

# 干旱条件下单用草甘膦或添加营养元素作为甘蔗化学催熟剂的效应<sup>X</sup>

李杨瑞<sup>1</sup> 马乌里<sup>XX</sup> 林炎坤

(广西大学农学院, 广西南宁 530005)

**提 要** 中熟甘蔗品种桂糖 15 号在生长后期分别用草甘膦、草甘膦+  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 、草甘膦+  $\text{H}_3\text{BO}_3$  和草甘膦+  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ +  $\text{H}_3\text{BO}_3$  进行叶面喷施。结果表明: 在严重干旱的条件下, 单用草甘膦处理对甘蔗生长和蔗茎糖分积累都不利, 而添加营养元素的处理, 尤其是草甘膦+  $\text{H}_3\text{BO}_3$  处理, 可缓解草甘膦对生长代谢的抑制效应, 使叶片  $\text{Mg}^{2+}$ -ATP 酶和 NADP 苹果酸酶活性以及水分和叶绿素含量下降的幅度减小, 而进一步抑制了酸性转化酶活性, 提高过氧化物酶、多酚氧化酶和中性转化酶活性以及无机磷和蔗糖含量, 显著提高甘蔗蔗糖分, 改良甘蔗品质, 并促进宿根蔗的萌芽发株。

**关键词** 甘蔗; 化学催熟剂; 草甘膦; 营养元素; 代谢; 蔗糖积累

## The Effects of Sole Glyphosate or Adding Nutrient as Chemical Ripener in Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) under Drought Condition

Li Yang Rui, Agleze K. Mawuli, Lin Yan Kun

(Agricultural College, Guangxi University, Nanning, 530005)

**Abstract** Foliar spray with glyphosate, glyphosate+  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , glyphosate+  $\text{H}_3\text{BO}_3$  and glyphosate+  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ +  $\text{H}_3\text{BO}_3$  was conducted respectively at the late growth stage of Guitang 16 an intermediate cultivar of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). The results showed that the treatment with sole glyphosate was unfavourable for both growth and sugar accumulation of sugarcane and the gemination of next ratoon crop under the serious drought condition. Adding  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  and/or  $\text{H}_3\text{BO}_3$  into glyphosate alleviated the inhibition of metabolism related to growth due to glyphosate, and the treatment of glyphosate+  $\text{H}_3\text{BO}_3$  was the best in the study. This treatment increased the activities of  $\text{Mg}^{2+}$ -ATPase and NADP malic enzyme, and the contents of water and chlorophyll but decreased the activity of acid invertase in the leaves as compared with the treatment by sole glyphosate alone. It also showed higher activities of peroxidase, polyphenol oxidase and neutral invertase, and higher contents of inorganic Pi and sucrose in the leaves as compared with the control and all treatments. As a result, it significantly increased the sucrose content in cane, improved the quality of cane while keeping the same yield of cane, and promoted the gemination of ratoon crop as compared with the control.

**Key words** Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.); Chemical ripener; Glyphosate; Nutrient; Metabolism; Sugar accumulation

X 国家自然科学基金资助项目 (39360043)

XX 多哥留学生, 硕士。

收稿日期: 1999204213, 接受日期: 2000201223

80 年代以来, 草甘膦作为一种有效的甘蔗化学催熟剂已经在不同地区得到证实<sup>[1-8]</sup>, 但也有报道指出, 甘蔗用草甘膦催熟对宿根发株有一定的不良影响<sup>[1]</sup>。我们曾报道过, 在正常年景下, 后期叶面喷施草甘膦具有显著的催熟增糖作用, 而且在喷后 2 个月内砍收还可获得一定的增产作用<sup>[3]</sup>, 但由于喷施草甘膦后对甘蔗体内与生长有关的代谢作用受到明显抑制<sup>[9-10]</sup>, 如果把收获的时间推迟到处理后 100 天以上, 则有可能造成轻微减产<sup>[3-4]</sup>。在我国甘蔗的主要产区, 后期常有干旱, 在这种条件下草甘膦作为化学催熟剂是否有效? 在应用草甘膦时添加一些有利于蔗糖运输积累的营养元素如 P、K、B, 是否可以增效? 为此, 我们特进行本研究, 以期为进一步的甘蔗化学调控研究及化学催熟技术推广应用提供依据。

## 1 材料与方法

本研究的田间试验在广西大学农业科学实验实习基地进行。试验田土壤肥力中等。供试甘蔗品种为桂糖 15 号, 1996 年 2 月下旬下种。蔗种砍成双芽段, 用 2% 石灰水浸种 36h 后用 70% 甲基托布津可湿性粉剂 1 2000 倍液浸泡消毒 5 min 后下种。

试验共设 5 个处理: (1) 对照(清水); (2) 草甘膦(0.03%); (3) 草甘膦(0.03%) +  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (0.01%); (4) 草甘膦(0.03%) +  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (0.04%); (5) 草甘膦(0.03%) +  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (0.01%) +  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (0.04%)。试验采用随机区组设计, 3 次重复, 5 行区, 行长 7.0 m, 行距 1.1 m, 小区面积 38.5 m<sup>2</sup>。1996 年 10 月 10 日, 用背负式喷雾器装上直喷头对生长后期的甘蔗进行叶面喷施, 每小区喷施 2500 mL 溶液, 内加 1 g 洗衣粉作表面活性剂, 充分喷湿叶片。

### 1.1 生理生化分析

分别于 10 月 23 日、11 月 13 日、12 月 3 日和 12 月 23 日上午 8:00~9:00 取样, 每小区选取有代表性的蔗株 10 株剪取 +1 叶(即最高可见肥厚带叶), 用湿纱布包好带回实验室, 截取距基部 20~40 cm 区段, 作为生理生化分析用样品。

1.1.1 NADP2 苹果酸酶活性测定 按 Johnson 的方法<sup>[11]</sup>。

1.1.2  $\text{Mg}^{2+}$  2ATP 酶和  $\text{Ca}^{2+}$  2ATP 酶活性测定 按李杨瑞的方法<sup>[12]</sup>。

1.1.3 过氧化物酶活性的测定 按李杨瑞的方法<sup>[13]</sup>。

1.1.4 多酚氧化酶活性的测定 按杨丽涛等的方法<sup>[14]</sup>。

1.1.5 转化酶活性测定 按 Gayler 等的方法<sup>[15]</sup>。

1.1.6 叶片蔗糖含量测定 用间苯二酚法<sup>[16]</sup>。

1.1.7 叶片还原糖含量测定 用偶砷钼酸比色法<sup>[15]</sup>。

1.1.8 无机磷含量测定 用钼酸铵比色法<sup>[16]</sup>。

1.1.9 水溶性蛋白质含量测定 按 Bradford 的方法<sup>[17]</sup>。

1.1.10 叶绿素含量测定 用 80% 丙酮在黑暗中浸提至叶片完全变白后用分光光度计测定。

### 1.2 甘蔗品质分析

分别于 1996 年 11 月 4 日、12 月 13 日和 1997 年 1 月 8 日, 取有代表性蔗茎样品每小区 6 条, 按常规分析方法测定蔗汁锤度、重力纯度、还原糖分和甘蔗蔗糖分等品质指标。

### 1.3 甘蔗产量性状测定

1997 年 1 月 28 日至 29 日平地面砍收甘蔗, 称取各小区的实际产量。收获前调查各小区甘蔗有效茎数, 并在每个小区的中间行连续砍取 20 条蔗茎, 测量茎长、茎径和单茎重等产量

## 构成因素。

## 1.4 宿根蔗发株情况观察

在前造甘蔗砍收后 74~75 天, 即 1997 年 4 月 12 日, 观察各小区宿根蔗的发株情况。

## 2 结果分析

## 2.1 几种酶活性

由表 1 可知, 甘蔗叶面喷施草甘膦后, 叶片中的 NADP2 苹果酸酶活性有所下降, 加  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  的处理下降幅度更大, 达到统计显著水平, 而同时加入  $\text{H}_3\text{BO}_3$  则使酶活性有明显恢复, 但随着时间的推移, 到 12 月 23 日, 处理间的差异缩小。

表 1 不同处理甘蔗叶片的 7 种代谢关键酶活性

Table 1 The activities of 7 key enzyme for metabolism in sugarcane leaves with different treatments

酶类 Enzymes	处理 Treatment	采样日期 Sampling date				平均值 Average
		96210223	96211213	96212203	96212223	
NADP2 苹果酸酶	Control	29.4a	25.8a	21.8a	18.4a	23.9a
	Glyphosate	24.2ab	20.4ab	14.6ab	11.2a	17.6ab
NADP2malic enzyme ( $\text{SOD}_{340} \text{gFW}^{-1} \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ )	Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$	20.6b	17.2b	13.0b	10.9a	15.4b
	Glyphosate+ $\text{H}_3\text{BO}_3$	26.6ab	23.6ab	16.2ab	12.8a	19.8ab
	Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$ + $\text{H}_3\text{BO}_3$	23.7ab	18.4ab	15.8ab	12.0a	17.5ab
$\text{Mg}^{2+}$ 2ATP 酶	Control	46.5a	40.3a	35.3a	32.4a	36.6a
$\text{Mg}^{2+}$ 2ATPase ( $\text{LgPi} \text{gFW}^{-1} \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ )	Glyphosate	42.9a	35.4a	31.7a	27.6a	34.4a
	Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$	41.2a	34.6a	29.2a	27.1a	33.0a
	Glyphosate+ $\text{H}_3\text{BO}_3$	43.7a	36.2a	31.0a	25.9a	34.2a
	Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$ + $\text{H}_3\text{BO}_3$	44.3a	37.6a	30.8a	26.9a	34.9a
$\text{Ca}^{2+}$ 2ATP 酶	Control	25.6a	18.2a	16.3a	13.7a	18.4a
$\text{Ca}^{2+}$ 2ATPase ( $\text{LgPi} \text{gFW}^{-1} \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ )	Glyphosate	21.4ab	17.0a	13.6a	10.5a	15.6a
	Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$	17.3b	14.2a	12.8a	9.6a	13.5a
	Glyphosate+ $\text{H}_3\text{BO}_3$	18.4b	13.9a	11.0a	9.3a	13.2a
	Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$ + $\text{H}_3\text{BO}_3$	19.1b	15.5a	13.2a	10.0a	14.4a
过氧化物酶	Control	216b	157b	103b	143b	155b
Peroxidase ( $\text{SOD}_{470} \text{gFW}^{-1} \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ )	Glyphosate	247b	175b	126b	154b	175b
	Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$	250ab	187b	137b	167b	185b
	Glyphosate+ $\text{H}_3\text{BO}_3$	322a	274a	224a	264a	271a
	Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$ + $\text{H}_3\text{BO}_3$	307ab	244ab	189ab	217ab	239ab
多酚氧化酶	Control	27.9a	19.1a	14.7a	21.6a	20.8a
Polyphenol oxidase ( $\text{SOD}_{398} \text{gFW}^{-1} \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ )	Glyphosate	29.0a	21.3a	16.1a	23.5a	22.5a
	Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$	30.5a	20.4a	14.2a	24.0a	22.3a
	Glyphosate+ $\text{H}_3\text{BO}_3$	33.2a	25.8a	18.9a	22.3a	25.1a
	Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$ + $\text{H}_3\text{BO}_3$	31.7a	23.0a	17.3a	22.0a	23.5a
酸性转化酶	Control	19.80a	15.38a	12.44a	9.60a	14.30a
Acid invertase ( $\text{mg Glu} \cdot \text{gFW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )	Glyphosate	12.50a	10.43a	9.82a	4.21ab	9.24b
	Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$	12.24a	10.06a	6.93a	3.16a	8.11b
	Glyphosate+ $\text{H}_3\text{BO}_3$	11.40b	10.56a	7.74a	4.15ab	8.46b
	Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$ + $\text{H}_3\text{BO}_3$	11.75b	10.67a	7.06a	3.86b	8.33b
中性转化酶	Control	8.44b	6.84a	5.20a	3.36b	5.96b
Neutral invertase ( $\text{mg Glu} \cdot \text{gFW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )	Glyphosate	11.05ab	9.30a	7.75a	6.08ab	8.54ab
	Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$	10.01ab	8.54a	8.25a	7.34a	8.53ab
	Glyphosate+ $\text{H}_3\text{BO}_3$	11.96a	9.66a	8.04a	6.82a	9.12a
	Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$ + $\text{H}_3\text{BO}_3$	11.40ab	9.43a	6.79a	5.86ab	8.37ab

注: 每个参数同一列的不同字母表示 5% 差异显著水平, 下同。

Note: The different letters in the same column showed significant at 5% level for each parameter. The same in all the tables.

草甘膦处理降低了甘蔗叶片  $Mg^{2+}$  ATP 酶和  $Ca^{2+}$  ATP 酶活性, 且不论单独加入  $KH_2PO_4$  还是  $H_3BO_3$ , 均可使  $Ca^{2+}$  ATP 酶活性进一步下降, 在 10 月 23 日的下降幅度达统计显著水平。但是, 如果同时加进这两种化合物, 则可使  $Mg^{2+}$  ATP 酶和  $Ca^{2+}$  ATP 酶活性有所恢复, 但到 12 月, 这种作用消失(表 1)。

不论是单独施用草甘膦还是加营养元素的处理, 均可使叶片过氧化物酶和多酚氧化酶活性有所提高, 其中以草甘膦+  $H_3BO_3$  的效应最大。草甘膦加  $KH_2PO_4$  也可提高过氧化物酶活性, 但对多酚氧化酶活性的效应较小(表 1)。

从表 1 还可以看出, 草甘膦处理可使甘蔗叶片中的酸性转化酶活性降低而使中性转化酶活性升高, 加入  $H_3BO_3$  可使这种效应增强; 加入  $KH_2PO_4$  也可增强草甘膦对酸性转化酶活性的抑制效应及 12 月以后草甘膦对中性转化酶活性的促进效应。

## 2.2 几种重要组分含量

草甘膦处理使甘蔗叶片的水分和叶绿素含量有所减少, 加  $KH_2PO_4$  使这种效应加剧, 而加  $H_3BO_3$  则可使这种效应消失, 恢复到正常水平(表 2)。

表 2 不同处理甘蔗叶片的 6 种重要化学成分含量

Table 2 The contents of 6 important chemical components in sugarcane leaves with different treatments

参数 Parameters	处理 Treatment	采样日期 Sampling date				平均值 Average
		96210223	96211213	96212203	96212223	
水分 Water (%)	Control	69.5 a	69.0 a	68.4 a	67.7 a	68.7 ab
	Glyphosate	69.3 a	68.1 ab	67.4 ab	66.8 ab	67.9 ab
	Glyphosate+ $KH_2PO_4$	68.8 a	67.4 b	66.8 b	66.2 b	67.3 b
	Glyphosate+ $H_3BO_3$	69.7 a	69.3 a	68.6 a	67.8 a	68.9 a
	Glyphosate+ $KH_2PO_4$ + $H_3BO_3$	69.3 a	68.3 ab	67.5 ab	67.0 ab	68.0 ab
叶绿素 Chlorophyll (mg gFW <sup>-1</sup> )	Control	1.88 a	1.76 a	1.08 a	0.95 a	1.41 a
	Glyphosate	1.63 a	1.66 a	0.88 a	0.95 a	1.28 a
	Glyphosate+ $KH_2PO_4$	1.55 a	1.45 a	0.87 a	0.80 a	1.16 a
	Glyphosate+ $H_3BO_3$	1.60 a	1.82 a	1.13 a	1.02 a	1.39 a
	Glyphosate+ $KH_2PO_4$ + $H_3BO_3$	1.65 a	1.69 a	0.96 a	0.82 a	1.28 a
可溶性蛋白质 Soluble protein (mg gFW <sup>-1</sup> )	Control	6.90 b	9.46 ab	6.88 a	4.78 a	7.00 a
	Glyphosate	10.56 a	11.59 ab	8.86 a	6.58 a	9.39 a
	Glyphosate+ $KH_2PO_4$	9.55 ab	9.24 b	8.70 a	5.19 a	8.17 a
	Glyphosate+ $H_3BO_3$	7.15 b	12.64 a	9.43 a	7.21 a	9.10 a
	Glyphosate+ $KH_2PO_4$ + $H_3BO_3$	12.01 a	10.35 ab	8.01 a	6.39 a	9.19 a
蔗糖 Sucrose (mg gFW <sup>-1</sup> )	Control	10.03 a	12.46 b	8.94 a	6.81 a	9.56 a
	Glyphosate	11.72 a	16.00 ab	10.28 a	7.24 a	11.31 a
	Glyphosate+ $KH_2PO_4$	11.65 a	17.21 ab	11.42 a	9.52 a	12.45 a
	Glyphosate+ $H_3BO_3$	13.44 a	18.82 a	11.16 a	9.96 a	13.34 a
	Glyphosate+ $KH_2PO_4$ + $H_3BO_3$	12.80 a	19.64 a	11.76 a	7.69 a	12.97 a
还原糖 Reducing sugar (mg gFW <sup>-1</sup> )	Control	9.08 a	8.85 a	8.15 a	6.81 a	8.22 a
	Glyphosate	8.31 a	7.46 a	6.34 ab	5.24 a	6.83 a
	Glyphosate+ $KH_2PO_4$	8.56 a	7.05 a	5.98 b	4.96 a	6.63 a
	Glyphosate+ $H_3BO_3$	8.95 a	7.88 a	6.57 ab	5.52 a	7.23 a
	Glyphosate+ $KH_2PO_4$ + $H_3BO_3$	8.93 a	7.69 a	6.40 ab	5.66 a	7.17 a
无机磷 Pi (mg gFW <sup>-1</sup> )	Control	0.30 b	0.32 b	0.28 a	0.27 a	0.29 b
	Glyphosate	0.33 ab	0.36 b	0.32 a	0.26 a	0.31 ab
	Glyphosate+ $KH_2PO_4$	0.35 ab	0.42 a	0.30 a	0.23 a	0.32 ab
	Glyphosate+ $H_3BO_3$	0.37 a	0.43 a	0.33 a	0.27 a	0.35 a
	Glyphosate+ $KH_2PO_4$ + $H_3BO_3$	0.36 a	0.33 b	0.30 a	0.23 a	0.30 ab

草甘膦处理后甘蔗叶片中的水溶性蛋白质含量迅速提高, 加  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  可使这种效应有所减弱, 而加  $\text{H}_3\text{BO}_3$  除 10 月 23 日外, 均表现为使这种效应增加(表 2)。

由表 2 可知, 草甘膦处理后甘蔗叶片中的蔗糖含量增加还原糖含量减少, 加  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  和  $\text{H}_3\text{BO}_3$  使甘蔗叶片中蔗糖含量在草甘膦处理的基础上有所增加, 尤以加  $\text{H}_3\text{BO}_3$  的处理效应较大, 但加  $\text{H}_3\text{BO}_3$  的处理甘蔗叶片的还原糖含量也比单用草甘膦的处理高, 说明  $\text{H}_3\text{BO}_3$  处理促进了叶片中蔗糖和还原糖的合成, 而还原糖是蔗糖合成的原料, 还原糖含量较高有利于叶片中的蔗糖合成。

与对照相比, 几个叶面喷施化合物的处理在相当一段时间内有增加甘蔗叶片中无机磷含量的效应, 尤以草甘膦加  $\text{H}_3\text{BO}_3$  的效应最大(表 2)。

### 2.3 甘蔗产量性状

处理后 109 天进行的测定结果(表 3)表明, 与对照相比, 草甘膦处理对甘蔗的茎长有明显的抑制效应, 加  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  和  $\text{H}_3\text{BO}_3$  可使这种抑制效应明显减轻, 尤以同时使用 3 种化合物的处理最为有效, 其节间数达到与对照相同的水平, 但茎长仍略低于对照。与对茎长的效应相反, 不管单用草甘膦和加营养元素的处理, 其茎径均比对照的大, 尤以草甘膦+  $\text{H}_3\text{BO}_3$  的效应最大, 结果其单茎重已达到与对照相同的水平。由于本研究的处理时间是在 10 月 10 日, 这时各小区的有效茎数已成定局, 我们在处理之前没有进行小区定株, 所以表中所列的有效茎数差异并非由于处理引起的。从甘蔗产量的数据看, 单施草甘膦的显著低于对照, 加营养元素的处理有明显的回升, 特别是草甘膦加  $\text{H}_3\text{BO}_3$  的处理, 如果考虑该处理有效茎数偏低的情况, 其产量已恢复到与对照相同的水平。

表 3 不同处理的甘蔗产量性状

Table 3 The yield characters in sugarcane with different treatments

处理 Treatment	茎长 Stalk length (cm)	茎径 Stalk Diameter (cm)	节间数 Number of internodes	单茎重 Weight per stalk (kg)	有效茎数 M illable canes per plot	甘蔗产量 Cane yield (kg plot <sup>-1</sup> )
Control	274	2.65	20	1.47	291	400.5 a
Glyphosate	255	2.70	18	1.39	288	373.7 b
Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$	265	2.72	19	1.41	292	381.4 a
Glyphosate+ $\text{H}_3\text{BO}_3$	263	2.80	19	1.47	283	388.3 a
Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$ + $\text{H}_3\text{BO}_3$	268	2.75	20	1.44	287	386.3 a

### 2.4 甘蔗品质性状

表 4 的结果表明, 在本试验处于长期干旱的条件下, 单独用草甘膦处理甘蔗药害严重, 收获时(处理后 109 天)已有相当部分甘蔗枯死, 故该处理的甘蔗蔗糖分、蔗汁锤度和重力纯度在 3 个不同的分析时期中均明显低于对照, 而蔗汁还原糖分明显高于对照。草甘膦加  $\text{H}_3\text{BO}_3$  的处理则反之, 在三个分析时期中, 其甘蔗蔗糖分、蔗汁锤度和重力纯度均高于对照, 尤其是甘蔗蔗糖分提高的幅度很大, 在 11 月 4 日和 12 月 13 日分别比对照高 2.12% 和 3.39% (绝对值)。草甘膦+  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  处理作用慢, 到 1 月 8 日才表现出明显的增糖效果。

### 2.5 宿根蔗出苗情况

由于上造甘蔗受到严重秋冬旱的影响, 对照区的宿根蔗出苗情况不算理想, 到 4 月 12 日调查的小区苗数大大少于上造甘蔗的有效茎数。单用草甘膦处理的情况更差, 不仅出苗减

少, 而且出现部分黄化蔗苗, 虽然这些黄化苗在以后可以重新长出绿叶(约从第 4 叶起转绿)。草甘膦加  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  的处理可使宿根蔗发出的绿苗数恢复到对照水平, 但不能减少黄化苗数。草甘膦 +  $\text{H}_3\text{BO}_3$  处理表现最佳, 不仅绿苗数比对照多, 且黄化苗数比单用草甘膦的处理减少 57.8% (表 5)。

表 4 不同处理的甘蔗品质性状

处理 Treatment	采样日期 Sampling date	蔗汁锤度 Brix of juice (°Bx)	蔗汁重力纯度 Gravity purity of juice (%)	蔗汁还原糖分 Reducing sugar in juice (%)	甘蔗蔗糖分 Sucrose in juice (%)
Control	96211204	15.81	58.76	4.35	7.96
	96212213	19.05	63.99	4.76	10.04
	97201208	21.74	83.72	0.84	15.34
Glyphosate	96211204	15.15	53.00	4.85	7.19
	96212213	17.42	57.63	5.15	8.63
	97201208	19.40	69.95	3.44	11.99
Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$	96211204	15.77	51.81	4.79	7.48
	96212213	18.17	57.07	5.29	8.69
	97201208	23.50	85.57	0.57	16.97
Glyphosate+ $\text{H}_3\text{BO}_3$	96211204	16.55	69.37	2.44	10.08
	96212213	20.07	79.52	1.85	13.43
	97201208	22.06	84.77	0.96	16.16
Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$ + $\text{H}_3\text{BO}_3$	96211204	16.39	67.24	2.27	9.65
	96212213	19.58	65.53	2.35	10.62
	97201208	20.96	73.23	3.51	13.32

表 5 不同处理甘蔗的宿根出苗情况(1997 年 4 月 12 日)

Table 5 The germination of ratoon crop of sugarcane with different treatments on April 12, 1997

处理 Treatment	绿苗 Green plants (plants plot <sup>-1</sup> )	黄化苗 Chlorotic plants (plants plot <sup>-1</sup> )
Control	177 ab	0
Glyphosate	137 b	19
Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$	173 ab	19
Glyphosate+ $\text{H}_3\text{BO}_3$	211 a	9
Glyphosate+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$ + $\text{H}_3\text{BO}_3$	189 ab	16

好的增糖作用。

生理生化分析的结果表明, 草甘膦处理能够普遍提高甘蔗叶片的过氧化物酶、多酚氧化酶和中性转化酶活性, 促进叶片中一些化学成分如水溶性蛋白质、无机磷和蔗糖含量的提高, 使叶片水分含量和还原糖分降低, 并对 NADP2 苹果酸酶、酸性转化酶、 $\text{Mg}^{2+}$  2ATP 酶和  $\text{Ca}^{2+}$  2ATP 酶活性产生抑制作用。已有报道指出, 过氧化物酶、多酚氧化酶和中性转化酶活性与蔗糖积累有正相关性<sup>[13-15]</sup>。同时, 过氧化物酶活性的增加促进了生长素的氧化分解, 从而可能降低了生长素含量, 导致一些与生长呈正相关的酶的合成受到抑制或活性下降<sup>[9]</sup>。酸性转化酶活性与生长呈正相关<sup>[15]</sup>, 所以它的降低对糖分积累有利。ATP 酶和 NADP2 苹果酸酶活性的减弱和叶片水分含量的下降标志着蔗株代谢水平下降。NADP2 苹果酸酶是甘蔗 C<sub>4</sub>

### 3 讨论

本试验在处理受到严重干旱天气的影响, 从 9 月 9 日到 12 月底, 几乎没有降雨, 土壤严重缺水, 致使甘蔗叶片严重落黄甚至枯萎。本研究的结果表明, 在这种情况下喷施草甘膦得不到好结果。但在加进磷酸二氢钾和硼或硼酸后, 草甘膦对甘蔗后期生长的不利效应得到缓解, 并获得了很

途径的关键酶,与甘蔗的光合作用密切相关。作为能量代谢的关键酶,ATP酶活性的减弱对能量代谢不利可能影响到光合产物向蔗茎的运输和积累。

在草甘膦处理的基础上添补适量的  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 、 $\text{H}_3\text{BO}_3$  或  $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_3\text{BO}_3$  后,草甘膦对叶片的过氧化物酶、多酚氧化酶、中性转化酶活性以及无机磷和蔗糖含量的提高效应有所加强,并进一步抑制了酸性转化酶活性,而使草甘膦对  $\text{Mg}^{2+}$ -ATP酶和NADP<sup>2</sup>苹果酸酶活性以及水分和叶绿素含量下降的效应得到一定程度的缓解。这种变化可能对甘蔗的光合作用及蔗糖运输和积累有利,可能这是草甘膦加营养元素的几个处理获得良好增糖效果的生理生化基础。其中草甘膦添加  $\text{H}_3\text{BO}_3$  对提高蔗茎早期含糖量效果最佳,并且这个处理对甘蔗产量的抑制作用最小,还促进了第二年宿根蔗的萌芽发株。

根据以前和本研究的试验结果,甘蔗化学催熟剂的应用受到环境因素的影响。虽然草甘膦的催熟增糖效果已被前人的许多研究证实<sup>[1-9]</sup>,但在本研究中,在严重干旱条件下,它对甘蔗生长和蔗糖积累均有明显的抑制效果。因此,草甘膦用作甘蔗催熟剂,其前提条件是甘蔗必须生长良好,没有严重干旱发生。或者在草甘膦的基础上添加  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,使处理后既能催熟增糖又不降低甘蔗产量,并可促进宿根蔗萌芽生长,这样对糖厂和农民均有利。显然,草甘膦加  $\text{H}_3\text{BO}_3$  是更加值得在生产上推荐的配方。

## 参 考 文 献

- 1 文颖,朱英,呈琳.甘蔗糖业(甘蔗分刊),1986,(4):38~43
- 2 庞修权.农药,1987,(6):58
- 3 林炎坤,李杨瑞,叶燕萍.广西农学院学报,1990,9(4):35~43
- 4 廖江雄,武金榜,林炎坤等.广西农业大学学报,1997,16(3):204~209
- 5 Nickell L G. *Sugar J*, 1988(4):7~11
- 6 Kumar A, H P Pande. *Indian J Agric Sci*, 1988, 58(4):319~321
- 7 Donaldson R A, J Van Staden. *Proc of 20 th ISSCT*, 1989, 647~653
- 8 Soopramanien G C, M Teeluck, J Mestry. *Sugar Cane*, Spring 1990(Supplement):1~4
- 9 Su L Y, A D Cruz, P H Moore, et al. *J Plant Physiol*, 1992, 140:168~173
- 10 林炎坤,李杨瑞,叶燕萍.广西农业大学学报,1992,11(3):25~30
- 11 Johnson H S, M D Hatch. *Biochem J*, 1970, 119:273~280
- 12 李杨瑞.植物生理学通讯,1987,23(6):20~22
- 13 李杨瑞.广西农学院学报,1990,9(1):13~18
- 14 杨丽涛,李杨瑞,莫家让.广西农学院学报,1990,9(3):80~84
- 15 Gayler K R, K T Glasziou. *Physiol Plant*, 1972, 27(1):25~31
- 16 蔡武城,袁厚积主编.生物物质常用化学分析法.北京:科学出版社,1992,4~8,15~16
- 17 Bradford M M. *Anal Biochem*, 1976, 72:248~254