4±0.3i	7.5±0.7k
T2	0	500	48	2.5±0.4i	5.8±0.5h	8.3±0.5j
T3	0	1 000	24	5.8±0.7e	8.4±0.8g	14.2±0.9g
T4	0	1 000	48	6.1±0.5de	9.8±0.8f	15.9±1.2f
T5	0	2 000	24	7.5±0.6c	11.1±1.3d	18.6±1.5d
T6	0	2 000	48	9.2±0.8ab	12.6±1.2c	21.8±1.8b
T7	3-5	500	24	4.5±0.3g	6.4±0.5h	10.9±1.0i
T8	3-5	500	48	5.2±0.4f	6.9±0.6h	12.1±1.1h
T9	3-5	1 000	24	7.3±0.8c	9.5±0.8f	16.8±1.5e
T10	3-5	1 000	48	8.6±0.8b	10.6±0.9e	19.2±1.6c
T11	3-5	2 000	24	9.8±0.9a	12.3±0.8c	22.1±2.1b
T12	3-5	2 000	48	8.4±0.7b	13.8±1.2b	22.2±1.7b
T13	8-10	500	24	6.7±0.4d	9.3±0.9f	16.0±1.4f
T14	8-10	500	48	6.5±0.5d	11.8±0.7cd	18.3±1.3d
T15	8-10	1 000	24	7.6±0.6c	13.4±1.1b	21.0±1.9b
T16	8-10	1 000	48	10.4±0.9a	12.5±1.2c	22.9±1.6b
T17	8-10	2 000	24	8.9±0.7b	12.4±1.3c	21.3±1.8b
T18	8-10	2 000	48	10.2±0.8a	14.8±1.3a	25.0±1.9a
CK	0	0	48	0.0±0.0j	2.0±0.7j	2.0±0.7l

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

²⁾ C: 秋水仙素质量浓度 Mass concentration of colchicine; t: 处理时间 Treatment time.

表5 经秋水仙素处理后茉莉腋芽及萌发枝条的生物学效应指标间的相关系数¹⁾Table 5 Correlation coefficient among different biological effect indexes of axillary buds and sprouting branches of *Jasminum sambac* (Linn.) Aiton after treated by colchicine¹⁾

指标 Index	各指标间的相关系数 Correlation coefficient among different indexes						
	GR	IR	M	FBR	FR	TI	ACR
GR	1.000						
IR	-0.520*	1.000					
M	-0.521	-0.458	1.000				
FBR	-0.080	0.484*	-0.401	1.000			
FR	-0.672**	0.462	0.237	0.093	1.000		
TI	0.377	-0.062	-0.454	0.368	0.237	1.000	
ACR	-0.491*	-0.205	0.715**	-0.255	0.034	-0.646**	1.000

¹⁾ GR: 腋芽生长率 Growth rate of axillary bud; IR: 腋芽抑制率 Inhibition rate of axillary bud; M: 腋芽死亡率 Mortality of axillary bud; FBR: 现蕾率 Floral budding rate; FR: 开花率 Flowering rate; TI: 处理指数 Treatment index; ACR: 细胞异常率 Abnormal cell rate. *: $P<0.05$; **: $P<0.01$.

由表5可见,腋芽生长率与抑制率和细胞异常率呈显著负相关($P<0.05$),相关系数分别为-0.520和-0.491;而与开花率呈极显著负相关($P<0.01$),相关系数为-0.672。腋芽抑制率与现蕾率呈显著正相关,相关系数为0.484。腋芽死亡率与细胞异常率呈极显著正相关,相关系数为0.715。处理指数与腋芽生长率、现蕾率和开花率呈正相关,与腋芽抑制率、死亡率和细胞异常率均呈负相关,且与细胞异常率的相关性

极显著(相关系数为-0.646)。

3 讨论和结论

诱变育种技术包括辐射以及甲基磺酸乙酯(EMS, ethyl methane sulfonate)和秋水仙素处理等多种诱变方式,其中,辐射和EMS处理多使体细胞发生非定向变异^[9,16],秋水仙素处理多使体细胞发生定向

变异,使植物染色体加倍,常用于倍性育种。相关研究结果^[17-19]表明:秋水仙素不同浓度和处理时间的诱导效应存在差异,且其诱导效果并不与处理的浓度和时间简单地呈正比关系。本研究中,秋水仙素不同质量浓度和处理时间对茉莉腋芽生长和发育的影响也存在显著差异。因此,有必要对茉莉腋芽的秋水仙素诱变条件进行筛选和优化。

相关研究结果表明:秋水仙素能够对植物材料造成一定的伤害,致使部分植株死亡^[18,20-21],并对植物的生长发育产生一定的抑制作用^[14,22]。本研究中,秋水仙素对茉莉腋芽也存在一定的致死效应,不同处理组的腋芽死亡率为14.3%~70.0%,并且,各处理组中5.0%~66.7%的腋芽生长受到抑制。经秋水仙素处理后,不同腋芽的生长抑制表现不同,未萌发腋芽失去萌发能力,停留在未萌发状态;已伸长腋芽则表现为生长停滞,保持原长度不变。总体来看,高浓度秋水仙素可抑制茉莉腋芽的正常生长;而与已萌发腋芽相比,未萌发腋芽的生长更易受秋水仙素的抑制,但其死亡率却较低。

经诱变处理后,植物细胞的减数分裂过程常出现染色体行为异常的现象^[23]。茉莉腋芽经秋水仙素处理后其萌发枝条的花粉母细胞减数分裂过程也存在染色体行为异常的现象,主要表现为在减数分裂后期I和后期II中出现落后染色体、染色体桥和微核等,并且细胞异常率随秋水仙素质量浓度提高而极显著升高。通常情况下,秋水仙素的作用主要是促使体细胞染色体数增多,大多表现为染色体加倍^[12,14,24]。但本研究获得的诱变材料是否为四倍体或其他多倍体,尚需进一步的染色体计数分析。

为了获得较好的加倍效果,常综合采取多种技术进行秋水仙素加倍育种,例如将秋水仙素处理与组织培养技术相结合^[25-26]、用秋水仙素对不同器官进行处理等^[22,27-28];而处理方法除了常用的浸泡腋芽法外,还有针刺生长点法^[29]。因此,为了切实提高秋水仙素对茉莉的诱变效率尤其是染色体的加倍效率,建议在处理方式、方法、材料等方面进行进一步研究。此外,还可以尝试使用二甲戊灵^[21]等其他化学试剂进行茉莉多倍体诱导。

相关性分析结果表明:茉莉腋芽生长率与细胞异常率呈显著负相关,说明茉莉枝条生长状况越佳,其细胞染色体行为越趋于正常。虽然细胞异常率是反映秋水仙素对细胞染色体影响的最佳指标,但在实际

操作中,统计细胞异常率对样品和操作人员实验技术的要求均较高,实施难度较大。处理指数是一个简便易行的评价指标,且与细胞异常率呈极显著负相关,因此,处理指数可代替细胞异常率来反映秋水仙素对茉莉细胞减数分裂过程中染色体行为的影响效应。

总之,不同浓度秋水仙素处理对茉莉腋芽的营养生长和生殖发育均有显著影响,不仅导致腋芽生长出现受抑、死亡、不现蕾等异常现象,还可导致其花粉母细胞的减数分裂过程出现落后染色体、染色体桥和微核等异常现象。综合考虑各生物学效应指标,适宜茉莉腋芽诱导的条件为:选用长度为3~5 mm的腋芽,用500 mg·L⁻¹秋水仙素溶液处理24 h。

参考文献:

- [1] 董利娟,张曙光. 茉莉花的生产现状与科研方向[J]. 茶叶通讯, 2001(2): 11-13.
- [2] 谢玲玲,黄法就,蔡汉. 茉莉花的栽培品种及其比较[J]. 现代农业科技, 2007(3): 26-27.
- [3] 郭素枝,邓传远,张育松,等. 单、双瓣茉莉营养器官解剖结构特征及其生态适应性研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(3): 40-43.
- [4] DENG Y M, LI C C, SHAO Q S, et al. Differential responses of double petal and multi petal jasmine to shading: I. Photosynthetic characteristics and chloroplast ultrastructure [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2012, 55: 93-102.
- [5] DENG Y M, SHAO Q S, LI C C, et al. Differential responses of double petal and multi petal jasmine to shading: II. Morphology, anatomy and physiology [J]. Scientia Horticulturae, 2012, 144: 19-28.
- [6] 郭素枝,张明辉,邓传远,等. 干旱胁迫对茉莉3个品种叶片光合特性和超微结构的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2013, 21(2): 123-129.
- [7] 邓衍明,叶晓青,梁丽建,等. 不同瓣型茉莉水培生根能力及根尖解剖结构比较[J]. 植物资源与环境学报, 2014, 23(1): 9-15.
- [8] 邓衍明,叶晓青,梁丽建,等. 茉莉花粉离体培养萌发及花粉管生长特性研究[J]. 华北农学报, 2014, 29(5): 107-113.
- [9] DENG Y M, JIA X P, LIANG L J, et al. Morphological anatomy, sporogenesis and gametogenesis in flowering process of jasmine (*Jasminum sambac* Aiton) [J]. Scientia Horticulturae, 2016, 198: 257-266.
- [10] 马爽,李文建,周利斌,等. 观赏植物诱变育种的研究现状和展望[J]. 核农学报, 2007, 21(4): 378-382.
- [11] 邓衍明,叶晓青,贾新平,等. 体细胞突变技术在草坪草种质创新上的最新应用[J]. 草业科学, 2014, 31(9): 1696-1706.
- [12] 陈学军,彭双玉,罗建蓉,等. 6个烟草杂交组合花药再生苗的培养和DH群体的构建[J]. 植物资源与环境学报, 2011, 20(1): 65-68.

- [13] 田丹青,潘晓韵,葛亚英,等.秋水仙素离体诱导红掌四倍体试验[J].浙江农业科学,2013(9):1125-1127.
- [14] 李正红,孙振元,彭镇华.秋水仙素诱导地锦多倍体研究[J].核农学报,2005,19(6):430-435.
- [15] 李贵全.细胞学研究基础[M].北京:中国林业出版社,2001.
- [16] 曲龙,卢夏茹,李阳生,等.水稻辐射诱变突变体的种子蛋白质成分分析[J].核农学报,2015,29(2):209-214.
- [17] YANG D Y, ZHANG L Z, LIU J, et al. Study on induction of *Phytolacca acinosa* Roxb. polyploids with colchicine [J]. Agricultural Biotechnology, 2013, 2: 23-25.
- [18] 汤访评,宋春涛,陈晓艳.山莓的多倍体诱导[J].安徽农业科学,2012,40(29):14181-14182,14241.
- [19] 刘晓静,华小平,陆波,等.彩色马蹄莲品种‘Parfait’多倍体诱导及其生物学特征变化[J].植物资源与环境学报,2014,23(3):81-85,101.
- [20] 叶秀仙,黄敏玲,樊荣辉,等.秋水仙素对文心兰离体诱变的影响[J].福建农业学报,2014,29(11):1083-1087.
- [21] 刘欢,高素萍,姜福星,等.二甲戊灵与秋水仙素离体诱导虎眼万年青多倍体发生的比较研究[J].核农学报,2014,28(11):1985-1992.
- [22] 胡瑞阳,段红静,吴博,等.秋水仙素处理杉木种子的诱变效应[J].西南林业大学学报,2013,33(6):7-12.
- [23] 邢莉莉,陈发棣,缪恒彬.切花菊‘长紫’辐照后代减数分裂行为及ISSR遗传变异分析[J].核农学报,2009,23(4):587-591.
- [24] 陈于和,秦素平,林小虎,等.秋水仙素对黑麦有丝分裂及多倍体诱导的影响[J].核农学报,2006,20(4):321-323.
- [25] 陈杰,周军,孙正海,等.组织培养结合秋水仙素诱导滇杨多倍体的研究[J].云南农业大学学报,2013,28(2):251-256.
- [26] 闵子扬,童龙,杨红波,等.组织培养结合秋水仙素诱导南瓜多倍体[J].中国瓜菜,2015,28(1):15-18.
- [27] 陆柳英,曹升,谢向誉,等.木薯成熟种茎多倍体诱导及鉴定[J].热带作物学报,2014,35(9):1764-1770.
- [28] 薛小艳,刘世琦,郭会平,等.秋水仙素注射大蒜花苞诱导四倍体的研究[J].中国蔬菜,2014(4):29-33.
- [29] 姜龙,慈佳宾,南楠,等.秋水仙素针刺生长点法加倍处理3叶期玉米单倍体的初报[J].种子,2014,33(12):27-29.

(责任编辑:佟金凤)

欢迎订阅 2017 年《植物科学学报》

邮发代号:38-103(国内),BM872(国外)

国内统一连续出版物号 CN 42-1817/Q 国际标准连续出版物号 ISSN 2095-0837

《植物科学学报》是中国科学院主管、中国科学院武汉植物园主办、科学出版社出版、国内外公开发行的植物学综合性学术期刊,主要刊载植物学及各分支学科的原始研究论文。本刊为中国自然科学核心期刊,已被中国科学引文数据库核心库、《中文核心期刊要目总览》、中国科技论文与引文数据库、中国生物学文献数据库、中国核心期刊(遴选)数据库、中国知识资源总库《中国科技期刊精品数据库》、中国期刊全文数据库、《中国药学文摘》、美国《化学文摘》、美国《生物学文摘》、美国《剑桥科学文摘:自然科学》、俄罗斯《文摘杂志》、日本《科学技术文献速报》、英国《国际农业与生物科学研究中心》文摘、波兰《哥白尼索引》、万方数据——数字化期刊群、中国学术期刊(光盘版)等 20 多种国内外检索期刊、数据库作为核心期刊或统计源期刊收录,并曾获全国优秀科技期刊奖、中国科学院优秀期刊奖、湖北省优秀期刊奖。

栏目设置:特邀综述、系统与进化、生态与生物地理、遗传与育种、生理与发育、资源与植物化学、技术与方法、研究快报、学术讨论、重要书刊评介和学术动态等。读者对象:科研院所和高等院校从事植物科学研究的科研人员、教师和研究生,以及相关学科、交叉学科的科技工作者。

本刊已开通网站和远程稿件管理系统(<http://www.plantscience.cn>),欢迎在线投稿和查询下载过刊。本刊为双月刊,大 16 开本;国内每期定价 50 元,全年定价 300 元。全国各地邮局均可订阅,也可直接与本刊编辑部联系订阅(免收邮挂费)。地址:武汉市武昌磨山中国科学院武汉植物园内《植物科学学报》编辑部(邮编 430074)。电话:027-87510755,027-87510579;QQ:424353337;E-mail: editor@wbgeas.cn, zwkxjb@wbgeas.cn;网址: <http://www.plantscience.cn>。

欢迎赐稿! 欢迎订阅! 欢迎刊登广告!