

钙肥对渭北旱原苹果产量和品质的影响

耿增超, 方日尧, 余 雕, 古巧珍*, 刘莉丽

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 对渭北旱原红富士苹果进行了不同生育期不同处理喷施钙肥研究, 结果表明, 钙肥能有效提高红富士苹果的产量和品质, 并能降低果实的发病率和储藏烂果率, 尤其以盛花期喷施硝酸钙加奈乙酸处理的产量、硬度、含糖量、维生素 C 分别比对照增加 86.50%、9.99%、31.8% 和 47.84%, 发病率仅为 6.7%, 烂果率也低于对照 72.97%, 果实的氯离子和硝酸根离子也低于对照。由此可见, 苹果施用钙肥应以叶面喷施为主, 盛花期喷施效果最佳。

关键词: 钙肥; 红富士苹果; 产量; 品质; 叶面喷施

中图分类号: S143.7⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)05-0073-04

渭北旱原海拔高、昼夜温差大, 光照资源丰富, 是苹果的最佳适生区。截止 2002 年, 该区苹果面积已达 5.9 万 hm^2 , 但该区特色农业优势并未得到充分发挥, 苹果总体品质不高, 其中由于缺钙引起的苦痘病、痘斑病等缺钙症是该区苹果优品率低的主要限制因素之一^[1~2]。钙对于防止苹果腐烂、保持果实硬度和减少乙烯释放都是最有效的阳离子。有关研究表明, 钙对于苹果品质的影响远比氮、磷、钾、镁都重要^[2]。同时, 苹果钙营养及果实钙累积与果品品质和人类健康有着十分密切的关系, 利用果树高效吸收累积钙素养分的潜力, 人为调控钙素流动方向和强度来增加果实钙含量达到平衡补钙目的。钙是植物必需的矿质元素之一, 但钙属难移动的中量元素, 极不易被树体及果实吸收, 这是果树补钙的一大难点, 如何找到一种可迅速补钙又能提高果实品质的钙肥是当前亟待解决的生产问题。过去人们对苹果的钙肥效应曾有不少研究^[3~22], 但多偏重于一种钙肥或钙肥的单独效应。本文在前人研究的基础上, 研究旱地红富士苹果不同时期不同处理对产量和品质及氯离子和硝酸根离子的影响, 为富钙营养苹果的生产技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2003~2005 年在合阳县甘井镇休里村红富士苹果园进行。试验区海拔 800~1 300 m, 年降水量 596.8 mm, 年均温 10.5℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 有效积温 2 400~3 400℃。0~60 cm 果园土壤为垆土, <

0.01 mm 的粘粒含量为 43.3%, 质地为中壤, 有机质为 6.74 g/kg, 全氮 0.71 g/kg, 全磷 8.33 g/kg, 速效氮 33.72 mg/kg, 速效磷 33.76 mg/kg, 速效钾 146.3 mg/kg, 有效钙 174.13 mg/kg。供试树种为 10~11 年生矮化红富士, 株行距 2 m $\times$ 3 m。试验树生长健壮, 树势中等。

1.2 研究方法

试验设 9 个处理: CK (喷清水), I. 盛花期 CaCl_2 , II. 盛花期 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, III. 盛花期 $\text{CaCl}_2 + \text{NAA}$, IV. 盛花期 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{NAA}$ (奈乙酸), V. 膨大期 CaCl_2 , VI. 膨大期 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, VII. 膨大期 $\text{CaCl}_2 + \text{NAA}$, VIII. 膨大期 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{NAA}$ 。施肥品种: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (挪威产) 中含水溶性钙 19%; CaCl_2 (化学纯) 中水溶性钙 26.7%。供试苹果品种为红富士苹果。每小区选择品种、树龄、长势一致的苹果树 5 株 (小区面积为 10 m $\times$ 3 m)。试验重复 4 次, 随机区组排列。从盛花期开始, 每隔 10 d 喷施液体钙肥 1 次, 全试验各生育期各喷施 3 次 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 和 CaCl_2 , 喷施浓度分别为 0.5% 和 0.37%, 其中钙浓度均为 0.1%, 每株共喷液 4 kg。喷施后观察钙素对果树的影响, 果实成熟期测定产量, 采摘果样 (每株试验树取 30 个果样), 测定硬度、单果重、分析果实钙、氯离子和硝酸根离子^[1,2], 存放 40~90 d 后计算病果率。

2 结果与分析

2.1 不同处理钙肥对红富士产量和品质的影响

从表 1 可以看出, 苹果喷施钙肥后可不同程度

收稿日期: 2006-05-31
基金项目: 陕西“十五”科技攻关项目 (2004K02-D7-02)
作者简介: 耿增超 (1963—), 男, 陕西韩城人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事土壤养分循环、果树营养的研究与教学工作。
* 通讯作者: 古巧珍 (1965—), 女, 陕西宜川人, 硕士, 高级农艺师, 主要从事土壤肥力与肥料效益的研究工作。
(C)1994-2025 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

地增加产量,且两种钙肥及加入奈乙酸的效果优于单喷,其中以硝酸钙加奈乙酸最佳。苹果喷施后单株产量均高与对照,两种钙肥加奈乙酸后总产量比对照高 61.78%~70.91%,但喷硝酸钙和氯化钙分别比对照高 12.07%~22.42%。硝酸钙的增产效果优于氯化钙,可能与硝酸钙提供了硝态氮有关。

表 1 不同处理钙肥对红富士苹果果实外在品质的影响

Table 1 Effect of different treatments of calcium fertilizers on visual quality of Red Fuji apple

处理 Treatment	单果重 FW of single fruit (g)	产量 Yield (kg)	果形指数 Shape index	花青苷含量 Anthocyanin content ($\mu\text{mol}/\text{cm}^2$)	叶绿素含量 Chlorophyll content (%)	胡萝卜素含量 Carotenoid content (%)
CK	216.50 _{cC}	22.52	0.88 _{cB}	29.24 _{dC}	0.21 _{Aa}	0.03 _{aA}
I·盛花期(Flourishing flower)CaCl ₂	293.57 _{aA}	27.01 [*]	0.89 _{bA}	32.58 _{bB}	0.12 _{dC}	0.02 _{aA}
II·盛花期(Flourishing flower)Ca(NO ₃) ₂	305.12 _{aA}	29.00 ^{**}	0.91 _{aA}	33.86 _{bA}	0.18 _{cA}	0.03 _{aA}
III·盛花期(Flourishing flower)CaCl ₂ +NAA	301.53 _{aA}	39.20 ^{**}	0.93 _{aA}	35.46 _{aA}	0.13 _{dC}	0.03 _{aA}
IV·盛花期(Flourishing flower)Ca(NO ₃) ₂ +NAA	315.81 _{aA}	42.00 ^{**}	0.94 _{aA}	38.27 _{aA}	0.11 _{dC}	0.04 _{aA}
V·膨大期(Inflating stage)CaCl ₂	252.73 _{bB}	25.06 ^{**}	0.89 _{bA}	30.61 _{bB}	0.18 _{bA}	0.02 _{aA}
VI·膨大期(Inflating stage)Ca(NO ₃) ₂	264.47 _{bB}	27.53 ^{**}	0.89 _{bA}	32.13 _{bB}	0.17 _{cB}	0.03 _{aA}
VII·膨大期(Inflating stage)CaCl ₂ +NAA	273.64 _{bB}	32.84 ^{**}	0.89 _{bA}	31.43 _{cB}	0.16 _{cB}	0.03 _{aA}
VIII·膨大期(Inflating stage)Ca(NO ₃) ₂ +NAA	284.27 _{bB}	35.82 ^{**}	0.90 _{aA}	33.49 _{bA}	0.15 _{cB}	0.03 _{aA}

从表 1 可以看出,苹果喷施钙肥后可不同程度的增加产量,单果重差异达极显著,2 种钙肥加奈乙酸后总产量比对照高 45.83%~86.50%,但喷硝酸钙和氯化钙分别比对照高 11.01%~28.77%,盛花期喷施钙肥增产幅度最大,且钙肥加入奈乙酸的效果优于单喷,其中以硝酸钙加奈乙酸最佳,可能与硝

酸钙提供了硝态氮,氯化钙的喷用易引起叶面气孔关闭有关^[13~14]。各处理的果形指数较对照有明显的增大趋势,且差异极显著。花青素关系到果实的色泽变化,喷施钙处理的花青素含量都显著高于对照,这是由于钙肥促进了花青素的合成。

表 2 不同处理钙肥对红富士苹果果实内在品质的影响

Table 2 Effect of different treatments of calcium fertilizers on nutritional quality of Red Fuji apple

处理 Treatment	硬度 Flesh firmness (kg/cm^2)	可溶性固形物 Soluble solid(%)	可溶性糖 Soluble sugar(%)	维生素 C Vitamin C ($\text{mg}/100\text{ g}$)	可滴定酸 Titratable acids(%)
CK	6.81 _{cB}	10.81 _{dC}	8.74 _{dC}	4.16 _{dD}	0.27 _{aA}
I·盛花期(Flourishing flower)CaCl ₂	7.06 _{bA}	12.11 _{bB}	10.25 _{cB}	5.27 _{bA}	0.23 _{aA}
II·盛花期(Flourishing flower)Ca(NO ₃) ₂	7.07 _{bA}	12.26 _{bAB}	10.53 _{cA}	5.69 _{bA}	0.24 _{aA}
III·盛花期(Flourishing flower)CaCl ₂ +NAA	7.36 _{aA}	14.48 _{aA}	10.94 _{bA}	6.11 _{aA}	0.23 _{aA}
IV·盛花期(Flourishing flower)Ca(NO ₃) ₂ +NAA	7.49 _{aA}	14.52 _{aA}	11.52 _{aA}	6.15 _{aA}	0.24 _{aA}
V·膨大期(Inflating stage)CaCl ₂	7.01 _{bA}	11.90 _{cB}	8.97 _{cC}	4.52 _{cB}	0.25 _{aA}
VI·膨大期(Inflating stage)Ca(NO ₃) ₂	7.05 _{bA}	11.96 _{cB}	9.00 _{cB}	4.69 _{cB}	0.24 _{aA}
VII·膨大期(Inflating stage)CaCl ₂ +NAA	7.12 _{aA}	13.17 _{bA}	9.19 _{cB}	5.18 _{bA}	0.23 _{aA}
VIII·膨大期(Inflating stage)Ca(NO ₃) ₂ +NAA	7.19 _{aA}	13.43 _{bA}	9.37 _{cB}	5.43 _{bA}	0.24 _{aA}

叶绿素含量的变化与花青素含量的变化正好相反,各处理的叶绿素含量与对照相比都有所下降,胡萝卜素比较稳定,各处理和对照几乎没有变化,表明胡萝卜素的增减不受钙含量变化的影响。

2.2 不同处理钙肥对果实内在品质的影响

由表 2 可以看出,苹果喷施钙肥后可明显改善红富士苹果果实内在品质,果实的硬度、可溶性固形

物、可溶性糖和维生素 C 不同程度有所增加,盛花期和盛花期喷施钙加入奈乙酸效果最为明显,尤其是盛花期以硝酸钙加奈乙酸最佳,可滴定酸处理与对照相比稍有降低,但差异不显著。有研究表明,喷钙能通过降低果实 PEA 活性而抑制果胶的水解^[18,19]。而 Siddqui 认为,PGA 活性下降是防止软化的直接原因^[19,20],从而提高果实硬度。

2.3 不同处理钙肥对红富士苹果果实毒素及含钙量的影响

从表 3 可以看出,红富士苹果喷施钙肥后,不同处理果实全钙含量达极显著水平,以盛花期硝酸钙和氯化钙加奈乙酸的两个处理为最高,分别比对照高 74.79 mg/kg 和 53.82 mg/kg。氯离子和硝酸根离子以对照为最高。其机理还有待进一步研究探讨。不同处理果实发病率均低于对照,其中硝酸钙加奈乙酸在降低病果率方面最明显,发病率仅为

6.7%。苹果冷藏 60 d 后,与对照比较,不同处理均显著降低了苹果苦痘病发病率,尤其盛花期硝酸钙和氯化钙加奈乙酸的两个处理烂果率最低,烂果率分别为 9.3%和 9.4%,表明不同处理在预防苦痘病方面均有一定效果,以盛花期喷 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{NAA}$ 效果最为理想。相关研究表明,富士苹果全 Ca 含量在较高水平时,苦痘病发病率明显降低^[19,20,22]。

表 3 不同处理钙肥对红富士苹果果实含钙量、发病率、烂果率的影响

处理 Treatment	全钙 Total calcium (mg/kg)	Cl ⁻ (%)	NO ₃ ⁺ (mg/kg)	苦痘病发病率 Incidence rate of bitter pit (%)	烂果率 Fruit rotting rate (%)
CK	99.55ed	0.028aA	35.62aA	40.1Aa	34.4aA
I·盛花期(Flourishing flower)CaCl ₂	130.82cB	0.014bB	22.84bB	17.4cC	20.7bB
II·盛花期(Flourishing flower)Ca(NO ₃) ₂	136.48cB	0.012bB	24.42bB	16.6cC	19.4bB
III·盛花期(Flourishing flower)CaCl ₂ +NAA	153.37bA	0.011bB	16.25cC	7.5dD	9.4cC
IV·盛花期(Flourishing flower)Ca(NO ₃) ₂ +NAA	174.52aA	0.010bB	18.03cC	6.7dD	9.3dD
V·膨大期(Inflating stage)CaCl ₂	106.17dC	0.015bB	26.41bB	22.4bB	23.6bB
VI·膨大期(Inflating stage)Ca(NO ₃) ₂	118.49dC	0.013bB	27.30bB	21.5bB	20.7bB
VII·膨大期(Inflating stage)CaCl ₂ +NAA	119.65dC	0.012bB	19.47cC	19.5cB	12.6cC
VIII·膨大期(Inflating stage)Ca(NO ₃) ₂ +NAA	123.30cB	0.011bB	20.93cC	18.6cBC	10.4cC

3 结 论

苹果叶面喷施钙肥能不同程度地提高果树产量,尤其对果实品质有着重要作用^[4~5,8]。果实中含有较高的钙可以长时间保持果实硬度,降低果实呼吸速率,抑制乙烯产生,促进蛋白质合成,降低苦痘病的发病率,从而延长果实贮藏寿命,提高果实商品价值^[13]。Bramlage^[15~17,21]认为钙对苹果品质的影响远比氮、磷、钾、镁重要。

Wilkinson(1968)观察到苹果果实钙积累分为两个阶段:第一阶段主要为细胞分裂期,时间短,果实中钙含量迅速增加;第二阶段为细胞膨大期,此时吸收钙以较慢速度进行^[3]。Quinlan(1969)发现苹果果实生长在最初 6 周内可积累全钙的 90%^[4]。本试验中也观察到果实整个发育期钙处理均能提高红富士果实全钙的含量,降低果实发病率和贮藏果实的烂果率,提高贮藏期果实全钙量,但以盛花期处理钙增加最多。

本试验研究结果表明,奈乙酸能显著促进果实对钙的吸收,值得注意的是,奈乙酸(10~15 mg/kg)于盛花后 2 周施用具有疏果效应,低温高湿条件下施用 NAA 会导致疏果过量^[10,14],因而实践

中应严格掌握施用浓度和用药时期。

本试验研究结果表明,两种钙肥加奈乙酸后对产量、硬质、含糖量、维生素 C、发病率、贮藏烂果率,氯离子和硝酸根离子均比单喷效果好,尤以硝酸钙加奈乙酸盛花期喷施红富士苹果比对照增产 86.50%,果实硬度比对照提高 9.99%,苹果冷藏 60 d 后,烂果率低于对照 72.97%,含糖量比对照增加 31.81%,维生素 C 比对照增加 47.84%,发病率仅为 6.7%,苹果冷藏 60 d 后,烂果率低于对照 72.97%,说明施用硝酸钙和氯化钙能降低果实的发病率和贮藏烂果率,果实的氯离子和硝酸根离子均低于对照。由此可见,果园补钙应以叶面喷施为主,盛花期喷施效果最佳。

参 考 文 献:

[1] 陕西省统计局.陕西统计年鉴[R].北京:中国统计出版社,2002.
[2] 赵政阳,付润民,王福成.陕西苹果品种现状存在问题及发展对策[J].西北园艺,1998(1):23.
[3] 耿玉韬.苹果优质高产关键技术[M].郑州:河南科技出版社,1996.118—198.
[4] 史学功.论苹果的钙素营养[J].烟台果树,1995(4):25.
[5] 张承林.果实品质与钙素营养[J].果树科学,1996,13(2):

- 119—123.
- [6] 百昌华, 田世平. 果树钙素营养研究[J]. 果树科学, 1989, 6(2): 121—124.
- [7] 何为华, 黄显新. 苹果施用硝酸钙的效果[J]. 果树科学, 1998, 15(1): 20—25.
- [8] 福斯特. 果树的矿质营养和果实品质[J]. 烟台果树, 1982, (2): 40.
- [9] 周燕飞, 李嘉瑞. 果树的 Ca 素营养[J]. 落叶果树, 1988, (3): 42.
- [10] 莫开菊, 汪兴平. 钙与果实采后生理[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(1): 44—47.
- [11] 于绍夫, 曲复宁. 苹果的氮、钙营养与苦痘病相关性研究[J]. 烟台果树, 1987, (1): 4.
- [12] 全月慎. 果树营养诊断[M]. 北京: 农业出版社, 1982. 12—17.
- [13] 车玉红, 李丙智, 王应刚, 等. 钙肥对富士苹果品质及 Ca^{2+} -ATPase 活性影响的研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(4): 803—805.
- [14] 耿增超, 张立新, 张朝阳. 渭北旱地叶面施钙对红富士苹果产量和品质的影响[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(2): 35—37.
- [15] Bramlage W J. Changes in calcium level in apple cortex short-1v before harvest and during postharvest storage[J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 1979, 10: 417—426.
- [16] 关军锋, 张立彬. 采前喷钙对甜樱桃果实品质和采后生理的影响[J]. 河北农业大学学报, 1999, 22(1): 43—46.
- [17] 李丙智, 梁俊, 张林森, 等. CA2000 钙宝叶肥在富士苹果树上应用研究[J]. 西北林学院学报, 2001, 16(3): 26—28.
- [18] 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.
- [19] 周 卫, 李书田, 林 葆, 等. 喷钙对苹果果实生理特性的影响[J]. 土壤肥料, 2000(6): 25—28.
- [20] 周 卫, 汪 洪, 赵林萍, 等. 苹果 (*Malus pumila*) 幼果钙素吸收特性与激素调控[J]. 中国农业科学, 1999, 32(3): 52—58.
- [21] 张新生, 熊学林, 周 卫. 苹果钙素营养研究进展[J]. 土壤肥料, 1999, (4): 3—6.
- [22] 陈见晖, 周 卫. 苹果缺钙对果实钙组分、亚细胞分布与超微结构的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(4): 572—576.

Effects of calcium fertilizers on yield and quality of apple in Weibei dryland

GENG Zeng-chao, FANG Ri-yao, SHE Diao, GU Qiao-zhen, LIU Li-li

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The experiment was conducted to study the effects of spraying calcium fertilizers at different growth phase on Red Fuji apple in Weibei dryland. The results showed that calcium fertilizers could efficiently increase the yield and quality of Red Fuji apple, and reduce the rate of disease and rotting rate of stored fruits. The effects of the treatment of spraying $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{NAA}$ at flourishing flower phase were most remarkable, under which the yield, hardness, sugar content and vitamin C were increased by 86.50%, 9.99%, 31.8% and 47.8% respectively compared to CK, the rate of disease was only 6.7%, the rotting rate of fruits was 72.97% lower than CK, and the content of Cl^- and NO_3^{3-} was also lower than CK. Therefore, it is most ideal to spray calcium fertilizer in flourishing flower phase.

Keywords: calcium fertilizer; red Fuji apple; yield; quality; foliage spraying

《西北植物学报》2007 年征订启事

《西北植物学报》是由科学出版社出版、国内外公开发行的学术类中文核心期刊。

《西北植物学报》为中国期刊方阵“双效”期刊, 2003 年荣获中华人民共和国新闻出版总署第二届国家期刊奖百种重点期刊奖; 在《中国科技期刊引证报告》2004 年版中公布的影响因子是 0.607, 位居全国科技期刊影响因子总排序第 198 名, 列生物类科技期刊第 13 名, 植物学科期刊第 5 名; 在《中文核心期刊要目总览》2004 年版中位居植物学科核心期刊第 5 名。被《BA》、《CA》、《CSA》、《CABS》、《Agris》、《Agricola》、《CABI》、《AJ》等国际著名检索机构收录。

《西北植物学报》立足西北, 面向全国, 主要刊载有关植物遗传育种学、分子生物学、植物基因工程、植物解剖学、植物分类学、植物生理生化、药用植物成分分析, 以及植物群落生态学、生物多样性、植被演替、植物区系等基础理论研究方面具有创新性的原始论文、研究简报以及具有较高学术水平的综述论文和反映最新科技成果的快报。读者对象为国内外有关植物科学的科研人员、高等学校教师、研究生以及植物保健品和药品研究开发的相关人员。

《西北植物学报》创刊于 1980 年, 月刊, A4 开本, 214 页, 每月中旬出版, 每册定价 25.00 元, 全年订价 300 元。国内订阅: 全国各地邮局, 邮发代号: 52—73; 国外订阅: 中国国际图书贸易总公司, 发行代号: M5897。

编辑部地址: 陕西杨凌邠城路 3 号 西北农林科技大学 邮政编码: 712100

E-mail: xbwxb@vip.163.com; dnyx@chinajournal.net.cn

网 址: <http://xbwxb.nwsuaf.edu.cn> 电 话: 029—87082936