

喷施不同钙肥对桃生长发育和果实品质的影响

谭迪, 李金雷, 王三红* (南京农业大学园艺学院, 江苏南京 210095)

摘要 [目的]研究4种钙肥对2个桃品种生长发育、矿质元素含量、果实品质、裂果率和贮藏期间病害的影响。[方法]以“早露蟠桃”和“源东白桃”为材料,在果实幼果期、硬核期和成熟前期,分别用170 mg/L康朴液钙、果蔬钙、硝酸钙、硝酸钙+GA₃ 4种钙肥喷施叶子和果实,用活体叶绿素仪SPAD-502测量叶片SPAD值;电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-AES)测量果实和叶片中Ca、K和P含量;成熟时,统计2个品种果实裂果以及储藏期间果实品质变化。[结果]2个品种在不同生长期,喷施4种钙肥均提高叶片SPAD值,其中康朴液钙效果较好;喷施不同钙肥均提高叶片和果实钙含量,其中以幼果期喷施效果最明显;“早露蟠桃”成熟时果蔬钙处理裂果率最低;不同钙肥均提高果实横径,降低贮藏期间果实腐烂。[结论]不同钙肥处理对桃树不同品种内在生理产生不同作用,影响果实品质以及储藏性。揭示钙与桃果实品质以及采后储藏相关。

关键词 “早露蟠桃”;“源东白桃”;钙肥;果实品质;采后贮藏

中图分类号 S662.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)07-0160-07

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.07.047



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Spraying Different Calcium Fertilizers on Developmental Growth and Fruit Quality of Peach

TAN Di, LI Jin-lei, WANG San-hong (College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095)

Abstract [Objective] To study the effects of four calcium fertilizers on the growth development, mineral element content, fruit quality, fruit cracking rate and diseases during storage of two peach varieties. [Method] Using Zaolu flat peach and Yuandong white peach as materials, they were sprayed with four foliar fertilizers, i. e. 170 mg/L compo calcium (CPC), sugar alcohol calcium (SAC), calcium nitrate [Ca(NO₃)₂], calcium nitrate+ gibberellin [Ca(NO₃)₂+GA₃], respectively, at the young, core-hardening and premature stage of the fruit development. The SPAD value of leaves was measured with the chlorophyll meter SPAD-502 in vivo. The content of Ca, K and P in fruits and leaves were measured with the inductively coupled plasma emission spectrometer (ICP-AES); the cracking performance of the two varieties was investigated during ripening stage and the percentage of deterioration of the fruits was calculated during storage. [Result] Spraying four calcium fertilizers all increased the SPAD value of peach leaves at different growth stages, and among which CPC works better than others; spraying calcium fertilizers all increased calcium content in the leaves and fruits. The effect was the most obvious when spraying at the young fruit period; the SAC treatment had the lowest rate of fruit cracking; different calcium fertilizers all increased the fruit's transverse length and slowed down the fruit rot during storage. [Conclusion] Due to the differences in varieties, different calcium fertilizer treatments have different effects on the intrinsic physiology of peach trees, affecting fruit quality and storage. It reveals that the content of calcium is positively correlated to the fruit quality and postharvest storage.

Key words Zaolu flat peach; Yuandong white peach; Calcium fertilizer; Fruit quality; Postharvest storage

果树生长发育及生理生化过程都与钙密切相关^[1-2]。果实中的钙能够中和草酸,形成不溶性草酸钙,从而增强果皮韧性,提高果实硬度,降低裂果率,增强果实抗病性,延长果实的贮藏时间。钙还能提高果实的产量和品质^[3]。大多蟠桃、早熟桃品种果实风味淡,不耐贮藏,而且蟠桃在栽培中果顶容易开裂。研究表明,桃果实裂果和风味不仅与品种有关,还与桃树体内营养失衡有关,如氮含量高而钙含量较低^[4]。土壤中钙主要以矿物态钙、水溶态钙、交换态钙和有机态钙4种形态存在^[5],然而1千克仅有几毫克至几百毫克的水溶态钙是果树根系可直接利用的有效态钙。一般酸性土壤和交换性低的土壤水溶态钙含量较低,果树吸收钙相对较少^[6]。与土壤施肥相比,叶面喷施钙肥养分吸收更快且更充分,有利于提高肥料利用率。果树施用叶面钙肥还可提高土壤对养分的释放作用,促进其硝化作用从而使养分有效性得到提高,此外,施用叶面钙肥还能降低对土壤的污染^[7]。缺钙导致果实生理失调,出现一系列病害,包括苹果苦痘病、番茄脐腐病等。桃树缺钙引发果顶软化、裂果等生理性病

害,影响果实内外品质以及储运。目前,在相关领域的研究相对较少。

“早露蟠桃”是一个适宜密植栽培、丰产性优良、特早熟蟠桃新品种^[8-9]。“源东白桃”是从浙江省金华市金东区的桃树芽变中选出来的一个优质早熟桃品种,该品种表现出果实大、熟期早、味浓甜、品质好、耐贮运、丰产性等特点^[10],但在“早露蟠桃”和“源东白桃”高产栽培过程中,氮磷钾肥过多的施用,使树体养分失衡,导致“早露蟠桃”和“源东白桃”果实品质降低,抗病性下降。因此,笔者通过对“早露蟠桃”和“源东白桃”喷施4种不同的叶面钙肥研究其对生长发育、矿质元素含量、果实品质、裂果发生率和贮藏期间果实病害的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试品种为6年生早熟品种“早露蟠桃”和8年生早熟品种“源东白桃”,其树形均为开心型,株行距为4.0 m × 2.5 m,采用陆地常规栽培,土肥水及病虫害管理同常规。

1.2 试验方法 选择树势相同的“早露蟠桃”和“源东白桃”各15株,选晴天傍晚喷施以下叶面钙肥:康朴液钙、果蔬钙、硝酸钙、硝酸钙+50 mg/L赤霉素,喷施浓度均为170 mg/L,喷施清水为对照,以叶片和果面滴水为度,于生长

基金项目 国家重点研发计划课题“果树养分高效利用的生理基础与调控”(2019YFD1000103)。

作者简介 谭迪(1995—),女,河南南阳人,硕士研究生,研究方向:果树钙营养生理。*通信作者,教授,博士,博士生导师,从事果树逆境生理研究。

收稿日期 2020-08-04;修回日期 2020-08-20

期喷施 3 次,时间分别为 4 月 14 日、5 月 9 日、5 月 30 日,每个处理设 3 次重复。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 果实品质及烂果情况。“早露蟠桃”和“源东白桃”分别于 6 月 4 日、6 月 14 日采收贮藏(温度为 2 ℃,相对湿度 90%),于采后 14、24、34 d 测果实品质变化,并对果实烂果情况进行统计。果实用电子游标卡尺测定其纵横径,单果重用百分之一电子天平测定;可溶性固形物含量用电子数显式糖度计测定,果实硬度用数显式硬度计测定;可滴定酸含量用酸碱中和滴定法测定,可溶性糖含量用蒽酮比色法测定。

1.3.2 叶片 SPAD。“早露蟠桃”分别于果实幼果期(4 月 24 日)、硬核期(5 月 16 日)和成熟期(6 月 4 日)利用活体叶绿素仪 SPAD-502 测量叶片的 SPAD 值,而“源东白桃”于果实幼果期(4 月 24 日)、硬核期(5 月 16 日)和成熟期(6 月 14 日)利用同样的方法测量叶片的 SPAD 值。测量时选不同部位的叶片,每部位选取 3~4 片叶进行测量,对每片叶的不同部位进行 SPAD 值多次测量,然后取其平均值作为此片叶的最终 SPAD 值,再对所有叶片 SPAD 值取平均值作为“早露蟠桃”和“源东白桃”的 SPAD 值。“源东白桃”净光合速率在晴天 09:00 用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 便携式光合测定仪测定。

1.3.3 叶片和果实中 Ca、K、P 含量。分别于幼果期、硬核期和成熟期采集“早露蟠桃”和“源东白桃”的叶片及果实(2 个品种的取样时间分别同“1.3.2”),每处理采集 10 片叶和 5

个果实,自来水冲洗 3 遍再用去离子水冲洗 3 遍,吸水纸擦干后,将叶片和果实烘干,待用。用浓硝酸消煮样品,氧化有机物,使 Ca、K、P 元素转化为离子态,然后用电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-AES)测量消煮液中 Ca、K 和 P 元素含量。

1.3.4 果实裂果发生率。果实成熟时,统计不同钙肥处理“早露蟠桃”裂果果实占整个桃树总数的百分比,分析不同钙肥处理对裂果的影响。

1.4 数据统计与分析 所有数据均重复测定 3 次以上,结果为各处理平均值,统计分析采用 SPSS 18.0 软件,多重比较采用 DUCAN 法,图表用 Excel 2007 完成。

2 结果与分析

2.1 喷施不同钙肥对“早露蟠桃”和“源东白桃”果实发育和叶片 SPAD 的影响 由表 1 可知,“早露蟠桃”喷施不同钙肥,在果实发育的各个时期单果重和果形指数与对照均无显著差异,但随果实的生长发育,果形指数呈逐渐减小的趋势。果蔬钙、硝酸钙和硝酸钙+赤霉素处理,在“早露蟠桃”成熟时果实纵径显著高于对照,康朴液钙、硝酸钙和硝酸钙+赤霉素处理,在“早露蟠桃”成熟时果实横径显著高于对照。因此,硝酸钙和硝酸钙+赤霉素处理,在果实成熟时果实纵横径均显著高于对照。随果实的生长发育,叶片 SPAD 值呈逐渐升高的趋势。其中康朴液钙处理,在果实硬核期叶片 SPAD 值显著高于对照(比对照高 2.2%)。

表 1 喷施不同钙肥对“早露蟠桃”果实单果重、纵横径、果形指数和叶片 SPAD 的影响

Table 1 Effects of spraying different calcium fertilizers on single fruit weight, transverse and longitudinal diameter, fruit shape index and leaf SPAD of Zaolu flat peach

时期 Period	处理 Treatment	单果重 Single fruit weight/g	纵径 Longitudinal diameter/mm	横径 Transverse diameter/mm	果形指数 Fruit shape index	叶片 SPAD Leaf SPAD
幼果期 Young fruit stage	CPC	1.31±0.13 a	10.81±0.26 a	15.51±0.91 a	0.70±0.06 a	41.40±0.23 a
	SAC	1.31±0.12 a	10.61±0.43 a	16.21±0.86 a	0.67±0.02 a	40.95±0.65 a
	Ca(NO ₃) ₂	1.21±0.27 a	10.81±0.31 a	16.21±0.29 a	0.67±0.01 a	40.90±0.28 a
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	1.41±0.02 a	11.31±0.80 a	16.61±0.35 a	0.68±0.06 a	41.06±0.21 a
	CK	1.21±0.24 a	10.41±0.23 a	15.61±0.14 a	0.67±0.02 a	40.78±0.44 a
硬核期 Hard core stage	CPC	27.00±1.14 a	25.88±1.77 a	45.41±2.96 a	0.57±0.01 a	41.51±0.54 a
	SAC	24.97±0.30 a	25.88±1.58 a	47.21±2.50 a	0.54±0.03 a	41.10±0.32 ab
	Ca(NO ₃) ₂	26.26±2.29 a	24.98±0.68 a	44.81±2.70 a	0.56±0.02 a	41.22±0.35 ab
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	27.96±3.06 a	24.65±1.76 a	46.51±0.17 a	0.53±0.04 a	41.31±0.16 ab
成熟期 Mature stage	CK	25.71±4.57 a	23.95±1.10 a	44.71±0.52 a	0.54±0.03 a	40.63±0.32 b
	CPC	147.44±12.80 a	36.38±0.98 ab	81.40±3.14 a	0.45±0.03 a	42.80±0.41 a
	SAC	139.24±13.57 a	36.86±1.21 a	78.41±2.55 ab	0.47±0.01 a	42.46±0.85 a
	Ca(NO ₃) ₂	149.62±18.30 a	36.84±0.44 a	80.61±3.62 a	0.46±0.02 a	42.49±0.07 a
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	152.74±13.86 a	36.93±1.04 a	81.36±1.73 a	0.45±0.01 a	41.98±0.48 a
	CK	127.70±13.65 a	35.08±1.53 b	76.10±2.80 b	0.46±0.03 a	41.88±0.40 a

注:CPC.康朴液钙;SAC.果蔬钙;Ca(NO₃)₂.硝酸钙;GA₃.赤霉素;CK.对照。同列不同小写字母表示经 Duncan's 测验有显著差异(P<0.05)
Note:CPC. Compo calcium;SAC. Sugar alcohol calcium;Ca(NO₃)₂. Calcium nitrate;GA₃. Gibberellin;CK. Control. Different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level by Duncan's test

由表 2 可知,“源东白桃”喷施不同钙肥处理,在果实发育的各个时期单果重与对照均无显著差异。喷施不同钙肥处理在果实硬核期果实横径均显著高于对照;与对照相比,康朴液钙处理显著提高果实成熟期果实纵横径。随“源东白

桃”果实的生长发育,果形指数呈逐渐减小的趋势,但喷钙各处理在果实发育的各个时期与对照相比果形指数差异较小。叶片 SPAD 值随“源东白桃”生长发育呈逐渐升高的趋势。果蔬钙、硝酸钙和硝酸钙+赤霉素处理,在果实硬核期叶片

SPAD 值显著高于对照,其中以硝酸钙处理效果最明显;硝酸钙和康朴液钙处理,在果实成熟期叶片 SPAD 值均显著高于对照(分别比对照高 3.1%和 2.7%)。由表 1 和 2 可知,康朴

液钙均提高了“早露蟠桃”和“源东白桃”成熟时果实横径和叶片 SPAD 值。

表 2 喷施不同钙肥对“源东白桃”果实单果重、横纵径、果形指数和叶片 SPAD 的影响

Table 2 Effects of spraying different calcium fertilizers on single fruit weight, transverse and longitudinal diameter, fruit shape index and leaf SPAD of Yuandong white peach

时期 Period	处理 Treatment	单果重 Single fruit weight//g	纵径 Vertical diameter mm	横径 Transverse diameter mm	果形指数 Fruit shape index	叶片 SPAD Leaf SPAD
幼果期 Young fruit stage	CPC	0.71±0.21 a	17.05±0.97 a	9.78±0.57 a	1.77±0.06 a	40.69±0.24 a
	SAC	0.87±0.08 a	17.28±1.02 a	9.89±0.33 a	1.75±0.06 a	41.40±0.67 a
	Ca(NO ₃) ₂	0.86±0.30 a	17.13±0.73 a	9.84±0.55 a	1.75±0.03 a	40.94±0.55 a
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	0.75±0.13 a	17.29±0.79 a	9.80±0.19 a	1.77±0.05 a	41.06±0.09 a
	CK	0.70±0.18 a	16.72±0.64 a	9.42±0.17 a	1.78±0.05 a	40.52±0.08 a
硬核期 Hard core stage	CPC	31.55±1.50 a	49.08±0.61 a	37.34±0.21 a	1.32±0.02 ab	41.30±0.05 ab
	SAC	31.99±5.74 a	48.14±1.79 a	37.08±0.46 a	1.30±0.03 b	41.61±0.31 a
	Ca(NO ₃) ₂	31.92±2.44 a	48.85±0.30 a	37.37±0.20 a	1.31±0.01 ab	41.88±0.36 a
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	33.17±2.48 a	48.96±0.33 a	37.04±0.10 a	1.32±0.01 ab	41.49±0.10 a
	CK	31.64±2.80 a	48.20±0.69 a	36.04±0.72 b	1.34±0.01 a	40.79±0.25 b
成熟期 Mature stage	CPC	154.70±24.74 a	81.78±1.11 a	76.22±2.11 a	1.08±0.02 a	43.69±0.25 a
	SAC	153.39±13.11 a	76.00±1.55 b	73.66±1.09 ab	1.03±0.03 b	43.62±0.29 a
	Ca(NO ₃) ₂	165.80±18.18 a	76.77±1.97 b	71.30±1.77 b	1.08±0.02 a	43.88±0.53 a
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	155.91±5.81 a	77.69±1.57 b	71.72±1.37 b	1.09±0.01 a	43.46±0.65 a
	CK	153.50±7.35 a	75.95±2.23 b	72.78±1.42 b	1.05±0.02 ab	42.54±0.11 b

注:CPC.康朴液钙;SAC.果蔬钙;Ca(NO₃)₂.硝酸钙;GA₃.赤霉素;CK.对照。同列不同小写字母表示经 Duncan's 测验有显著差异(P<0.05)

Note:CPC. Compo calcium;SAC. Sugar alcohol calcium;Ca(NO₃)₂. Calcium nitrate;GA₃. Gibberellin;CK. Control. Different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level by Duncan's test

2.2 喷施不同钙肥对“早露蟠桃”和“源东白桃”叶片和果实钙、磷和钾含量的影响

2.2.1 “早露蟠桃”。

由表 3 可知,随“早露蟠桃”生长发育,叶片中钙含量呈逐渐升高的趋势,而果实中钙含量呈逐渐减小的趋势。不同喷钙处理显著提高了幼果期叶片钙含量,但对幼果钙含量除硝酸钙+赤霉素处理外,提高不明显。与对照相比,硝酸钙+赤霉素处理提高叶片和幼果钙含量(分别比对照高 63.2%和 41.7%)。康朴液钙处理显著提高硬核期叶

片钙含量(比对照高 48.0%);硝酸钙处理显著提高硬核期果实钙含量(比对照高 30.3%)。果蔬钙处理显著提高成熟期叶片钙含量(比对照高 19.1%);康朴液钙和果蔬钙处理显著提高成熟期果实中钙含量(分别比对照高 84.8%和 30.3%)。随着果实的发育,叶片钙含量逐渐增加,但叶片吸收钙最大的时期在幼果期;果实中钙含量随着果实的发育逐渐减少,但在幼果期果实吸收钙的量最大,因此,在幼果期喷施叶面钙肥是叶片和果实吸收钙的最佳时期。

表 3 喷施不同钙肥对“早露蟠桃”叶片和果实钙、磷和钾含量的影响

Table 3 Effects of spraying different Calcium fertilizers on the content of Ca,P and K in the leaves and fruits of Zaolu flat peach mg/g

发育期 Developmental period	处理 Treatment	叶片 Leaf			果实 Fruit		
		钙	磷	钾	钙	磷	钾
幼果期 Young fruit stage	CPC	22.80±2.54 ab	8.00±0.39 a	31.52±3.41 b	10.58±2.17 ab	6.83±0.94 a	17.89±4.54 ab
	SAC	24.01±6.36 ab	8.12±1.47 a	39.91±7.37 a	9.08±1.44 abc	5.42±0.57 bc	17.68±1.65 ab
	Ca(NO ₃) ₂	21.74±2.16 b	6.90±0.11 ab	28.02±1.62 b	7.33±0.32 c	4.48±0.30 c	12.64±0.62 b
	Ca(NO ₃) ₂ +GA	28.76±2.77 a	7.24±0.87 ab	29.68±5.89 b	11.89±2.16 a	5.94±0.40 ab	19.39±3.14 a
	CK	13.97±0.78 c	6.10±0.54 b	24.22±1.35 b	8.38±1.08 bc	4.97±0.89 bc	15.25±2.92 ab
硬核期 Hard core stage	CPC	50.60±6.46 a	3.03±0.26 c	20.19±1.32 bc	4.87±0.97 b	2.47±0.42 a	9.62±1.20 bc
	SAC	49.89±4.65 a	3.26±0.09 c	17.94±1.80 c	4.29±0.85 b	2.54±0.48 a	9.15±2.36 c
	Ca(NO ₃) ₂	48.15±5.15 ab	3.82±0.52 bc	21.79±1.39 bc	6.53±1.29 a	2.83±0.50 a	12.17±0.25 ab
	Ca(NO ₃) ₂ +GA	36.78±8.63 bc	5.19±1.66 b	26.66±3.81 ab	5.01±0.24 b	2.73±0.37 a	12.25±0.67 ab
	CK	34.18±5.51 c	7.06±0.88 a	31.92±6.61 a	4.94±0.25 b	2.85±0.17 a	14.55±1.54 a
成熟期 Mature stage	CPC	58.82±5.02 ab	2.13±0.17 a	19.20±1.88 a	5.86±0.58 a	2.23±0.20 a	18.97±1.16 a
	SAC	64.58±2.67 a	2.21±0.10 a	18.41±1.76 a	4.13±0.64 b	1.94±0.27 ab	14.53±1.00 b
	Ca(NO ₃) ₂	59.02±2.20 ab	2.21±0.10 a	20.28±0.93 a	3.77±0.02 bc	1.70±0.02 b	13.96±0.21 bc
	Ca(NO ₃) ₂ +GA	61.41±2.00 ab	2.14±0.08 a	19.33±0.33 a	3.56±0.15 bc	1.57±0.32 b	13.05±1.00 bc
	CK	54.22±3.96 b	2.12±0.08 a	18.37±1.88 a	3.17±0.42 c	1.53±0.17 b	12.16±1.64 c

注:CPC.康朴液钙;SAC.果蔬钙;Ca(NO₃)₂.硝酸钙;GA₃.赤霉素;CK.对照。同列不同小写字母表示经 Duncan's 测验有显著差异(P<0.05)

Note:CPC. Compo calcium;SAC. Sugar alcohol calcium;Ca(NO₃)₂. Calcium nitrate;GA₃. Gibberellin;CK. Control. Different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level by Duncan's test

“早露蟠桃”叶片和果实磷含量随生长发育呈逐渐减小的趋势。果蔬钙和康朴液钙处理,在幼果期叶片磷含量显著高于对照(分别比对照高 64.8%和 16.0%);康朴液钙处理幼果磷含量最高(比对照高 37.4%),差异显著。不同喷钙处理降低了硬核期叶片磷含量,这可能与叶片中钙与磷产生竞争机制有关;不同处理对硬核期果实磷含量无显著影响。不同处理成熟期叶片磷含量无差异;康朴液钙显著提高成熟期果实中磷含量(比对照高 45.7%)。

果蔬钙处理“早露蟠桃”幼果期叶片钾含量显著高于对照(比对照高 33.1%);硝酸钙+赤霉素处理果实钾含量显著高于单独硝酸钙处理(比硝酸钙处理高 53.4%)。因此,叶面喷施赤霉素有助于果实积累钾。在硬核期,对照比其他处理叶片和果实钾含量高,这可能是由于叶面喷钙促进叶片和果实对钙的吸收,从而与钾产生竞争机制造成的。在果实成熟期,各处理叶片钾含量无显著差异,但康朴液钙处理显著提高果实钾含量(比对照高 56.0%)。

2.2.2 “源东白桃”。由表 4 可知,“源东白桃”叶片和果实钙含量随生长发育均呈逐渐减小的趋势。喷钙处理提高幼果期叶片钙含量,其中以康朴液钙和硝酸钙+赤霉素处理最

为显著(分别比对照高 78.8%和 82.2%);康朴液钙处理显著提高幼果果实钙含量(比对照高 40.2%)。不同处理对果实硬核期叶片钙含量无显著影响;硝酸钙+赤霉素处理显著提高硬核期果实钙含量。硝酸钙处理显著提高果实成熟期叶片钙含量(比对照高 43.8%);除康朴液钙处理外,其他处理对果实中钙含量改善不明显。

“源东白桃”叶片和果实磷含量随生长发育均呈逐渐减小的趋势。不同喷钙处理对幼果期叶片和果实磷含量均无显著影响。康朴液钙处理显著提高硬核期叶片磷含量(比对照高 23.2%);果蔬钙处理显著提高硬核期果实磷含量(比对照提高 37.3%)。不同处理果实成熟期叶片磷含量无显著差异。

“源东白桃”叶片中钾含量随生长发育呈逐渐减小的趋势,果实中钾含量无明显变化规律。康朴液钙和硝酸钙+赤霉素处理显著提高幼果期叶片钾含量(分别比对照高 30.9%和 27.0%);不同处理幼果期果实钾含量无显著差异。在硬核期,康朴液钙处理提高叶片钾含量,但差异不显著;果蔬钙处理显著提高果实钾含量(比对照高 27.8%)。在果实成熟期,果蔬钙提高叶片中钾含量;硝酸钙+赤霉素处理提高果实钾含量,但都无显著差异。

表 4 喷施不同钙肥对“源东白桃”叶片和果实钙、磷和钾含量的影响

Table 4 Effects of spraying different calcium fertilizers on the content of Ca, P and K in the leaves and fruits of Yuandong white peach mg/g

发育期 Developmental period	处理 Treatment	叶片 Leave			果实 Fruit		
		钙	磷	钾	钙	磷	钾
幼果期 Young fruit stage	CPC	22.80±2.54 ab	8.00±0.39 a	31.52±3.41 b	9.31±0.21 a	5.29±1.22 a	12.83±1.43 a
	SAC	24.01±6.36 ab	8.12±1.47 a	39.91±7.37 a	6.74±2.27 b	4.52±0.36 a	14.29±0.46 a
	Ca(NO ₃) ₂	21.74±2.16 b	6.90±0.11 ab	28.02±1.62 b	7.23±0.53 ab	4.44±0.17 a	14.74±0.44 a
	Ca(NO ₃) ₂ +GA	28.76±2.77 a	7.24±0.87 ab	29.68±5.89 b	7.69±0.84 ab	4.73±0.59 a	15.49±1.78 a
	CK	13.97±0.78 c	6.10±0.54 b	24.22±1.35 b	6.64±1.19 b	4.80±0.88 a	15.19±1.99 a
硬核期 Hard core stage	CPC	50.60±6.46 a	3.03±0.26 c	20.19±1.32 bc	5.11±0.87 ab	2.77±0.34 ab	13.46±1.65 ab
	SAC	49.89±4.65 a	3.26±0.09 c	17.94±1.80 c	5.50±0.91 ab	3.31±0.69 a	16.12±2.47 a
	Ca(NO ₃) ₂	48.15±5.15 ab	3.82±0.52 bc	21.79±1.39 bc	5.12±1.41 ab	2.78±0.29 ab	13.29±0.91 ab
	Ca(NO ₃) ₂ +GA	36.78±8.63 bc	5.19±1.66 b	26.66±3.81 ab	5.89±1.10 a	2.67±0.15 ab	11.32±0.97 b
成熟前期 Pre-mature stage	CK	34.18±5.51 c	7.06±0.88 a	31.92±6.61 a	3.91±0.12 b	2.41±0.31 b	12.61±0.76 b
	CPC	58.82±5.02 ab	2.13±0.17 a	19.20±1.88 a	2.54±0.80 b	1.44±0.37 b	11.20±0.55 b
	SAC	64.58±2.67 a	2.21±0.10 a	18.41±1.76 a	4.38±0.68 a	1.48±0.06 b	11.86±0.09 b
	Ca(NO ₃) ₂	59.02±2.20 ab	2.21±0.10 a	20.28±0.93 a	4.10±0.01 a	1.70±0.01 ab	11.77±0.01 b
	Ca(NO ₃) ₂ +GA	61.41±2.00 ab	2.14±0.08 a	19.33±0.33 a	3.84±0.01 a	1.98±0.01 a	14.19±0.01 a
	CK	54.22±3.96 b	2.12±0.08 a	18.37±1.88 a	3.74±0.91 a	1.82±0.34 ab	12.98±2.60 ab

注: CPC. 康朴液钙; SAC. 果蔬钙; Ca(NO₃)₂. 硝酸钙; GA₃. 赤霉素; CK. 对照。同列不同小写字母表示经 Duncan's 测验有显著差异(P<0.05)

Note: CPC. Compo calcium; SAC. Sugar alcohol calcium; Ca(NO₃)₂. Calcium nitrate; GA₃. Gibberellin; CK. Control. Different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level by Duncan's test

2.3 喷施不同钙肥对“早露蟠桃”成熟时果实裂果的影响 由图 1 可知,与对照相比,康朴液钙、果蔬钙和硝酸钙+赤霉素处理显著降低“早露蟠桃”成熟时果实裂果率,其中以果蔬钙处理效果最明显(与对照相比裂果率降低 25%)。

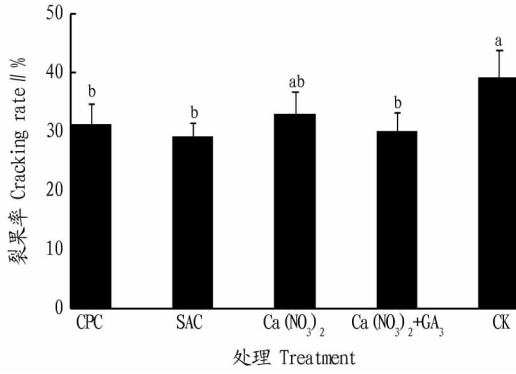
2.4 喷施不同钙肥对“源东白桃”光合作用的影响 随着“源东白桃”生长发育,叶片净光合速率呈逐渐减小的趋势(图 2)。硝酸钙+赤霉素处理“源东白桃”果实幼果期净光合速率明显高于其他处理。各处理在果实硬核期间无显著差异。硝酸钙和硝酸钙+赤霉素处理显著提高果实成熟期净光

合速率(分别比对照提高了 4.5%和 4.7%)。

2.5 喷施不同钙肥对“早露蟠桃”和“源东白桃”果实品质的影响

2.5.1 “早露蟠桃”。由表 5 可知,康朴液钙处理在果实成熟时果实硬度显著高于对照(比对照高 28.1%)。各个处理在果实成熟时果实可溶性固形物、可滴定酸和可溶性糖含量无显著差异。

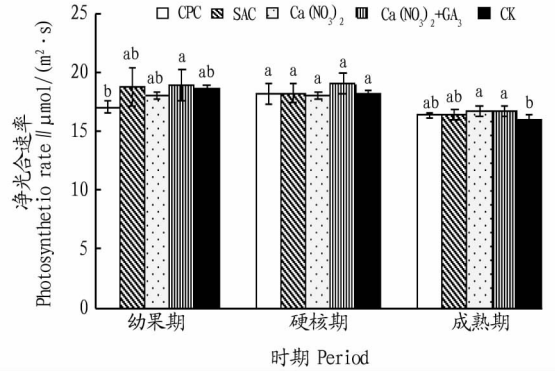
果实采收后,测定了贮藏期间果实品质变化。6月18日取样测定结果表明,康朴液钙处理显著提高果实硬度(比对



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)
 Note: Different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level

图1 喷施不同钙肥对“早露蟠桃”裂果的影响

Fig.1 Effects of spraying different calcium fertilizers on the incidence of cracking with Zaolu flat peach



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)
 Note: Different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level

图2 喷施不同钙肥对“源东白桃”光合作用的影响

Fig.2 Effects of spraying different calcium fertilizers on photosynthesis of Yuandong white peach

表5 喷施不同钙肥对“早露蟠桃”果实品质的影响

Table 5 Effects of spraying different calcium fertilizers on fruit quality of Zaolu flat peach

时期 (Period)	处理 (Treatment)	硬度 (Firmness kg/cm ²)	可溶性固形物 (Soluble solids %)	可溶性糖 (Soluble sugar %)	可滴定酸 (Titratable acidity %)
06-04	CPC	0.73±0.15 a	11.43±0.38 a	6.88±0.03 a	0.20±0.02 a
	SAC	0.60±0.04 ab	11.00±0.70 a	6.65±0.37 a	0.24±0.06 a
	Ca(NO ₃) ₂	0.59±0.01 ab	11.33±0.70 a	6.69±0.05 a	0.23±0.05 a
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	0.66±0.03 ab	11.50±1.31 a	6.67±0.24 a	0.25±0.05 a
	CK	0.57±0.04 b	10.77±0.32 a	6.55±0.31 a	0.28±0.01 a
06-18	CPC	0.69±0.12 a	10.90±0.10 b	8.66±0.80 a	0.20±0.02 a
	SAC	0.54±0.09 ab	10.83±0.42 b	7.72±1.26 ab	0.21±0.01 a
	Ca(NO ₃) ₂	0.57±0.02 ab	11.70±0.61 a	7.29±0.32 b	0.19±0.01 a
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	0.63±0.03 ab	11.07±0.06 ab	6.99±0.69 b	0.22±0.03 a
	CK	0.51±0.01 b	10.47±0.32 b	7.03±0.24 b	0.23±0.02 a
06-28	CPC	0.60±0.02 a	10.40±0.35 a	8.55±0.46 a	0.18±0.04 a
	SAC	0.50±0.11 ab	10.40±0.15 a	7.76±0.92 a	0.21±0.03 a
	Ca(NO ₃) ₂	0.50±0.05 ab	10.90±0.87 a	8.62±1.28 a	0.20±0.01 a
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	0.56±0.06 ab	9.80±0.59 a	8.25±0.90 a	0.22±0.03 a
	CK	0.47±0.06 b	9.90±0.55 a	7.87±0.30 a	0.23±0.02 a
07-8	CPC	0.52±0.04 a	10.00±0.57 a	6.92±1.25 a	0.18±0.01 a
	SAC	0.48±0.11 a	9.90±0.42 a	6.80±0.74 a	0.19±0.01 a
	Ca(NO ₃) ₂	0.61±0.14 a	10.10±0.62 a	6.59±1.98 a	0.19±0.01 a
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	0.60±0.06 a	9.60±0.32 a	6.14±0.83 a	0.17±0.01 a
	CK	0.48±0.06 a	9.60±0.10 a	6.04±1.46 a	0.19±0.02 a

注: CPC. 康朴液钙; SAC. 果蔬钙; Ca(NO₃)₂. 硝酸钙; GA₃. 赤霉素; CK. 对照。同列不同字母表示经 Duncan's 测验有显著差异 ($P < 0.05$)
 Note: CPC. Compo calcium; SAC. Sugar alcohol calcium; Ca(NO₃)₂. Calcium nitrate; GA₃. Gibberellin; CK. Control. Different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level by Duncan's test

照高 35.3%) 和可溶性糖含量, 而可溶性固形物和可滴定酸含量不同处理间无显著差异。6 月 28 日测定结果表明, 仍是康朴液钙处理提高果实硬度效果最好 (比对照高 27.6%), 硝酸钙处理提高果实可溶性固形物含量。各处理在 6 月 28 日取样测定发现果实硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量和可溶性糖含量均无显著差异。喷施钙肥对“早露蟠桃”采收后贮藏期果实品质的影响主要集中在采收后 25 d 左右, 在贮藏后期影响不明显。

2.5.2 “源东白桃”。由表 6 可知, 与对照相比, 硝酸钙+赤

霉素处理显著提高“源东白桃”成熟时果实硬度 (比对照高 48.4%), 康朴液钙处理显著提高果实成熟时果实可溶性固形物和可溶性糖含量 (分别提高 11.4% 和 7.4%), 果蔬钙和硝酸钙+赤霉素处理降低可滴定酸含量 (分别降低 19.0% 和 14.3%)。因此, 喷施叶面钙肥对提高“源东白桃”果实硬度、可溶性固形物和可溶性糖含量具有明显效果, 其中以康朴液钙效果较好。

分析了采收后贮藏期间, 不同钙处理对“源东白桃”果实品质的影响。6 月 28 日 (采收贮藏 15 d) 取样测定结果表明,

不同处理果实硬度均无显著差异,可溶性固形物含量差异较小。果蔬钙和硝酸钙+赤霉素处理显著降低了果实可滴定酸含量(比对照低 10.5%)。康朴液钙处理果实可溶性糖含量显著高于对照(比对照高 4.2%)。7 月 8 日取样测定结果表明,硝酸钙+赤霉素处理果实硬度显著高于对照(比对照高 17.2%),康朴液钙处理果实可溶性固形物含量显著高于对照(比对照高 10.6%)。硝酸钙和硝酸钙+赤霉素处理降低果实可滴定酸含量,不同处理间果实可溶性糖含量均无差

异。7 月 18 日测定结果表明,不同处理果实硬度和可溶性固形物含量均无差异,硝酸钙+赤霉素处理降低果实可滴定酸含量最显著(比对照低 11.1%),康朴液钙处理提高果实可溶性糖含量(比对照高 6%)。

从“源东白桃”采收后贮藏期间果实品质变化可知,喷施不同钙肥提高贮藏期间“源东白桃”果实硬度、可溶性固形物和可溶性糖含量,从而提高了果实贮藏时的果实品质。

表 6 喷施不同钙肥对“源东白桃”果实品质的影响

Table 6 Effects of spraying different calcium fertilizers on fruit quality of Yuandong white peach

时间 Time	处理 Treatment	硬度 Firmness kg/cm ²	可溶性固形物 Soluble solids %	可溶性糖 Soluble sugar %	可滴定酸 Titratable acidity %
06-14	CPC	0.70±0.15 ab	11.17±0.06 a	6.54±0.16 a	0.19±0.01 bc
	SAC	0.85±0.08 ab	10.03±0.21 c	6.18±0.24 ab	0.17±0.01 c
	Ca(NO ₃) ₂	0.79±0.09 ab	11.00±0.10 ab	6.32±0.25 ab	0.22±0.01 a
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	0.92±0.07 a	10.77±0.15 b	6.33±0.07 ab	0.18±0.02 c
	CK	0.62±0.15 b	10.03±0.23 c	6.09±0.17 b	0.21±0.01 ab
06-28	CPC	0.75±0.05 a	9.50±0.26 a	6.44±0.10 a	0.18±0.01 ab
	SAC	0.77±0.04 a	9.83±0.15 a	6.23±0.09 ab	0.17±0.01 b
	Ca(NO ₃) ₂	0.72±0.07 a	9.13±0.06 b	6.25±0.11 ab	0.19±0.01 a
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	0.72±0.06 a	9.53±0.15 a	6.27±0.09 ab	0.17±0.01 b
	CK	0.68±0.02 a	9.50±0.17 a	6.18±0.19 b	0.19±0.01 a
07-08	CPC	0.65±0.03 b	10.03±0.25 a	6.21±0.14 a	0.18±0.01 a
	SAC	0.67±0.04 b	8.60±0.26 c	6.04±0.07 a	0.17±0.02 ab
	Ca(NO ₃) ₂	0.69±0.03 b	8.77±0.76 c	6.09±0.11 a	0.16±0.01 b
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	0.75±0.02 a	9.87±0.25 ab	6.12±0.15 a	0.16±0.01 b
	CK	0.64±0.02 b	9.07±0.40 bc	6.00±0.02 a	0.17±0.01 ab
07-18	CPC	0.51±0.07 a	9.37±0.15 a	5.99±0.20 a	0.18±0.01 a
	SAC	0.56±0.05 a	9.13±0.06 a	5.81±0.18 ab	0.17±0.01 a
	Ca(NO ₃) ₂	0.54±0.06 a	9.23±0.06 a	5.79±0.11 ab	0.17±0.01 ab
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	0.51±0.03 a	9.60±0.44 a	5.74±0.11 ab	0.16±0.01 b
	CK	0.49±0.04 a	9.17±0.25 a	5.65±0.16 b	0.18±0.01 a

注:CPC. 康朴液钙;SAC. 果蔬钙;Ca(NO₃)₂. 硝酸钙;GA₃. 赤霉素;CK. 对照。同列不同小写字母表示经 Duncan's 测验有显著差异(P<0.05)
Note:CPC. Compo calcium;SAC. Sugar alcohol calcium;Ca(NO₃)₂. Calcium nitrate;GA₃. Gibberellin;CK. Control. Different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level by Duncan's test

2.6 喷施不同钙肥对“早露蟠桃”和“源东白桃”果实贮藏时果实腐烂的影响 由表 7 可知,喷施不同钙肥降低“早露蟠桃”贮藏期间果实腐烂率,果实贮藏 15 d(6 月 18 日),硝酸钙+赤霉素处理果实腐烂比对照降低 60%;贮藏 25 d(6 月 28 日)和 35 d(7 月 8 日),康朴液钙处理果实腐烂率与对照相比分别降低 36.8%和 66.6%。

喷施不同钙肥对降低“源东白桃”贮藏期间果实腐烂率也有积极效果。采后贮藏 15 d(6 月 28 日),硝酸钙处理果实腐烂与对照相比降低 57.2%;采后贮藏 25 d(7 月 8 日)和 35 d(7 月 18 日),硝酸钙+赤霉素处理果实腐烂率最少。

3 结论与讨论

该研究结果表明,喷钙能增加“早露蟠桃”和“源东白桃”叶片 SPAD 值。叶片 SPAD 值反映了叶绿素含量的相对值,桃树叶片 SPAD 值与叶绿素含量呈显著正相关^[11-15]。叶绿素是绿色植物进行光合作用的基础物质,其含量多少直接影响叶片光能利用率的高低。对“早露蟠桃”和“源东白桃”喷施钙肥能够增加叶片的叶绿素含量,增强叶片光能利用

率^[16-17],这与钙肥增强膜的稳定性和对钾、磷等吸收的选择性,进而提高叶绿素含量,延迟叶绿素衰老,增强光合作用是一致的^[18-20]。而且“早露蟠桃”和“源东白桃”喷施康朴液钙提高叶片 SPAD 值效果较好。喷钙处理提高“早露蟠桃”和“源东白桃”果实成熟时果实品质,还对提高果实纵横径、果实硬度和可溶性固形物含量也有积极效果,这与前人研究结果一致^[6,21-26]。该试验发现添加赤霉素和未添加赤霉素的处理对改善果实品质效果不明显,这可能与桃树树种特性和钙肥种类等因素有关。在钙肥中添加植物激素提高果实品质的机制有待进一步研究^[27-28]。

“早露蟠桃”和“源东白桃”喷施不同钙肥后均不同程度地增加了叶片和果实中钙含量,降低“早露蟠桃”成熟时的裂果率,这与前人研究结果相一致^[29-32]。贮藏期间,“早露蟠桃”和“源东白桃”喷施钙肥均不同程度地减少了果实腐烂情况。研究表明喷施钙肥可以有效地保持果实硬度^[33-34],降低果实呼吸,提高果实贮藏品质,延长果品货架期,减缓向水溶性果胶的转化,从而减慢了细胞壁中果胶的降解和果肉软

化,在一定程度上增强果实抗病性,减少果实贮藏期间的病害。这可能是钙处理使细胞壁水解酶活性降低,抑制了结合型果胶向水溶性果胶、紧密结合型多糖向松弛结合型多糖的转化,因此抑制了果胶和纤维素的降解,使细胞壁结构得以保持完整^[35-39]。

表7 喷施不同钙肥对“早露蟠桃”和“源东白桃”果实贮藏时果实腐烂的影响

Table 7 Effects of spraying different calcium fertilizers on fruit decay during storage with Zaolu flat peach and Yuandong white peach

品种 Variety	时间 Time	处理 Treatment	腐烂率 Decay rate %
早露蟠桃 Zaolu flat peach	06-18	CPC	11.67
		SAC	13.33
		Ca(NO ₃) ₂	8.33
		Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	6.67
	06-28	CK	16.67
		CPC	20.00
		SAC	23.33
		Ca(NO ₃) ₂	25.00
	07-08	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	25.00
		CK	31.67
		CPC	6.67
		SAC	10.00
源东白桃 Yuandong white peach	06-28	Ca(NO ₃) ₂	15.00
		Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	11.67
		CK	20.00
		CPC	10.00
	07-08	SAC	8.33
		Ca(NO ₃) ₂	5.00
		Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	10.00
		CK	11.67
	07-18	CPC	1.67
		SAC	3.33
		Ca(NO ₃) ₂	1.67
		Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	0.00
07-18	CK	6.67	
	CPC	3.33	
	SAC	1.67	
	Ca(NO ₃) ₂	3.33	
07-18	Ca(NO ₃) ₂	1.67	
	Ca(NO ₃) ₂ +GA ₃	1.67	
	CK	6.67	
	CK	6.67	

参考文献

- 王建国,宋宇琴,吴国良. 苹果树的钙营养及补钙技术综述[J]. 中国农学通报,2006,22(8):373-376.
- 齐秀东. 钙在果树生理代谢中的作用[J]. 河北科技师范学院学报,2005,19(2):69-72.
- 陈见晖,周卫. 钙对苹果果实过氧化物酶、β-1,3-葡聚糖合成酶和β-1,3-葡聚糖分解酶活性的影响[J]. 中国农业科学,2004,37(3):400-405.
- 刘光栋,杨力,宋国茵,等. 镁、钙肥对肥城桃品质影响及平衡施肥的研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2000,31(2):173-176,179.
- 周卫,林葆. 土壤中钙的化学行为与生物有效性研究进展[J]. 土壤肥料,1996(5):20-23,45.
- 苏明申,叶正文,李胜源,等. 桃使用钙肥的研究进展[J]. 中国南方果树,2007,36(6):79-81.
- 李明泽. 喷施钾、钙及NAA对桃叶片及果实性状的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2009:30.
- 孙其宝,俞飞飞,孙俊. 早露蟠桃在合肥地区的适应性及栽培技术研究[J]. 安徽农业科学,2004,32(6):1177-1178.
- 赵剑波,郭继英,陈清华,等. 我国蟠桃种质资源及育种进展[J]. 江苏农业科学,2012,40(7):149-151.

- 刘旭宇. 源东白桃无公害栽培技术[J]. 安徽农业科学,2005,33(8):1428-1535.
- 董帅,卢伟,赵小红,等. SPAD-502型叶绿素计在估测大面积区域叶绿素含量中的应用[J]. 林业科技情报,2011,43(4):26-27,29.
- 王文杰,李雪莹,王慧梅,等. 便携式测定仪在测定叶片衰老过程中氮和叶绿素含量上的应用[J]. 林业科学,2006,42(6):20-25.
- 王薇,宋廷宇,王艳,等. 番茄叶片SPAD值与叶绿素含量的相关性分析[J]. 北方园艺,2013(23):12-15.
- 何丽斯,苏家乐,刘晓青,等. 高山杜鹃叶片叶绿素含量测定及其与SPAD值的关系[J]. 江苏农业科学,2012,40(11):190-191.
- 蹇黎,朱利泉,张以忠,等. 贵州兰花SPAD值和叶绿素含量测定与分析[J]. 安徽农业科学,2009,37(35):17462-17464.
- HOCHMAL A K, SCHULZE S, TROMPELT K, et al. Calcium-dependent regulation of photosynthesis[J]. Biochimica et biophysica acta (BBA)-Bioenergetics,2015,1847(9):993-1003.
- HU Z H, LI T J, ZHENG J, et al. Ca²⁺ signal contributing to the synthesis and emission of monoterpenes regulated by light intensity in *Lilium 'siberia'* [J]. Plant physiology and biochemistry,2015,91:1-9.
- 曲文章,耿立清,高妙真. 磷素水平对甜菜光合作用的影响[J]. 中国甜菜糖业,2001(3):8-11.
- 游明鸿,刘金平,毛凯,等. K肥对假俭草草坪绿度和品质的影响[J]. 亚热带植物科学,2004,33(3):22-25,28.
- 韩龙慧,李中勇,徐继忠. 不同钙素水平对设施油桃叶片光合作用的影响[J]. 河南农业科学,2013,42(9):95-98.
- 肖红梅,王薛修. 钙处理对桃采后生理和贮藏品质的影响[J]. 南京农业大学学报,1996,19(3):122-124.
- 苏明申,叶正文,李胜源,等. 施钙对桃品质和贮藏性能的影响[J]. 中国南方果树,2007,36(3):77-78.
- 魏宗梅. 钙对苹果果实发育的调控机制初探[D]. 北京:中国农业大学,2004:45.
- 冯作永,陵军成. 土壤施钙对设施红地球葡萄果实钙含量及品质的影响[J]. 青海农林科技,2015(1):4-7.
- 陈桂芬,黄玉溢,熊柳梅,等. 钙肥对春甜桔产量和品质的影响[J]. 南方农业学报,2013,44(1):92-95.
- BUZKOWSKA H, MICHAŁOJCZAK Z, NURZYŃSKA-WIERDAK R. Yield and fruit quality of sweet pepper depending on foliar application of calcium[J]. Turkish journal of agriculture and forestry,2016,40(2):222-228.
- 张新生,周卫,陈周. 不同钙处理对苹果贮藏品质的影响[J]. 河北果树,2005(1):15-16.
- 欧毅,曹照春. 葡萄采前喷钙和IAA对果实生理生化及耐贮性的影响[J]. 西南农业学报,1996,9(3):110-115.
- 黄虹心,杨昌鹏,李健. 钙肥在果树生产上的应用[J]. 河北农业科学,2008,12(10):38-40,68.
- 余阳,袁月,王继源,等. 套袋及喷钙对魏可葡萄矿质元素和果实品质的影响[J]. 江苏农业学报,2015,31(5):1134-1139.
- 温明霞,聂振朋,林媚. 果树钙素营养及调控技术研究进展[J]. 福建果树,2010(2):31-35.
- 王红. 喷钙对梨生长、品质及生理缺钙病害影响的研究[D]. 南京:南京农业大学,2013:85.
- HIMSCHOOT E, BEECKMAN T, FRIML J, et al. Calcium is an organizer of cell polarity in plants[J]. Biochimica et biophysica acta (BBA)-Molecular cell research,2015,1853(9):2168-2172.
- MONTANARO G, DICHO B, LANG A, et al. Fruit calcium accumulation coupled and uncoupled from its transpiration in kiwifruit[J]. Journal of plant physiology,2015,181:67-74.
- 梁庆沙,张东亚,李芳,等. 钙处理对白凤桃果实冰温贮藏后细胞壁代谢物质的影响[J]. 果树学报,2009,26(5):714-718.
- SERRANO M, MARTÍNEZ-ROMERO D, CASTILLO S, et al. Effect of preharvest sprays containing calcium, magnesium and titanium on the quality of peaches and nectarines at harvest and during postharvest storage[J]. Journal of the science of food and agriculture,2004,84(11):1270-1276.
- 郝树池,韩英群,高丽红,等. 采前钙处理对加工黄桃果实品质和生理的影响[J]. 辽宁农业科学,2008(3):39-40.
- 曹永庆,曹艳平,李壮,等. 采前喷钙对溶质桃采后贮藏品质及后熟软化的影响[J]. 中国农业大学学报,2008,13(6):31-36.
- 曹永庆,曹艳平,李壮,等. 采前喷钙对中华寿桃采后贮藏品质及褐变的影响[J]. 果树学报,2008,25(6):811-815,972.