

# 喷施稀土对甘蔗植株 ATP 酶和根际土壤酶活性的影响

潘廷国 王元贞 柯玉琴 江鹤基

(福建农学院, 福州, 350002)

王元贞

(仙游县糖业办公室)

## 提 要

本文研究了在甘蔗分蘖末期喷施稀土对甘蔗植株 ATP 酶和根际土壤酶活性以及根际细菌数量的影响。结果表明, 分蘖末期喷施稀土提高了甘蔗叶片的  $Mg^{2+}$ -ATP 酶、 $Ca^{2+}$ -ATP 酶和根细胞的  $Na^+$ - $K^+$ ATP 酶的活性。提高了叶绿素含量、光合速率和根系活力, 使土壤中有利的根际细菌数量增加, 土壤酶活性提高, 促进了甘蔗生长, 提高了甘蔗产量。

**关键词** 稀土, 甘蔗, ATP 酶, 土壤酶

我国开展稀土农用研究十多年来, 证明在水稻、小麦、花生、烤烟、甘蔗等多种农作物上均有增产和改善品质的效应, 先后已有多项科研成果取得了省、部级鉴定, 一致认为它是一项涉及多学科、具有创新和开拓意义的重大成果。稀土在甘蔗上的应用起步较晚, 但经过蔗区各省多年、多点、不同浓度、不同施用时期的试验, 普遍认为分蘖末期每亩施用 40 克硝酸稀土有增产增糖的效果, 对于稀土农用研究的机理报道尚少。本文试从稀土元素对甘蔗植株的 ATP 酶、根际土壤酶、根际细菌主要类群数量的变化以及其它生理生态的效应进行初步的探讨。

## 1 材 料 与 方 法

### 1.1 试验设计

旱地甘蔗喷施稀土试验于 1987 年在福建省仙游县赖店乡西埔村红壤坡地进行, 供试甘蔗品种为桂糖 11 号, 2 月 5 日下种排苗, 设处理区与对照区, 小区面积 0.26 亩, 处理区于分蘖末期拔节初期(6 月 3 日)喷施硝酸混合稀土 40 克/亩, 即稀土 40 克加水 50 公斤喷施(河南商丘冶炼厂生产, 含氧化稀土 38.7%), 以喷水 50 公斤为对照, 对比排列, 4 次重复, 7 月 31 日进行甘蔗生理指标、土壤酶的测定。

甘蔗喷施稀土剂量试验: 1988 年在仙游县龙华乡灯塔村进行, 供试甘蔗品种为闽糖 70—611, 2 月 8 日下种排苗, 4 行区, 小区面积 0.06 亩, 处理区于甘蔗分蘖末期(6 月 3 日)按每亩 30 克、40 克、50 克混合稀土加水 50 公斤分别喷施, 以喷水作对照, 三次重复。8 月 2 日对每亩施 40 克处理组(由于该处理效果已在 1987 年生产中肯定)进行土壤微生物类群、

本文于 1991 年 4 月 2 日收到, 1992 年 8 月 14 日审定。

叶片和根系的 ATP 酶活力测定, 并对各剂量处理组土壤酶活力进行测定。10月29日进行田间农艺性状调查, 各处理每小区调查20株取平均值, 有效茎各行调查20米长的取平均数, 甘蔗生长过程按常规管理。以上实验的土壤性质见表1。

表1 供试土壤的基本性质  
Table 1 Some properties of the soils used for experiment

地点 Location	土壤类型 Soil type	土壤质地 Soil texture	有机质 OM (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	全氮 Total N (N%)	全磷 Total P (P%)
灯塔 Deng ta	水稻土 Paddy soil	中壤土 Medium loam	2.2	6.0	0.15	0.17
西埔 Xipu	旱地红壤 Dryland red soil	壤土 Loam	1.3	5.5	0.08	0.05

## 1.2 测定项目及方法

1.2.1 土壤微生物主要类群和菌数测定 在试验区0—20厘米土层采取土样, 土样按常规处理, 用稀释平板法和稀释法(MPN法)测定土壤微生物主要类群菌数<sup>[1]</sup>。

1.2.2 土壤酶、土壤养分测定 上述测定土壤微生物类群的土样, 取一部分同时进行土壤酶活性的测定, 测定脲酶按靛青比色法<sup>[2]</sup>, 磷酸酶按P-硝基苯磷酸钠法<sup>[3]</sup>, 脱氢酶按H. B. Петерсон法<sup>[4]</sup>, 蛋白酶按G. Hoffmann与K. teicker法<sup>[4]</sup>, 转化酶按还原糖法<sup>[5]</sup>, 土壤速效氮按蒸馏法<sup>[6]</sup>, 速效磷按盐酸-氟化铵法<sup>[6]</sup>。

1.2.3 甘蔗ATP酶活性及其它生理指标的测定 甘蔗根细胞线粒体Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>ATP酶活性测定按植物生理学实验手册方法<sup>[7]</sup>测定。叶片叶绿体Mg<sup>2+</sup>-ATP酶和Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性测定按蔡剑萍等(1980年)的方法加以修改<sup>[8]</sup>。吲哚乙酸氧化酶活性测定按植物生理学实验指导<sup>[9]</sup>。根系活力测定按TTC法<sup>[10]</sup>。用改良半叶法测定光合作用强度, 叶片用酒精提取, 721分光光度计测定叶绿素含量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 分蘖末期喷施稀土对甘蔗生理指标的影响

分蘖末期喷施硝酸混合稀土对甘蔗根系活力、叶绿素含量和光合速率的影响结果见表2。

表2 分蘖末期喷施稀土对甘蔗的生理效应(1987.7.31).  
Table 2 The effect of rare earth spraying at late tillering phase of sugarcane on the physiological indices

处理 Treatment	根系活力 毫克TTC/克根鲜重/小时 Activity of root system (mgTTC/g-fresh of root/h)	叶绿素含量鲜重 % Chlorophyll content (fresh weight of root%)	光合强度 毫克干重/分米 <sup>2</sup> /小时 Photosynthetic rate (mg dry weight /dm <sup>2</sup> /h)
喷施稀土(40克/亩) Spraying rare earth (40g/mu)	0.19	0.17	46.86
对照 Check	0.16	0.11	44.49
t 值 t value	2.79*	2.81*	2.94*

\* P < 5%

从表 2 可见, 分蘖末期每亩喷施 40 克稀土提高了甘蔗的根系活力和叶绿素含量, 同时加强了光合速率。经 t 值测验达到显著水平。

## 2.2 喷施稀土对甘蔗植株 ATP 酶活性的影响

喷施稀土对甘蔗 ATP 酶活性的影响结果见表 3。

表 3 喷施稀土对甘蔗植株酶活性的影响(1988.8.2)  
Table 3 The effect of spraying rare earth on the activity of ATPase of sugarcane plant

处 理 Treatment	叶片 $Mg^{2+}$ -ATP 酶 $\mu\text{MPi}/\text{mg}$ 蛋白质 /小时 Leaf $Mg^{2+}$ -ATPase $\mu\text{MPi}/\text{mg}$ protein/h	叶片 $Ca^{2+}$ -ATP 酶 $\mu\text{MPi}/\text{mg}$ 蛋白质 /小时 Leaf $Ca^{2+}$ -ATPase $\mu\text{MPi}/\text{protein/h}$	根 $Na^+ - K^+$ ATP 酶 $\mu\text{gPi}/\text{mg}$ 蛋白质 /小时 Root $Na^+ - K^+$ ATPase $\mu\text{gPi}/\text{mg}$ protein/h	吲哚乙酸氧化酶 $\mu\text{g}$ 吲哚乙酸/ml 酶液 / 小时 Activity of IAA-oxidase ( $\mu\text{gIAA}/\text{ml}$ enzyme/h)
喷施稀土(40 克 / 亩) Spraying rare earth (40g/mu)	2.22	1.48	8.42	79.2
对 照 Check	1.59	0.92	6.00	93
t 值 t value	3.38*	5.13**	4.87**	2.83*

\*  $P < 5\%$  \*\*  $P < 1\%$

从表 3 可以看出, 分蘖末期甘蔗喷施稀土(每亩 40 克)提高了叶片的  $Mg^{2+}$ -ATP 酶、 $Ca^{2+}$ -ATP 酶和甘蔗根细胞的  $Na^+ - K^+$  ATP 酶活性, t 值测验达到显著和极显著水平。ATP 酶活性提高, 促进了机体的能量代谢和根系的吸收能力。从表 3 还可以看出, 喷施稀土后吲哚乙酸氧化酶活性比对照降低, 减少了吲哚乙酸的破坏, 促进了植株生长。

## 2.3 喷施稀土对土壤微生物类群的影响

从表 4 可以看出, 甘蔗喷施稀土(每亩 40 克)促进了根际土壤中甚多有益微生物类群在数量上增长。除厌气性纤维分解菌和亚硝酸细菌增加不多以外, 细菌总数、好气性及厌气性固氮菌、反硝化细菌和氨化菌、好气性纤维分解菌、有机磷细菌数量都有明显增加, 达到极显著或显著水平。纤维分解菌生长, 分解纤维素所提供能源及碳源物质, 有利固氮微生物生长。反硝化细菌虽在厌气条件下有损失氮的一面, 但该类微生物同时也有分解有机物释放其 N、P、S 的能力, 并能产生部分促生物质, 有利甘蔗生长。有机磷分解细菌的增多可为甘蔗提供更多的磷素营养, 也有利于固氮微生物的增长。

## 2.4 喷施稀土对土壤酶及土壤养分的影响

甘蔗喷施稀土(每亩 40 克)提高了根际土壤磷酸酶、脱氢酶、蛋白酶、脲酶、转化酶的活性, 结果见表 5。从表 6 可以看出不同施用剂量的效果, 每亩喷施 40 克或 50 克者相比于喷施 30 克或对照, 测得的磷酸酶、脱氢酶、蛋白酶的活性均更高。土壤中脱氢酶活性提高, 反映土壤总的生物学活性加强, 肥力水平提高。测得磷酸酶与土壤中磷细菌的增长相一致, 促进磷素化合物的转化, 提高磷的有效性。蛋白酶、脲酶的增长与土壤中氨化微生物的增长有关, 使土壤速效氮、速效磷提高(见表 7)。土壤中蛋白质氨化作用还能产生吲哚乙酸等促生物

表 4 喷施稀土对甘蔗根际微生物类群的影响(菌数/克干土)1988.8.2

Table 4 The effect of spraying rare earth on the rhizosphere microbial clusters of sugarcane. (num/g dry soil)

处理 Treatment	细菌 Bacteria $\times 10^5$	氨化菌 Ammonifier $\times 10^6$	好气固氮菌 Aerobic nitrogen-fixing bacteria $\times 10^2$	厌氧固氮菌 Anaerobic NF, bacteria $\times 10^3$	好气纤维分解菌 Aerobic cellulose decomposing bacteria $\times 10^2$
喷施稀土(40克/亩) Spraying rare earth (40g/mu)	27.5	118	313	56	56
对照 Check	11.1	30	19	14	2.4
t 值 t value	3.01*	2.97*	5.64*	4.97**	5.13**

  

处理 Treatment	厌氧纤维分解菌 anaerobic cellulose decom- posing bacteria $\times 10^2$	有机磷分解菌 Organic decom- posing P bacte- ria $\times 10^5$	亚硝酸细菌 Nitrite bacteria $\times 10^3$	反硝化细菌 Denitrobacteria $\times 10^5$
喷施稀土(40克/亩) Spraying rare earth (40g/mu)	0.5	313	56	119
对照 Check	0.4	197	55	0.31
t 值 t value	1.34	2.80*	1.64	6.23**

\* significant at 0.05 level;

\*\* significant at 0.01 level

表 5 甘蔗喷施稀土对土壤酶活性的影响(1987.7.31)

Table 5 Effects of spraying rare earth on the soil enzyme activity

处理 Treatments	磷酸酶 ( $\mu\text{g}$ 对硝基酚 /克干土·小时) Phosphorylase ( $\mu\text{g}$ nitrophenol /g dry soil. h)	脱氢酶 ( $\mu\text{g}$ TTC/ 克干土·小时) Dehydrogenase ( $\mu\text{g}$ TTC/ g. dry soil. h)	蛋白酶 (mg $\text{NH}_4\text{-N}$ / 克干土·小时) Proteinase (mg $\text{NH}_4\text{-N}$ / g dry soil. h)	脲酶 (mg $\text{NH}_4\text{-N}$ / 克干土 Urease (mg $\text{NH}_4\text{-N}$ / g dry. soil)	转化酶 (0.1mol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ml / 克干土 Invertase (0.1 mol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ml/g dry soil)
喷施稀土(40克/亩) Spraying rare earth (40g/mu)	38.70	2.12	4.32	86.40	1.31
对照 Check	36.21	1.23	3.15	83.17	1.29
t 值 t value	2.87*	2.81*	2.92*	2.14	1.81

\* significant at 0.05 level

质。所以喷施稀土活化了土壤养分,提高了土壤中可给态养分的水平。

## 2.5 分蘖末期喷施稀土对甘蔗农艺性状及产量的影响

甘蔗分蘖末期喷施稀土对农艺性状的影响结果见表 8。喷施稀土对甘蔗的茎长、茎径、每

表 6 喷施不同浓度稀土对土壤酶活性的影响1988.8.2

Table 6 Effects of spraying rare earth with different concentration on the soil enzyme activity

处 理 Treatments	磷酸酶 ( $\mu\text{g}$ 对硝基酚/ 克干土·小时) Phosphorylase ( $\mu\text{g}$ nitrophenol /g dry soil. h)	脱氢酶 ( $\mu\text{g}$ 甲潜/ 克干土·小时) Dehydrogenase ( $\mu\text{g}$ TTC/g.dry soil. h)	蛋白酶 (mg $\text{NH}_4\text{-N}$ / 克干土·小时) Proteinase (mg $\text{NH}_4\text{-N}$ / g dry soil. h)	脲 酶 (mg $\text{NH}_4\text{-N}$ / 克干土) Urease (mg $\text{NH}_4\text{-N}$ / g dry soil)	转化酶 (0.1 mol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ml/克干土) Invertase (0.1 mol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ml/g dry soil)
对 照 Check	44.64	1.43	6.38	46.16	1.97
30 克/亩 (30g/mu)	43.48	1.48	7.18	47.55	2.11
40 克/亩 (40g/mu)	45.39	1.70	10.08	56.95	2.14
50 克/亩 (50g/mu)	45.36	1.50	8.39	54.76	2.36

表 7 喷施稀土对土壤养分的影响1988.8.2

Table 7 Effects of spraying rare earth on soil available nutrients

处 理 Treatments	速效氮 Nmg/100 克干土 rapidly available N (N mg/100g dry soil)	速效磷 Pmg/100 克干土 rapidly available P (P mg/100g dry soil)
喷施稀土(40 克/亩) Spraying rare earth (40g/mu)	5.79	5.80
对 照 Check	3.31	3.10
t 值 t value	2.78*	2.83*

\* Significant at 0.05 level

亩有效茎数、单茎重均有促进作用、使甘蔗产量提高。从不同施用剂量来看, 以每亩喷施 40 克和 50 克者效果更好。

表 8 施用不同浓度稀土对甘蔗农艺性状的影响1988.8.2

Table 8 Effects of spraying rare earth with different concentration on agronomic characteristics of sugarcane

处 理 Treatments	茎 长 (cm) Plantheight (cm)	每亩有效茎数 (No./mu) Millable stalk (no/ha)	茎 径 (cm) stalk diameter (cm)	单茎重 (kg) Single stalk weight	产 量 (ton/ha) Yield (ton/ha)
对 照 Check	297.8	6144	2.14	1.07	6.61
30 克/亩 (30g/mu)	298.9	6156	2.17	1.11	6.81
40 克/亩 (40g/mu)	300.4	6738	2.15	1.09	7.35
50 克/亩 (50g/mu)	302.8	6611	2.19	1.14	7.53

从以上结果可以看出, 由于喷施稀土, 提高了甘蔗叶片细胞的  $Mg^{2+}$ -ATP 酶和  $Ca^{2+}$ -ATP 酶, 以及根部细胞  $Na^{+}$ - $K^{+}$ ATP 酶活性。ATP 酶反映有机体的能量代谢水平。叶绿素含量提高, 光合能力加强。根系活力提高, 反映了植物的整体代谢水平高, 根系吸收能力强, 因而必然使根的分泌物增多, 根组织生长更新也快, 在根际范围内土壤中有有机质来源丰富, 使分解有机物的各种微生物类群增多。所测得的根际土壤细菌总量的增加正与反映呼吸指标的脱氢酶的增加相一致。从表3 可以看出喷施稀土使氨化细菌、有机磷分解细菌、反硝化细菌、好气性纤维分解菌、好气性固氮菌、厌气性固氮菌分别增加 39.3、1.6、383.9、23.3、16.5、4 倍。其中以氨化细菌、纤维分解菌、有机磷细菌的类群的菌数在根际增加最为显著。与测得土壤中蛋白酶、转化酶、纤维素酶、磷酸酶的活性增长相一致, 提高了土壤养分的有效性。为甘蔗生长创造良好的条件, 使甘蔗的产量得到提高。

### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所微生物室, 1985, 土壤微生物研究法, 科学出版社, 北京, 55—58。
- [2] 关松阴, 1980, 土壤通报, (6), 41—44。
- [3] 郑洪元等, 1982, 土壤动态生物化学研究法, 科学出版社, 北京, 208—209。
- [4] φ. X 哈兹耶夫, 1980, 郑洪元等译, 土壤酶活性, 科学出版社, 北京, 37—88。
- [5] 周礼恺等, 1980, 土壤通报, (5) 37—38。
- [6] 中国科学院南京土壤所, 1978, 土壤理化分析, 上海科学技术出版社, 上海, 72—525。
- [7] 上海植物生理学会, 1985, 植物生理学实验手册, 上海科学技术出版社, 上海, 84—86。
- [8] 李杨瑞, 1987, 植物生理学通讯, (6), 20—21。
- [9] 华东师范大学生物系植物生理教研组, 1980, 植物生理学实验指导, 人民教育出版社, 上海, 189—190。
- [10] 西北农业大学植物生理生化教研组, 1987, 植物生理学实验指导, 陕西科学技术出版社, 陕西, 35—36。

## Effects of Rare Earth Spraying on Activities of ATPase and Enzymes in the Rhizosphere of Sugarcane

Pan Ting-guo      Wang Yuan-zhen      Ke Yu-qin      Jiand He-ji

(Fujian Agricultural College, Fuzhou, 350002)

Wang Yuan-yan

(sugar Industrial Office of Xiangyou County)

### Abstract

Effect of rare earth spraying at the end of tillering phase of sugarcane on activities of ATPase and enzymes in the rhizosphere was investigated. The results suggested that rare earth spraying at the end of tillering phase increased the activities of  $Mg^{2+}$ -ATPase and  $Ca^{2+}$ -ATPase in sugarcane leaves and  $Na^{+}$ - $K^{+}$ ATPase in the root cells. Chlorophyll contents, photosynthetic rate, the vigor of root system, the amount of rhizobacteria and activities of enzymes in soil were also increased. As a result, the growth rate and yield of sugarcane were promoted.

**Key words**      Rare earth, Sugarcane, ATPase, Soil enzyme