

# 干旱下 $\text{KHSO}_3$ 及 $\text{NaHSO}_3$ 对苹果生产的影响

祁岑, 黄先敏, 罗家刚, 陈屏昭\* (昭通学院化学与生命科学学院, 云南昭通 657000)

**摘要** [目的]研究干旱下  $\text{KHSO}_3$  和  $\text{NaHSO}_3$  溶液对苹果生产的影响。[方法]采用 5 mmol/L  $\text{KHSO}_3$  和 5 mmol/L  $\text{NaHSO}_3$  溶液喷施苹果树,以清水作对照,调查果实月平均生长量和产量,计算同步相对生长百分数。[结果]在干旱年,果实月生长量高出对照 11.93 ~ 12.89 个百分点,果实产量高出对照 9.31 ~ 10.21 个百分点;在多雨年,果实月生长量高出对照 5.15 ~ 5.16 个百分点,果实产量高出对照 2.07 和 3.84 个百分点。独立性检验证明,  $\text{K}^+$  和  $\text{Na}^+$  与苹果的生长量及产量的提高也有相关性。[结论]在干旱条件下,喷施  $\text{KHSO}_3$  或  $\text{NaHSO}_3$  溶液对苹果生产有明显的促进作用。

**关键词** 干旱;  $\text{KHSO}_3$  溶液;  $\text{NaHSO}_3$  溶液; 苹果生产

中图分类号 S661.21 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)30-12027-03

## Effects of Spraying $\text{NaHSO}_3$ or $\text{KHSO}_3$ on Apple under Drought Stress

QI Cen et al (College of Chemistry and Life Science, Zhaotong University, Zhaotong, Yunnan 657000)

**Abstract** [Objective] The research aimed to study the effect of  $\text{NaHSO}_3$  and  $\text{KHSO}_3$  on apple under drought condition. [Method] 5 mmol/L  $\text{NaHSO}_3$  and 5 mmol/L  $\text{KHSO}_3$  was sprayed on apple trees, and water was used as a control, month average growth and yield were measured and synchronous growth was calculated. [Result] Under drought condition, the fruit month average growth was greatly higher than control group by 11.93 - 12.89 points, the fruit yield was higher than control group by 9.31 - 10.21 points. In the rainy year, the fruit month average growth was greatly higher than control group by 5.15 - 5.16 points, the fruit yield was higher than control group by 2.07 points. The independent test proved that the growth and yield of apple has correlation with  $\text{K}^+$  and  $\text{Na}^+$ . [Conclusion]  $\text{NaHSO}_3$  and  $\text{KHSO}_3$  had the promoting effects on apple under drought condition.

**Key words** Drought; Solution of  $\text{NaHSO}_3$ ; Solution of  $\text{KHSO}_3$ ; Apple production

云南昭通在 20 世纪 40 年代引入苹果,由于其独特的气候条件,从 1940 年的 160 株发展到 2008 年 1.53 万  $\text{hm}^2$ ,产量达 28 万 t,年产值 3.1 亿元<sup>[1]</sup>。随着全球环境恶化,旱灾成为主要自然灾害,在昭通全市总受灾面积中,旱灾所占比例最大,约占 45%。旱灾较其他自然灾害影响范围广、历时长,对农业生产影响最大<sup>[2]</sup>。2009 ~ 2010 年连续干旱,导致 2010 年昭通市苹果种植面积 1.72 万  $\text{hm}^2$  中挂果面积达 1.40 万  $\text{hm}^2$ ,总产量 22.5 万 t<sup>[3]</sup>,相对于 2008 年减产 19.64 个百分点。

我国是旱灾频发国家,云南年干旱频率高达 50% ~ 60%,是西南地区干旱最严重的省份,也是我国干旱发生频繁的地区之一<sup>[4]</sup>。2009 年云南遭遇 60 年一遇的全省性特大旱灾,直至 2010 年持续干旱,旱灾进一步恶化。1961 ~ 2007 年的降水资料表明,云南年均降水量呈降低趋势,夏季降水量减少较为明显<sup>[5]</sup>。然而,降水量减少的月份与苹果生长期相一致,干旱使昭通苹果的产量和质量均受到了严重影响。云南干旱、大旱将是今后我国面临的重要问题,如何减轻旱灾对苹果产量、质量的影响也是一项重要课题。笔者在陈屏昭等<sup>[6-7]</sup>关于喷施  $\text{KHSO}_3$  和  $\text{NaHSO}_3$  溶液对果树叶内光合色素含量及苹果产量均有影响的研究基础上,研究了这 2 种溶液在干旱条件下对苹果生长量及产量的影响。

## 1 材料与方

**1.1 试验地概况** 于 2011 和 2012 年在云南省昭通市昭阳区旧圃镇苹果种植示范户果园内进行。102°52' ~ 105°19' E, 26°55' ~ 28°36' N,海拔 1 920 m,属中温带气候,年平均气温

11.7 °C,年平均降雨量 740 mm,年平均日照数 1 916.7 h,无霜期为 230 ~ 240 d。

**1.2 试验材料** 供试材料为在自然环境条件下长势一致的 10 ~ 11 年生挂果红富士 (*Malus domestica* Borkh. CV. 'Fuji')。供试药剂为 5 mmol/L  $\text{KHSO}_3$  溶液、5 mmol/L  $\text{NaHSO}_3$  溶液。

**1.3 试验设计** 用 5 mmol/L  $\text{NaHSO}_3$  溶液和 5 mmol/L  $\text{KHSO}_3$  溶液,每月喷施叶、果面 1 次。喷清水作为对照。每处理设 6 个重复小区,于 5 ~ 9 月喷施溶液,每月 1 次,共 5 次。2011 和 2012 年 4 ~ 10 月的降水量由昭通市气象局提供。

## 1.4 指标测定

**1.4.1 果实月生长量测定** 5 月初开始第 1 次喷施溶液,7 d 后选取各小区同一方向、同一冠层的果实各 1 个,用称量法称量单果重。每月均采取相同的方法进行测定,至 10 月 15 日果实采收为止,共测 6 次。

**1.4.2 不同处理小区苹果产量测定** 10 月 15 日采收果实,每小区分别采收,称量每小区产量,得到不同处理的每小区苹果产量。

**1.5 数据分析** 采用 Excel 和 DPS 软件对数据进行处理。

## 2 结果与分析

**2.1 2011 和 2012 年气候条件分析** 根据昭通市气象局提供的降雨量 ( $P$ ) 和多年同期平均降水量 ( $\bar{P}$ )<sup>[8]</sup>,可得降水量距平百分率 ( $D_p = \frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100\%$ )。从表 1 可知,2011 年在苹果

的生长期 (4 ~ 10 月) 处于水分亏缺状态,每个月的降水量较历年同期降雨量减少 13.51 ~ 80.10 个百分点,其中 7 月为严重干旱,9 月为轻度干旱,旱情持续时间长。参照旱情等级标准<sup>[9]</sup>可以推断出 2011 年为干旱年份。2012 年在果实的生长期、膨大期及成熟期 (6 ~ 9 月) 降雨量相对历年同期高出

**基金项目** 昭通市“产业技术与开发”项目 (2010ztkj042); 国家自然科学基金项目 (30771497)。

**作者简介** 祁岑 (1969 -), 男, 辽宁法库人, 副教授, 博士, 从事仪器分析方面的研究。\* 通讯作者, 教授, 从事矿物元素分析及植物营养生理研究。

**收稿日期** 2013-09-09

18.72~92.22 个百分点,大雨暴雨频繁。参照旱情等级标准<sup>[9]</sup>可以推断出 2012 年为多雨年份。

表 1 2011 年和 2012 年 4~10 月昭通地区降水量平均百分率 %

年份	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
2011	-66.67	-13.51	-15.78	-80.10	-31.09	-49.56	0
2012	-35.67	-16.22	18.72	36.77	10.08	92.22	-14.04

**2.2 干旱下不同处理对苹果果实月生长量的影响** 由表 2 可知,喷施  $\text{KHSO}_3$  或  $\text{NaHSO}_3$  溶液的苹果果实生长量在干旱年和雨水充足年均大于对照。在干旱时, $\text{NaHSO}_3$  处理果实

表 2 2011 和 2012 年不同处理下苹果的月生长量比较

年份	处理	5月		6月		7月		8月		9月		10月	
		月生长量 g	相对生长百分数//%	月生长量 g	相对生长百分数//%	月生长量 g	相对生长百分数//%	月生长量 g	相对生长百分数//%	月生长量 g	相对生长百分数//%	月生长量 g	相对生长百分数//%
2011	CK	7.32	100	36.61	100	113.43	100	173.25	100	214.37	100	224.2	100
	5 mmol/L $\text{NaHSO}_3$	7.52	102.73	44.54	121.67	127.75	112.62	197.53	114.01	236.31	110.23	247.3	111.93
	5 mmol/L $\text{KHSO}_3$	7.55	103.14	45.16	123.35	128.41	113.21	200.76	115.88	238.12	111.08	248.1	112.89
2012	CK	6.85	100	34.36	100	98.22	100	165.22	100	206.65	100	218.1	100
	5 mmol/L $\text{NaHSO}_3$	6.88	100.44	38.37	111.67	104.32	106.21	170.36	103.11	217.66	105.33	227.1	105.15
	5 mmol/L $\text{KHSO}_3$	6.78	98.98	39.12	113.85	102.85	104.71	169.25	102.44	218.42	105.70	229.6	105.16

**2.3 干旱下不同处理对苹果产量的影响** 由表 3 可知,2011 年喷施  $\text{NaHSO}_3$  或  $\text{KHSO}_3$  溶液苹果果实的产量分别高于对照 9.31 和 10.21 个百分点。经方差分析可知,不同处理

10 月的生长量高出对照 11.93 个百分点, $\text{KHSO}_3$  溶液高出对照 12.89 个百分点;雨水多时, $\text{NaHSO}_3$  和  $\text{KHSO}_3$  处理生长量相似,分别高出对照 5.15 和 5.16 个百分点。这说明在干旱条件下, $\text{KHSO}_3$  和  $\text{NaHSO}_3$  盐溶液对苹果果实生长量的促进作用大于水分充足条件下。

对苹果果实同步相对生长百分数进行方差分析,在 2011 年处理与对照差异极显著( $P < 0.01$ ), $\text{KHSO}_3$  和  $\text{NaHSO}_3$  溶液之间相对生长百分数不存在差异显著性。在 2012 年雨水充足条件下,处理与对照差异显著( $P < 0.05$ ), $\text{KHSO}_3$  和  $\text{NaHSO}_3$  之间相对生长百分数不存在差异显著性。

与对照差异极显著( $P < 0.01$ )。2012 年喷施  $\text{NaHSO}_3$  或  $\text{KHSO}_3$  溶液的果实产量与对照相比较,分别高出对照 2.07 和 3.84 个百分点。经方差分析可知,不同处理间无明显差

表 3 不同处理间苹果每个小区产量

年份	处理	1月	2月	3月	4月	5月	6月	总产量	平均
2011 年	CK	63.52	65.40	69.41	68.32	66.33	67.71	400.69	66.78 B
	5 mmol/L $\text{NaHSO}_3$	74.44	69.66	75.60	71.34	69.82	77.14	438.00	73.00 A
	5 mmol/L $\text{KHSO}_3$	75.33	70.63	78.61	71.31	75.80	69.92	441.60	73.60 A
2012 年	CK	58.50	59.71	66.50	64.51	61.91	62.71	373.84	62.31
	5 mmol/L $\text{NaHSO}_3$	63.61	60.02	66.16	63.10	60.40	68.31	381.60	63.60
	5 mmol/L $\text{KHSO}_3$	66.81	61.21	70.48	62.40	67.10	60.20	388.20	64.70

异( $P > 0.05$ )。

**2.4 不同离子对苹果生长量和产量的效应**  $\text{KHSO}_3$  和  $\text{NaHSO}_3$  在水中分别解离为  $\text{K}^+$  和  $\text{HSO}_3^-$  及  $\text{Na}^+$  和  $\text{HSO}_3^-$ ,据陈屏昭等<sup>[10-11]</sup>的研究, $\text{HSO}_3^-$  对苹果的产量及生长发育均有一定的影响。 $\text{KHSO}_3$  和  $\text{NaHSO}_3$  溶液对苹果生长量及产量提高二者高低次数的差异较大( $\text{KHSO}_3$  高 17 次, $\text{NaHSO}_3$  只有 7 次),采用独立性检验得  $X_c^2 = 6.75$ ,  $X_{0.05}^2 = 3.84$ ,  $X_c^2 > X_{0.05}^2$ ,说明这 2 种离子( $\text{K}^+$  和  $\text{Na}^+$ )对苹果的生长量及产量的提高有影响。

### 3 结论与讨论

(1)喷施  $\text{KHSO}_3$  和  $\text{NaHSO}_3$  溶液均可促进苹果生长量和产量的提高。在干旱条件下, $\text{KHSO}_3$  和  $\text{NaHSO}_3$  溶液对苹果的增产效果显著;在多雨条件下,增产效果不显著。原因表现在:①苹果为喜光树种,在干旱条件下,光照充足,且  $\text{HSO}_3^-$  对植物的光合作用有促进效应,光合产物积累多<sup>[12]</sup>,故喷施  $\text{KHSO}_3$  和  $\text{NaHSO}_3$  溶液后,增产效果显著。② $\text{HSO}_3^-$  对苹果有增产作用, $\text{K}^+$  和  $\text{Na}^+$  离子对苹果的生长量及产量

的提高也有一定作用。同时在干旱胁迫下, $\text{K}^+$  和  $\text{Na}^+$  还可以作为渗透调节物质,维持植物细胞的膨压,保持植物正常的生理过程<sup>[13-14]</sup>,减少水分的散失,提高水分的利用效率<sup>[15]</sup>,达到增产保收的目的。③2012 年昭通雨水天气频繁、阴雨连绵、光照不足,光合产物积累少。喷施  $\text{KHSO}_3$  和  $\text{NaHSO}_3$  溶液后,植物尚未完全吸收,就遭遇雨水的冲刷,故增产效果不显著。

(2)随着全球环境恶化和对水需求的增加,水资源越来越匮乏<sup>[16-17]</sup>,极端天气情况是农业生产必将面临的问题,降低自然灾害所带来的损失必将是一个需要长期研究的课题。笔者研究得出在干旱条件下,喷施  $\text{KHSO}_3$  和  $\text{NaHSO}_3$  溶液对苹果的增产效果显著,为干旱年苹果的抗旱增收提供了一条可行之路。

### 参考文献

- [1] 周应彪. 昭通苹果产业优势分析[J]. 中国果业信息,2009,26(4):24-25.
- [2] 李晓燕. 昭通持续干旱历史最重[EB/OL]. (2012)http://zt.ynmw.gov.cn/Modules/Document/infoshow.aspx?kid=208086.

- [3] 王芳荣,蔡兆翔,黄文静,等. 昭通苹果产业发展规划布局与对策[J]. 中国果业信息,2012,29(8):28-30.
- [4] 尹哈,李耀辉. 我国西南干旱研究最新进展综述[J]. 干旱气象,2013,31(1):182-193.
- [5] 刘瑜,赵尔旭,黄玮,等. 云南近46年降水与气温变化趋势的特征分析[J]. 灾害学,2010,25(1):39-44.
- [6] 陈屏昭,蒋彬,武卫华,等. 叶面喷施亚硫酸氢钠对套袋红富士苹果产量和外观质量的影响[J]. 山东农业科学,2012,44(9):48-50.
- [7] 陈屏昭,王荣,刘健君,等. 红富士苹果叶片光合色素含量和果实生长量对 NaHSO<sub>3</sub> 溶液浓度的响应[J]. 河南农业科学,2013,42(3):96-99.
- [8] 昭通天气预报和月份平均气温(2011-2012)[EB/OL]. <http://w.zu-zuche.com/weather/c3409.html>.
- [9] 张志彤,田以堂,张旭,等. SL424-2008-旱情等级标准[S]. 北京:中国水利水电出版社,2009:4-7.
- [10] 陈屏昭,罗家刚,许云,等. KHSO<sub>3</sub> 对多雨少日照气候下红富士光合色素含量和果实产量质量的影响[J]. 江西农业学报,2013,25(9):7-10.
- [11] 陈屏昭,吴银梅,袁晓春,等. 亚硫酸氢盐叶面喷施液对红富士苹果作用时间及效果研究[J]. 浙江农业科学,2013(3):280-282.
- [12] 陈屏昭,蒋彬,刘忠荣,等. 亚硫酸氢盐影响植物光合特性的生理学分析[J]. 北方园艺,2010(5):206-210.
- [13] 王忠. 植物生理学[M]. 北京:中国农业出版社,2000:435-455.
- [14] BLUM A, SULLIVAN C Y, EASTIN J D. On the pressure chamber technique for estimating leaf water potential in sorghum[J]. Agronomy Journal, 1973, 65:337-338.
- [15] BLUM A. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress[J]. Field Crops Research, 2009, 112:119-123.
- [16] EFEUGLU B, EKMEKCI Y, CICEK N. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery[J]. South African Journal of Botany, 2009, 75:34-42.
- [17] MISHRA A K, SINGH V P. A review of drought concepts[J]. Journal of Hydrology, 2010, 391:202-216.
- [18] 孙霞,蒋平安,柴仲平,等. 土壤管理方式对新疆南部红富士苹果产量与品质的影响[J]. 西南农业学报,2012(5):1742-1744.
- [19] GAO D T, GUO J N, WEI Z F, et al. Evaluation of Productivity and Light Quality in Two High Density Dwarf Rootstock Apple Orchards in Central China[J]. Agricultural Science & Technology, 2012, 13(9):1848-1853, 2011.
- [20] 陈琛,王丽霞,赵海永,等. 控释 BB 肥在苹果上的应用研究[J]. 华北农学报,2012(S1):264-268.

(上接第 12005 页)

0.3%印楝素 EC 1 000 倍液的防治效果一般,达 51.22%,20%丁硫克百威 EC 500 倍液的防治效果较差,达 39.29%。在试验过程中,加拿利海枣植株未出现药害现象。

表 2 灌根法对加拿利海枣红棕象甲幼虫的防治效果

处理	总虫数	死亡虫数	死亡率	校正死亡
	头	头	%	率//%
0.3%印楝素 EC 500 倍液	35	22	62.86	62.86 a
0.3%印楝素 EC 1 000 倍液	41	21	51.22	51.22 b
20%丁硫克百威 EC 500 倍液	28	11	39.29	39.29 c
CK	32	0	0	0

**2.3 综合法对加拿利海枣红棕象甲幼虫的防治效果** 由表 3 可知,0.3%印楝素 EC 500 倍液同时灌淋和灌根的防治效果最高,达 97.06%,显著高于其余处理;其次是 0.3%印楝素 EC 1 000 倍液,防效为 89.66%,显著高于 20%丁硫克百威 EC 处理组;20%丁硫克百威 EC 500 倍液的防效为 77.78%。在试验过程中,加拿利海枣植株未出现药害现象。

表 3 综合法对加拿利海枣红棕象甲幼虫的防治效果

处理	总虫数	死亡虫数	死亡率	校正死亡
	头	头	%	率//%
0.3%印楝素 EC 500 倍液	34	33	97.06	97.06 a
0.3%印楝素 EC 1 000 倍液	29	26	89.66	89.66 b
20%丁硫克百威 EC 500 倍液	27	21	77.78	77.78 c
CK	40	0	0	0

### 3 结论与讨论

(1)在防治方法选择上,以综合法对加拿利海枣红棕象甲幼虫的防治效果最好。在防治药剂选择上,以生物农药

0.3%印楝素为佳。

(2)红棕象甲一般以成虫在加拿利海枣叶柄基部的伤痕、裂口、裂缝中产卵,卵孵化的幼虫首先蛀入叶柄基部幼嫩组织为害,然后钻入树干内,钻食柔软组织,树干纤维被咬断且残留在虫道内,严重时可使树干成为空壳。因此,防治困难<sup>[3]</sup>。为了有效防治红棕象甲的危害,在防治方法选择上,有喷雾法、灌淋法、熏蒸法、打孔法、灌根法等,若综合使用这些方法,会达到更好的效果<sup>[5-7]</sup>;在防治药剂选择上,要选择渗透性或内吸性好的药剂。印楝素是从植物印楝(*Azadirachta indica*)种子中分离出的一种物质,研究表明,印楝素是目前世界公认的广谱、高效、低毒、易降解、无残留的杀虫剂且无抗药性。今后应加强红棕象甲害虫生活史研究,提高其预测预报的准确性,提高化学防治的针对性,争取以最小的人工代价和环境代价控制该害虫的为害。

### 参考文献

- [1] 国家林业局. 全国林业检疫性有害生物名单和全国林业危险性有害生物名单(国家林业局 2005 年第 4 号公告)[EB/OL]. (2013-04-26) <http://www.foodmate.net/law/qita/177441.html>.
- [2] 刘丽,曹建华,彭正强,等. 红棕象甲幼虫化学防治研究[J]. 热带作物学报,2011,32(8):1545-1548.
- [3] 张金海. 红棕象甲、双钩异翅长蠹二种有害生物在贵州的风险分析[J]. 贵州林业科技,2007,35(2):45-47.
- [4] 覃伟权,李朝绪,黄山春. 红棕象甲在中国的风险性分析[J]. 江西农业学报,2009,21(9):79-82.
- [5] 黄山春,覃伟权,李朝绪,等. 红棕象甲为害调查与诱集监测[J]. 热带作物学报,2010,31(4):640-645.
- [6] 欧善生,谢恩倍,谢彦洁,等. 不同药剂对红棕象甲的防治效果研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(36):18005-18006.
- [7] 韦嗣武,覃燕城,付建华,等. 红棕象甲药剂防治试验[J]. 广西植保,2008,21(4):22-23.
- [8] 刘文芳. 厦门地区加拿利海枣红棕象甲防治初报[J]. 亚热带植物科学,2007,36(3):31-33.