

## 采收前喷钙对切花芍药茎秆品质的影响

于晓南<sup>1,2</sup>, 陆光沛<sup>1,3</sup>, 成仿云<sup>1,2</sup>, 郑黎文<sup>4</sup>

(1.北京林业大学 园林学院, 北京 100083; 2.国家花卉工程技术中心, 北京 100083; 3.北京西城外国语学校, 北京 100044; 4.中国林业科学研究院, 北京 100091)

**摘要:** 为解决芍药切花在栽培过程中易弯茎的问题, 以黄金轮、银线绣红袍、紫凤朝阳 3 个芍药切花品种为试材, 设置采收前喷施 2% (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca、4% (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca、2% CaCl<sub>2</sub>、4% CaCl<sub>2</sub> 共 4 个处理, 通过株高、茎粗、蕾径 3 个指标的变化来比较不同钙素形态(有机态和无机态)和钙素浓度对植株茎秆增粗的效果, 采用主成分分析法进行综合评价, 结果表明, 有机钙的效果优于无机钙; (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca 的施用以 4% 较佳; 喷钙对不同品种茎秆品质的影响不同, 黄金轮和银线绣红袍在采收前喷施 4% (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca, 可以明显提高茎秆品质, 而紫凤朝阳不宜进行喷钙处理。

**关键词:** 切花芍药; 茎秆品质; 钙素; 主成分分析法

中图分类号: S682.1<sup>+2</sup> 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)05-0531-05

## Effect of calcium on the stem quality of cut herbaceous peony

YU Xiao-nan<sup>1,2</sup>, LU Guang-pei<sup>1,3</sup>, CHENG Fang-yun<sup>1,2</sup>, ZHENG Li-wen<sup>4</sup>

(1.College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2.National Engineering Research Center for Floriculture, Beijing 100083, China; 3.Beijing Xicheng Foreign Languages School, Beijing 100044, China; 4.Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** In order to solve the problem of stem curve of herbaceous peony cut flowers in cultivation, three varieties: Huangjinlun, Yinxianxiuhongpao and Zifengchaoyang were used in the research as plant materials to study the effect of different forms and concentration of Ca<sup>2+</sup>. Altogether four different Ca<sup>2+</sup> treatments were arranged during the pre-harvest stage: 2% CaCl<sub>2</sub> and (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca, 4% CaCl<sub>2</sub> and (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca. Besides, principal component analysis was used to evaluate the different treatments synthetically. The results showed that: organic Ca<sup>2+</sup> was superior to inorganic Ca<sup>2+</sup>; the best concentration of (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca was 4%; the effect of spraying Ca<sup>2+</sup> to the stem quality of herbaceous peony showed obvious differences among the three varieties. With 4% (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca, the stem quality of Huangjinlun and Yinxianxiuhongpao could be improved a lot while the calcium treatment was unsuited to Zifengchaoyang.

**Key words:** cut herbaceous peony; quality of stem; calcium; principal component analysis

芍药(*Paeonia lactiflora*) 花容秀丽, 品种丰富。作为有着上千年栽培历史的传统名花, 其园林应用一直以庭院观赏为主。随着花卉产业化进程的推进, 芍药的切花应用越来越受到重视, 但因其茎秆较细, 导致弯茎倒伏等问题制约着芍药切花的发

展。从细胞学角度看, 厚壁细胞对维持植物体的机械强度十分重要。纤维细胞作为厚壁细胞的一类, 存在于植物体的维管束和薄壁组织中, 在植物体中起支持和加固作用<sup>[1]</sup>。纤维细胞具有加厚的细胞壁, 从植物营养学角度看, 植物中的大部分钙素存在于

收稿日期: 2010-03-09

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金(BLYX200931); 中国林业科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金(CAFYBB2008010)

作者简介: 于晓南(1974—), 女, 北京人, 副教授, 主要从事园林植物研究, yuxiaonan626@126.com

细胞壁中。钙素对维持细胞膜的结构与功能具有重要意义<sup>[2]</sup>。对芍药切花的研究多集中于其采后生理方面<sup>[3-4]</sup>，对其采前栽培管理措施的研究较少，关于芍药切花茎秆品质的专题研究尚未见报道。笔者以3个切花芍药品种为试材，结合多元统计中的主成分分析法，研究生长期喷钙对提高芍药切花茎秆品质的作用。现将结果报道如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试材料为3个切花芍药品种黄金轮、银线绣红袍、紫凤朝阳。

检测仪器为Prodigy全谱直读ICP发射光谱仪，由Leeman Labs公司生产。

pH中性助剂(主要成分为硅油，按1:3000稀释后喷施叶面)由英杰易农公司提供。

### 1.2 方法

试验于2009年4—5月在北京林业大学鹫峰牡丹研究基地进行。选取长势整齐一致的芍药植株，自枝叶伸展期开始喷钙<sup>[5]</sup>，喷至花蕾透色、苞片松动时止。5~7 d喷钙1次，共喷4次。为比较不同钙素形态(有机态和无机态)和钙素浓度的效果，设2% $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ 、4% $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ 、2% $\text{CaCl}_2$ 、4% $\text{CaCl}_2$ 共4种处理(分别记为处理1、处理2、处理3、处理4)，以清水处理为对照(CK)，每处理5株。使用pH中性助剂降低液珠的表面张力，帮助液态钙素迅速渗透。

为直观地综合评价不同品种不同处理的采前品质，选取株高(茎秆基部芽鳞裂开处至蕾顶的高度)、茎粗(花蕾底部以下15 cm处茎秆粗度)、花蕾直径3个指标进行主成分分析：首先对数据进行标准化处理，即将各品种的各指标值除以该品种对照

的相应值，再乘以100%，从而完成原始数值向相对数值的标准化转换，以屏蔽因原始数值不同量级带来的指标权重差异，使所有指标的数值处于同一数量水平上，再根据主成分分析的相关计算方法<sup>[6]</sup>，得到以下主成分表达式： $F$ 值(综合评价得分)= $0.921 \times$ 株高+ $0.798 \times$ 茎粗+ $0.933 \times$ 蕾径。根据该式计算出所有品种的 $F$ 值，从而对不同处理进行比较。

### 1.3 测定指标及方法

以花蕾透色、外层苞片松动作为芍药切花采前标志，分别测定其株高、茎粗、花蕾直径3项指标。

采取切花花蕾底部以下15 cm长的茎段作为样品，烘干后以浓 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 加 $\text{HClO}_4$ 消煮，测定其全N、全P、全K、Ca的含量。

### 1.4 数据分析

用Excel进行数据处理，计算平均值、标准差；采用SPSS16.0软件进行均值比较和主成分分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对切花芍药茎秆品质的影响

#### 2.1.1 对黄金轮茎秆品质的影响

由表1可见，在株高方面，有机钙处理组整体优于无机钙处理组，即有机钙更有利于黄金轮株高的增长；处理1的株高值最大，显著优于对照、处理3和处理4，说明2%是促进黄金轮株高增长的 $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ 适宜喷施浓度。在茎粗方面，有机钙处理同样表现出较理想的效果，其中，处理2茎粗值最大，显著优于对照和无机钙处理，说明4%是更有利于茎粗增长的 $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ 适宜喷施浓度。可见，不同浓度的有机钙，对黄金轮茎秆的高增长和粗增长所起的作用不同。在花蕾直径方面，有机钙

表1 黄金轮不同钙素处理的采前指标

Table 1 Preharvest index of Huangjinlun with different calcium treatments

处理	株高/cm	茎粗/mm	花蕾直径/mm	全N含量/%	全P含量/%	全K含量/%	Ca含量/%
1	(101.50±2.12)a	(5.30±0.31)ab	(25.07±0.12)ab	(1.65±0.13)bc	(0.34±0.01)b	(0.72±0.07)b	(0.72±0.01)b
2	(93.25±0.35)ab	(5.74±0.51)a	(25.89±0.22)a	(1.74±0.31)bc	(0.36±0.02)b	(0.57±0.01)b	(0.66±0.02)c
3	(83.25±4.59)bc	(4.71±0.01)bc	(22.36±1.24)ab	(2.11±0.03)b	(0.41±0.06)b	(0.93±0.24)b	(0.71±0.01)bc
4	(73.50±7.77)c	(4.44±0.05)c	(13.07±4.68)c	(2.66±0.25)a	(0.54±0.06)a	(2.04±0.48)a	(0.81±0.06)a
CK	(83.00±1.41)bc	(4.27±0.07)c	(19.82±0.69)b	(1.40±0.02)c	(0.33±0.01)b	(0.47±0.06)b	(0.66±0.02)c

处理和低浓度无机钙处理显著有利于黄金轮花蕾直径的增加, 3 个处理间的差异不显著, 高浓度无机钙处理却明显抑制花蕾的增长, 蕾径平均低于对照 5.75 mm。可见, 有机钙处理均有利于花蕾直径的增加, 说明有机钙具有较好的安全性; 无机钙的施用浓度不宜过高。有关果树研究的结果<sup>[7-9]</sup>表明, 通过叶面喷施适宜浓度的钙化合物, 大都能增加果实硬度。本试验结果显示, 在枝叶伸展期对芍药植株喷施一定浓度的有机钙, 有利于提高茎杆的品质, 这与钙素有利于促进厚壁组织的生长和维管束数目的增加有关<sup>[10-11]</sup>。

在 N、P、K、Ca 的积累上, 各处理组间存在差异(表 1), 且含量均高于对照, 说明栽培期喷钙有利于这几种无机营养元素在植物体内的积累。相比有机钙, 植株更易吸收无机钙, 可见, 植株对不同的钙素形态表现出了不同的亲和性。

2.1.2 对银线绣红袍茎杆品质的影响

由表 2 可见, 银线绣红袍有机钙处理的株高值明显大于无机钙处理, 但 4 个钙素处理的株高值

均低于对照, 除处理 2 以外, 其余钙素处理均显著低于对照, 可见, 4 个钙素处理的株高增长受到抑制。对银线绣红袍茎粗而言, 有机钙处理有促进作用, 且较高浓度的作用效果较佳, 平均茎粗达 5.57 mm, 显著优于无机钙处理和对照。可见, 就促进植株茎粗的增加效果而言, 有机钙处理对银线绣红袍的作用效果与对黄金轮的作用效果相似, 但 2 种钙素形态都不利于银线绣红袍株高的增加, 其作用效果存在品种间差异。

在花蕾直径方面, 尽管银线绣红袍 4 个喷钙处理的花蕾直径值都比对照低, 但除 2% CaCl<sub>2</sub> 处理外, 其他 3 个处理的花蕾直径与对照差异不显著, 所以, 喷施钙素对于花蕾发育无明显负面影响。此外, 在银线绣红袍无机钙处理中出现了轻微的叶缘焦边现象, 但未出现花蕾败育现象, 这进一步表明, 不同品种对 CaCl<sub>2</sub> 的承受能力不同, 无机钙可用于采前喷施, 但须谨慎考虑其安全性, 其适宜浓度尚待进一步研究。

表 2 银线绣红袍不同钙素处理的采前指标

Table 2 Preharvest index of Yinxianxiuhongpao with different calcium treatments

处理	株高/cm	茎粗/mm	花蕾直径/mm	全 N 含量/%	全 P 含量/%	全 K 含量/%	Ca 含量/%
1	(77.00±2.52)b	(4.69±0.33)ab	(28.40±1.50)a	(0.62±0.02)b	(0.18±0.01)b	0.61±0.09	(0.65±0.02)ab
2	(79.50±2.65)ab	(5.57±0.10)a	(27.20±0.92)a	(0.48±0.07)c	(0.14±0.02)c	0.50±0.06	(0.61±0.03)bc
3	(65.00±5.03)c	(4.58±0.72)b	(24.67±2.99)b	(0.81±0.04)a	(0.21±0.01)a	0.52±0.12	(0.69±0.04)a
4	(66.00±4.16)c	(4.46±0.29)b	(25.81±0.37)a	(0.63±0.05)b	(0.17±0.01)b	0.56±0.23	(0.67±0.01)ab
CK	(87.00±1.41)a	(4.48±0.15)b	(29.62±0.91)a	(0.46±0.07)c	(0.14±0.01)c	0.54±0.06	(0.56±0.04)c

在营养元素的积累方面, 喷施钙素均有利于银线绣红袍 N、P、K 营养元素的积累。无机钙对 N、P 的积累作用比有机钙更明显, 这与黄金轮营养元素积累的效果相似; 但有机钙对 K 元素的积累作用与无机钙差异不显著。

2.1.3 对紫凤朝阳茎杆品质的影响

由表 3 可见, 对照平均株高达 73.00 cm, 茎粗和花蕾直径分别达 4.31、22.95 mm, 3 项采前形态指标基本都显著优于所有喷钙处理, 即喷施钙素反而对采前品质有负面影响。4 个处理的植株高度均

表 3 紫凤朝阳不同钙素处理的采前指标

Table 3 Preharvest index of Zifengchaoyang with different calcium treatments

处理	株高/cm	茎粗/mm	花蕾直径/mm	全 N 含量/%	全 P 含量/%	全 K 含量/%	Ca 含量/%
1	(64.33±1.15)bc	(4.15±0.23)a	(21.94±2.30)ab	(1.07±0.08)b	(0.20±0.01)c	(0.31±0.08)b	(0.54±0.04)c
2	(55.33±0.58)d	(4.40±0.20)a	(15.35±0.87)d	(0.94±0.07)bc	(0.22±0.01)bc	(0.51±0.23)b	(0.59±0.05)b
3	(66.00±0.50)b	(3.55±0.42)b	(20.04±1.33)bc	(1.09±0.18)b	(0.28±0.03)b	(0.55±0.16)b	(0.65±0.02)b
4	(62.00±2.18)c	(3.91±0.24)a	(19.26±1.07)c	(1.80±0.13)a	(0.41±0.07)a	(1.33±0.39)a	(0.90±0.08)a
CK	(73.00±2.18)a	(4.31±0.21)a	(22.95±0.72)a	(0.82±0.04)c	(0.21±0.02)c	(0.40±0.04)b	(0.58±0.04)bc

在 65 cm 左右,无法满足芍药切花的采切要求<sup>[12]</sup>。虽然处理 2 的茎粗(4.40 mm)高于对照(4.31 mm),但差异不显著,无法说明这一处理对茎粗增加有明显帮助。另外,与对照相比,处理 2 对株高和花蕾直径有较明显的抑制作用。与黄金轮和银线绣红袍相似的是,紫凤朝阳 2 个CaCl<sub>2</sub>处理也出现了中毒症状,且表现更为严重,处理 4 甚至出现了全株枯焦的现象。这进一步表明,不同品种对于无机钙的承受能力不同。

在营养元素的积累方面,喷施钙素显著有利于 N 的积累,其中无机钙处理的积累效果较好。与对照相比,有机钙处理对紫凤朝阳 P 的积累无明显效果,但无机钙处理的积累效果显著。高浓度无机钙处理有利于紫凤朝阳 K 的积累,但有机钙处理和低浓度无机钙处理的 K 积累效果与对照差异不显著。

## 2.2 各处理的主成分分析结果

3 个芍药品种不同喷钙处理的效果存在差异,例如,对黄金轮而言,较低浓度的有机钙处理有利于株高的增加,但较高浓度的有机钙处理有利于茎粗的增加;对银线绣红袍而言,较高浓度的有机钙处理虽有利于茎粗的增加,但对花蕾直径的增加有轻微的抑制作用。为避免主观评价试验结果,应用多元统计中的主成分分析法<sup>[6]</sup>,客观地对芍药 3 个品种的各处理结果进行评价(表 4)。由表 4 可知,在黄金轮和银线绣红袍的所有处理组中,处理 2 的得分最高;在紫凤朝阳的所有处理组中,对照的得分最高。可见,在黄金轮和银线绣红袍营养生长期喷施 4% (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca,能够明显提高切花的茎杆品质;紫凤朝阳则不适宜进行采前喷钙处理。

表 4 各处理形态指标的相对数值及 F 值

Table 4 Relative data of morphological index and its F score in every treatment

品种	处理	株高/%	茎粗/%	蕾径/%	全N含量/%	全P含量/%	全K含量/%	Ca含量/%	F 值
黄金轮	1	122.29	124.12	126.49	117.86	103.03	153.19	109.09	329.69
	2	112.35	134.43	130.63	124.29	109.09	121.28	100.00	332.63
	3	100.30	106.79	112.82	150.71	124.24	197.87	107.58	282.86
	4	88.55	103.98	65.94	190.00	163.64	434.04	122.73	226.05
	CK	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	265.20
银线绣红袍	1	88.51	104.69	95.88	134.78	128.57	112.96	116.07	254.51
	2	91.38	124.33	91.83	104.35	100.00	92.59	108.93	269.05
	3	74.71	102.23	83.29	176.09	150.00	96.30	123.21	228.10
	4	75.86	99.55	87.14	136.96	121.43	103.70	119.64	230.61
	CK	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	265.20
紫凤朝阳	1	88.12	96.29	95.60	130.49	95.24	77.50	93.10	247.19
	2	75.79	102.09	66.88	114.63	104.76	127.50	101.72	213.68
	3	90.41	82.37	87.32	132.93	133.33	137.50	112.07	230.47
	4	84.93	90.72	83.92	219.51	195.24	332.50	155.17	228.91
	CK	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	265.20

## 3 结论与讨论

采前喷钙处理对不同芍药品种的茎杆品质表现出明显的差异,黄金轮和银线绣红袍在 4% (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca处理后,其株高、茎粗、蕾径均显著提高;喷钙处理对紫凤朝阳的茎杆品质则有一定的负作用,该品种不宜通过喷钙的方式改善茎杆品质。

本研究结果表明,就不同的钙素形态和钙素浓

度而言,有机钙((CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Ca)对提高芍药茎杆品质的作用优于无机钙(CaCl<sub>2</sub>),高浓度(4%)有机钙处理要优于低浓度(2%)有机钙处理,且有机钙对植物的伤害小,表现出较高的安全性;此外,喷施有机钙还可防止或减轻某些病害的发生<sup>[13]</sup>,但有机钙的成本较高,在大规模生产中使用需根据实际情况决定。3 个芍药品种对 2%、4%的无机钙处理均表现出了一定的不适症状,所以,后续试验建议尝试浓度低于 2%的无机钙处理,因无机钙的不合理使用

易发生药害,低浓度的处理是十分必要的<sup>[13]</sup>。另外,因为观花植物对于氯元素的敏感性较高<sup>[2]</sup>,所以,关于钙素形态试验的无机钙可考虑用 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 。

就营养元素积累来看,植物更易吸收无机态钙素,对有机态钙素的吸收相对缓和<sup>[14]</sup>。对黄金轮和银线绣红袍而言,低浓度有机钙更易被植物吸收。钙素含量也与植物对氮、磷、钾等其他元素的积累相关,营养元素间的平衡关系尚待深入研究。

采收前喷钙的处理效果,不仅与植物品种、钙素形态、钙素浓度相关,还与喷施时期密切相关,这一点已在果树研究中得到了验证<sup>[13]</sup>。限于试验材料,本研究中仅进行了展叶期的喷钙研究,建议今后可扩大品种的试验范围,尝试更低浓度的无机钙处理,并设置不同的喷施起始时期(显蕾期、透色期等),以完善喷钙处理与切花芍药茎杆品质关系的研究。

#### 参考文献:

- [1] 孙敬三,朱至清.植物细胞的结构与功能[M].北京:科学出版社,1983:10-13.
- [2] 黄建国.植物营养学[M].北京:中国林业出版社,2004:232-233.
- [3] 刘燕.芍药切花采收后贮藏生理研究[J].北京林业大学学报,1996,18(1):13-16.
- [4] Cast K. Methyl jasmonate and longterm storage of fresh cut peony flowers[J]. Acta Horticulturae, 2001, 543: 327-330.
- [5] 龙芳.芍药的春节催花技术研究及抑制栽培初探[D].北京:北京林业大学园林学院,2007.
- [6] 于秀林,任雪松.多元统计分析[M].北京:中国统计出版社,1999:154-155.
- [7] Recasens I, Benavides A, Puy J, et al. Pre-harvest calcium treatments in relation to the respiration rate and ethylene production of Golden Smoothie apples[J]. Sci Food Agri, 2004, 84: 765-771.
- [8] Moon B W, Kang I K, Lee Y C, et al. Effect of tree-spray of liquid calcium compounds of the changes in cell wall components, cell wall hydrolases and cell wall structure during cold storage of non-astringent persimmon fruits [J]. Korea Soc Hort Sci, 2002, 43(4): 443-446.
- [9] Brown G S, Kitchener A E, Barness S, et al. Calcium hydroxide sprays for the control of black spot on apples-treatment effects on fruit quality[J]. Acta Horticulturae, 2000, 513: 47-52.
- [10] 邓文,青先国,蒲熙,等.硅肥和钙肥对超级杂交稻茎秆抗倒力学的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2008,34(5):586-590.
- [11] 杨廷良,杨瑞芳,崔国贤,等.苎麻对钙素营养的吸收与分配特征[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2008,34(6):724-726.
- [12] NY/T953—2006 中华人民共和国农业行业标准[S].
- [13] 关军锋,Max Saure.果树钙素营养与生理[M].北京:科学出版社,2005:7-15.
- [14] 姚连芳.采收前喷钙采收后贮藏对芍药月季瓶插寿命的影响[J].北方园艺,1998(1):51-52.

责任编辑:王赛群  
英文编辑:罗文翠