

甘蔗施用复硝钾增产增糖机理探讨

甘晓伟 苏广达 李玉潜
(华南农业大学农学系, 510642, 广州)

摘要 采用盆栽试验,选粤糖71/210、粤糖63/237两个甘蔗品种作试验对象,用0.000 4%、0.000 6%复硝钾分别对甘蔗进行浸种育苗、移栽后淋根或喷施叶片等处理,研究甘蔗施用复硝钾增产增糖机理。研究表明,复硝钾能促进甘蔗根系吸收和运转能力;能提高甘蔗叶片光合作用强度;能促进甘蔗体内多种生理生化过程,协调体内各种代谢,促进甘蔗生长和糖分积累。最终表现为提高甘蔗单位面积内的有效茎数,增加单茎重,提高产量;提高蔗茎蔗糖分,降低蔗汁还原糖量,改善原料蔗品质。

关键词 甘蔗; 复硝钾; 增产增糖; 机理
中图分类号 S556.1

穗丰牌 2% 复硝钾是广州氮肥厂研制的一种植物生长调节剂,似生长素类物质。产品先后在我国南、北方多种作物上作施用试验,且大面积推广,证明对豆角、菜心等 11 种蔬菜及水稻、甘蔗等 15 种农作物有较好的增产或改善品质作用,已通过技术鉴定(陈际覃, 1989)。李玉潜(1989)及叶沃裕等(1992)先后研究复硝钾对甘蔗生长和产量的影响,证明能提高出苗率,促进生长,提高蔗茎产量和蔗茎蔗糖分。但甘蔗施用复硝钾增产增糖作用机理研究甚少,跟不上生产上已用飞机大面积施用的理论要求。本研究从根系吸收、光合能力、内部代谢等方面较系统地研究甘蔗施用复硝钾增产增糖机理,为这项技术在生产上进一步推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

试验从 1991 年 12 月开始至 1992 年 12 月结束。浸种育苗和盆栽分别在华南农业大学农学试验场和甘蔗研究室进行,所选品种为粤糖 71/210 和粤糖 63/237(以下简称 71/210 和 63/237)。浸种和盆栽均采用施用清水(对照)、0.000 4% 复硝钾、0.000 6% 复硝钾 3 个处理。先浸种 24 h,浸种后育苗。1992 年 3 月种苗盆栽,采用对比试验设计,每处理 16 盆,每盆装土 25 kg,每盆 2 条苗。在甘蔗生长发育各时期分 5 批施用复硝钾,其它管理措施按常规生产进行。(1)1992 年 3 月 23 日淋根,(2)1992 年 5 月 2 日淋根;(3)1992 年 5 月 18 日喷叶;(4)1992 年 6 月 10 日喷叶;(5)1992 年 8 月 28 日、9 月 20 日喷叶。在施用 3 天后作项目测定。

1.1 根系吸收能力测定:用 α -萘胺法测根系活力,用烘干称干重法测根系干重,用体积法收集测定伤流液,分别用茚三酮法、定磷法、蒽酮法测定伤流液中氨基酸、无机磷、可溶性糖含量(山东农学院,1980)。

1.2 光合能力测定:用丙酮法(赵增煜,1986)测定叶片叶绿素含量;按华南农业大学电镜室介绍的方法制作叶片叶绿体超微结构镜片,在电镜下观察并拍片;用改良半叶法(赵增煜,

1993-09-13 收稿

1986)测定叶片光合作用强度。

1.3 参照林国栋(1987)介绍的方法测定叶片硝酸还原酶活性: 用凯氏定氮法(蔡武成等, 1982)测定叶片全氮量。

1.4 用氧化愈创木酚法(南京大学生物系, 1979)测定叶片过氧化物酶活性: 用阿贝氏折射仪法(山东农学院, 1986)测定叶片自由水和束缚水含量; 用原子吸收分光光度法(严国光等, 1982)测定叶片中 Fe, Cu, Zn 微量元素含量。

1.5 参照陈伟栋(1985)等介绍的方法测定叶片中酸、中性转化酶活性: 用 3,5-二硝基水杨酸法(蔡武成等, 1982)测定叶片可溶性总糖和还原糖的量。

2 结果与分析

2.1 根系吸收能力分析

用苗期根系干重、根系活力、蔗株伤流量及有关伤流成分分析等指标来反映复硝钾对甘蔗根系吸收能力的影响。测定分析结果如表 1。结果表明, 71/210 的 0.000 4%、0.000 6% 复硝钾处理, 根系总量分别比对照增加 71.07% 和 95.04%; 根系活力分别比对照增加 5.4 $\mu\text{g/g} \cdot \text{FW} \cdot \text{h}$ 和 5.94 $\mu\text{g/g} \cdot \text{FW} \cdot \text{h}$; 蔗株伤流量分别比对照增加 86.23% 和 106.24%。3 项指标 t 测验均达差异显著水平。所测得的伤流液成分中, 氨基酸、可溶性糖比对照显著增加, 无机磷比对照显著减少。63/237 的结果与上述趋势一致, 只是数值上稍有差异。

2.2 光合能力分析

用叶片叶绿素含量、叶绿体超微结构、光合作用强度来反映复硝钾对叶光合能力的影响。

表 1 甘蔗苗期根系干重、根系活力、蔗株伤流量测定⁽¹⁾

品种	粤糖 71/210			粤糖 63/237		
	对照	0.000 4% 复硝钾	0.000 6% 复硝钾	对照	0.000 4% 复硝钾	0.000 6% 复硝钾
根系干重/ $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$	0.121	0.207	0.236	0.128	0.153	0.187
差值		+0.088	+0.115		+0.025	+0.059
增加百分数/%		71.07	95.04		19.53	46.09
t 值		5.172**	5.832**		1.117	3.118*
根系活力/ α -萘 胺 $\mu\text{g} \cdot (\text{g} \cdot \text{FW} \cdot \text{h})^{-1}$	19.75	25.15	25.69	16.57	18.41	19.93
差值		+5.40	+5.94		+1.84	+3.36
t 值		3.105*	3.414*		1.618	3.197*
蔗株伤流量 $/\text{g}(\text{株} \cdot \text{h})^{-1}$	1.09	2.03	2.25	1.01	1.23	1.25
差值		+0.94	+1.16		+0.22	+0.24
增加百分数/%		86.23	106.42		21.78	23.76
t 值		9.611**	6.823**		3.143*	2.857*

(1)根系干重、根系活力、蔗株伤流量测定均为 3 次测定平均值
* $t_{0.05}(4) = 2.776$ ** $t_{0.01}(4) = 4.604$

1992 年 4 月 13 日, 5 月 10 日, 5 月 21 日, 9 月 2 日、11 月 22 日 5 次测定叶片叶绿素含量。结果表明, 复硝钾能显著提高叶绿素 a 含量(图 1); 提高叶绿素 b 含量但未达到差异显著水平; 显著提高叶绿素总量含量(图 2)。这种结果, 增加甘蔗叶片对光能的捕获, 提高了光能利用率。

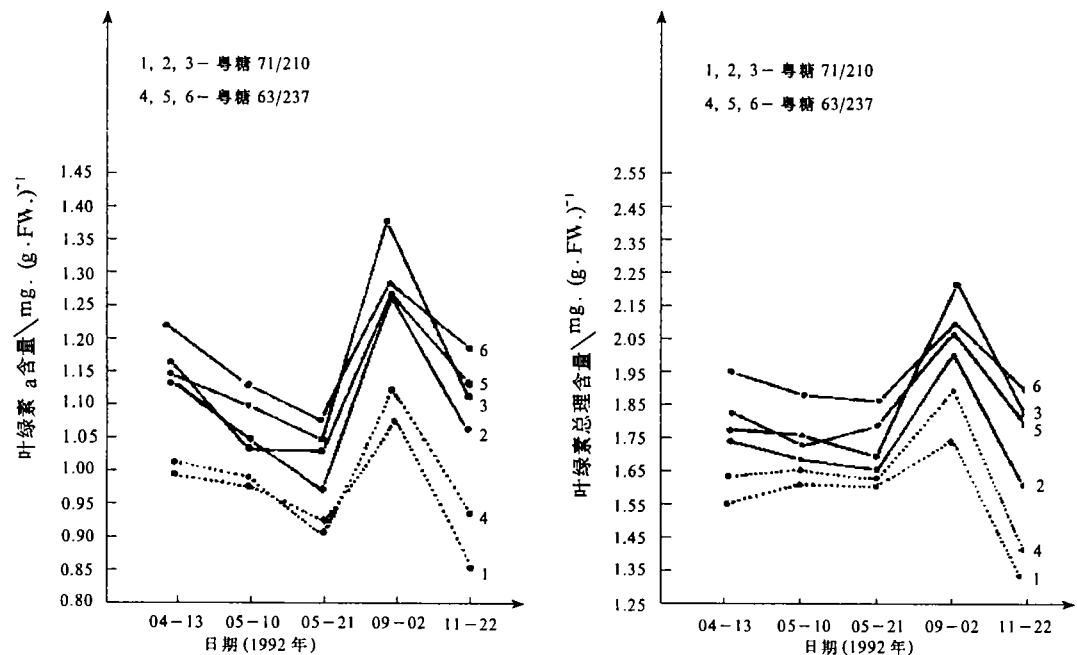


图1 叶片叶绿素 a 含量变化曲线
1. 对照; 2. 0.000 4% 复硝钾; 3. 0.000 6% 复硝钾; 4. 对照; 5. 0.000 4% 复硝钾; 6. 0.000 6% 复硝钾

图2 叶片叶绿素总量变化曲线
1. 对照; 2. 0.000 4% 复硝钾; 3. 0.000 6% 复硝钾; 4. 对照; 5. 0.000 4% 复硝钾; 6. 0.000 6% 复硝钾

1992 年 9 月 14 日取样观察叶片叶绿体超微结构, 结果表明, 71/210, 63/237 的 0.000 4%, 0.000 6% 复硝钾处理, 每个叶绿体基粒片层数分别比对照多 11.67 片/个、14.34 片/个和 18.00 片/个、20.67 片/个, 且增加均达差异显著水平。说明复硝钾能增加叶片叶绿体基粒片层数, 增大光合作用膜面积。

1992 年 6 月 18 日、9 月 21 日 2 次测定叶片光合作用强度。统计分析结果表明, 复硝钾能显著提高叶片光合作用强度, 先后两次测定结果, 处理比对照增幅范围分别为 19.05% ~ 64.42% 和 34.43% ~ 58.47%。直接说明复硝钾能使甘蔗叶片合成更多有机化合物, 达到增产增糖效果。

2.3 复硝钾对甘蔗体内代谢的影响

2.3.1 叶片硝酸还原酶活性(NRA)和叶片全氮量分析 1992 年 4 月 15 日、5 月 8 日、5 月 23 日、9 月 3 日、12 月 9 日 5 次测定叶片硝酸还原酶活性(NRA), 结果说明, 甘蔗生长前期(前 3 次测定), 复硝钾处理能提高叶片 NRA, 且 t 测验达差异显著水平。71/210、62/237 处理比对照增值范围达到 $6.50 \sim 35.76 \mu\text{gNO}_2^-/\text{g.FW.h}$ 和 $2.00 \sim 33.00 \mu\text{gNO}_2^-/\text{g.FW.h}$ 增幅达 12.75% ~ 60.85% 和 11.11% ~ 55.93%。生长后期(后 2 次测定)。复硝钾处理的 NRA 比对照则显著降低, 71/210、63/237 的降低值达 $1.60 \sim 3.75 \mu\text{gNO}_2^-/\text{g.FW.h}$ 和 $3.00 \sim 4.40 \mu\text{gNO}_2^-/\text{g.FW.h}$, 降幅达 11.64% ~ 53.57% 和 22.22% ~ 41.90%。

1992 年 5 月 6 日、6 月 4 日、10 月 25 日 3 次测定叶片全氮量。测定统计结果表明, 处理

值比对照值都显著增加,71/210的增值范围是1.50~2.50 mgN/g.FW,63/237的增值范围为1.90~3.00 mgN/g.FW。

2.3.2 叶片过氧化物酶活性、自由水/束缚水、Fe、Cu、Zn微量元素含量分析 1992年4月16日、5月5日、5月31日、9月7日4次测定叶片过氧化物酶活性,结果表明,复硝钾处理能显著提高叶片内过氧化物酶活性,71/210、63/237的增值范围达到5.00~19.00 Δ D470/g.FW.min和3.00~9.00 Δ D470/g.FW.min。过氧化物酶活性的增加能减少体内 H_2O_2 等过氧化物存在,对解毒有利。

1992年6月17日、9月21日2次测定叶片自由水和束缚水含量,结果表明,复硝钾在不能显著增加蔗叶组织含水率情况下,能显著增加自由水含量,相应降低束缚水含量,即显著增大自由水/束缚水比值。71/210、63/237自由水/束缚水比值比对照增幅达65.55%~133.50%和62.32%~108.33%。

1992年5月19日、6月19日、10月2日3次测定叶片中Fe、Cu、Zn3种微量元素。分析表明,复硝钾在甘蔗生长分蘖期和伸长期均能不同程度提高叶片内Fe、Cu、Zn微量元素含量。71/210处理的Fe、Cu、Zn含量都比对照增加达差异显著水平。63/237的0.0004%复硝钾处理只有Fe、Cu含量比对照增加达差异显著水平,Zn未达到;0.0006%复硝钾处理则刚好相反。叶片中这3种微量元素的增加,进一步验证复硝钾使甘蔗根系吸收能力增强。

2.3.3 叶片酸性、中性转化酶活性和叶片可溶性总糖和还原糖量分析 1992年4月21日、5月27日、9月12日、11月19日、12月8日5次测定叶片中酸、中性转化酶活性,结果如图3,如图4示。复硝钾处理2个品种,在整个甘蔗生长期均能不同程度提高叶片内酸、中性转化酶活性。酸性转化酶活性,以提高前中期为显著,达到差异显著水平;对生长后期有一定提高但未达到差异显著水平。这种结果,能促进甘蔗前中期旺盛生长和保持后期有一定生势、不早衰(Hatch et al,1973)。中性转化酶活性,生长前期有一定提高,但未达到差异显著水平,生长后期则显著提高。这样能促进甘蔗后期糖分的早积累、多积累(Hatch et al, 1963)。

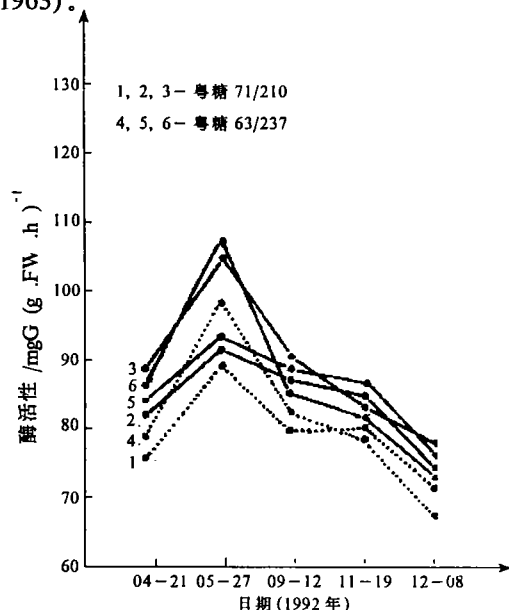


图3 叶片酸性转化酶活性曲线

1.对照;2.2.00 4% 复硝钾;复硝钾;3.0.000 6% 复硝钾;
4.对照;5.0.0004%复硝钾;6. 0.000 6% 复硝钾

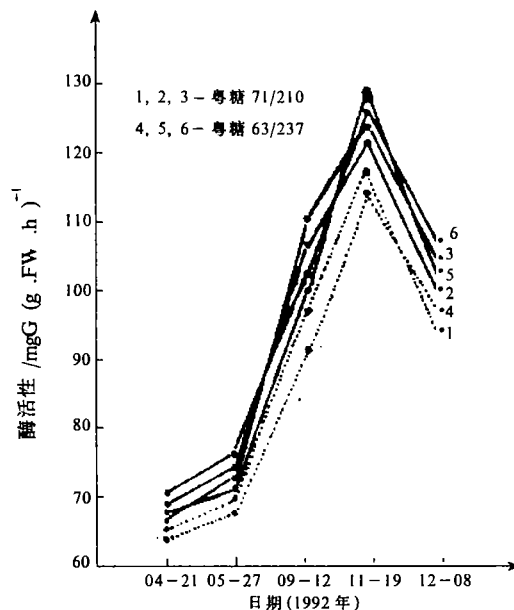


图4 叶片中性转化酶活性曲线

1.对照;2.0.000 4% 复硝钾;3.0.000 6% 复硝钾;
4.对照;5. 0.000 4% 复硝钾;6. 0.000 6% 复硝钾

1992 年 4 月 17 日、5 月 9 日、5 月 25 日、9 月 8 日、11 月 24 日 5 次测定叶片可溶性总糖和还原糖量。结果表明,各处理在甘蔗生长前期(前 3 次测定),均能提高叶片内还原糖量,且达差异显著水平,71/210 的增值为 $80 \sim 320 \mu\text{g/g.FW}$,增幅达 $25.00\% \sim 42.86\%$;63/237 的增值为 $80 \sim 440 \mu\text{g/g.FW}$,增幅达 $20.00\% \sim 33.33\%$ 。在生长后期(后两次测定),各处理却都显著降低叶片内还原糖量,71/210, 63/237 的降幅为 $14.47\% \sim 27.04\%$ 和 $17.48\% \sim 20.79\%$ 。可溶性总糖含量,各处理在整个生育期都比对照值高,且 t 测验达差异显著水平。71/210, 63/237 的增幅范围分别是 $28.51\% \sim 59.22\%$ 和 $23.48\% \sim 40.49\%$ 。

3 讨论

3.1 复硝钾对甘蔗地下部的影响,促进了根系生长,提高了根系吸收运转能力

复硝钾使甘蔗根量增多,提高了根系活力,提高了蔗株伤流量及有关伤流成分,说明复硝钾能促进根系生长,提高根系对地下氨基酸、可溶性糖、微量元素、水分等营养物质的吸收、运转,为构建高大的蔗株及为光合作用提供了更多的物质原料(苏广达等,1983);为以后形成合适的根冠比创造了条件;对后期抗倒伏也有利。

3.2 复硝钾对地上部的影响,使同化作用加强,有机物积累快而多

复硝钾改善了蔗叶叶绿体超微结构,增加了叶片叶绿素含量,这种结果,增大了光合膜面积,加快了光合作用的生理生化反应。同时,自由水/束缚水比值增大,为光合作用产物的及时运输提供了条件。这些正效应,使光合作用强度提高,同化产物增多,达到增产增糖。

3.3 复硝钾促进了甘蔗体内生理生化反应,协调了各种代谢关系,加强了体内代谢

复硝钾提高甘蔗生长前期叶片 RNA 及叶片内全氮量,促进体内氮代谢,为氨基酸、蛋白质、叶绿素等的合成,为叶绿体超微结构的改善,为光合作用强度增加提供了条件(Deckard, 1973)。

复硝钾提高叶片中 Fe, Cu, Zn 微量元素含量,使诱导叶绿体膜垛叠的二价阳离子增加,促进了叶绿素的更好合成以及叶绿体膜结构的改善(匡廷云等,1979);提供了多种酶合成所需的离子辅基,促进了多种酶的合成,协调了由这些酶所控制的生理生化反应,提高了甘蔗整体生理机能。

复硝钾提高叶片自由水/束缚水比值,为各种代谢反应提供了有利场所,为原生质中各种酶及代谢物质的移动,为同化产物向蔗茎顺利运转提供了条件,促进了蔗茎的伸长和糖分的积累。

3.4 复硝钾对甘蔗增产增糖机理概括

甘蔗是一个生命体,也是一个系统,是系统就有其特定的结构和功能,蔗株作为一个系统,其结构与功能是由其遗传内容所决定的。甘蔗要获得高产(高产量、高糖分),则要求有系统外部的高投入及系统内部的正常运转。甘蔗的外部投入即是从土壤中吸收各种养分和水分,从宇宙中利用光能,从大气中利用 O_2 、 CO_2 、水汽及其它物质。其内部正常运转即要求其根、茎、叶内部及根、茎、叶之间的生理生化过程达到协调统一。

复硝钾作为一外源物质加入甘蔗系统,导致这一系统最后产出的增加(增产增糖)。它的作用是促进了这一系统对外部资源的利用以及内部系统的功能改进和协调。

参 考 文 献

- 山东农学院. 1980. 植物生理学实验指导. 济南: 高等教育出版社, 159 ~ 161, 182 ~ 187, 200 ~ 203, 308 ~ 310

- 叶沃裕,谭中文.1992.甘蔗苗期叶面喷施复硝钾效果研究.甘蔗糖业,(2):18~21
- 李玉潜.1982.甘蔗.见:陈际翠主编.复硝钾植物生长调节剂.广州:广东科学技术出版社,60~61
- 匡廷云,张其德,郝迪斌,等.1979.阳离子强度与叶绿体膜结构关系.植物学报,5(1):99~107
- 苏广达,叶振帮,吴伯焯,等.1983.甘蔗栽培生物学.北京:轻工业出版社,65~95
- 陈伟栋,陈西凯.1985.甘蔗叶片转化酶与甘蔗进化生长和糖分积累关系.四川甘蔗,(3):27~36
- 陈际翠,袁极雅,黎碧珍.1989.复硝钾植物生长调节剂.广州:广东科学技术出版社,1~2,7~8
- 严国光,严衍录.1982.仪器分析原理及其在农业上的应用.北京:科学出版社,141~161
- 林国栋.1987.甘蔗硝酸还原酶活性及其与产量性状的关系.福建农学院学报,16(4):293~298
- 南京大学生物系.1979.生物化学实验.北京:人民教育出版社,125~127
- 赵增煜.1986.常用农业科学试验法.北京:农业出版社,52~59
- 蔡武城,袁厚积.1982.生物物质常用化学分析法.北京:科学出版社,8~9,89~92
- Deckard E L.1973. Nitrate Reductase Activity in Cron Leaves as Related to Yield of Grain and Grain protein.Crop Science,13(3): 343~350
- Hatch M D, Glaszion K T.1963.Sugar Accumulation Cycle in Sugar Cane I. Studies on Enzyme of the Cycle.Plant Physiol, 38(3): 338~343
- Hatch M D, Glaszion K T. 1963. Sugar Accumulation Cycle in Sugar Cane II .Relationship of Invertase Activity to Sugar Content and Growth Rate in Storage Tissue of Plant Growth in Controlled Environment. Plant Physiol, 38(3): 344~348

STUDIES ON THE MECHANISM OF INCREASING YIELD AND SUCROSE CONTENT OF CANE BY THE APPLICATION OF 2% CNKAA IN SUGARCANE (*Saccharum officinarum* L.)

Gan Xiaowei Su Guangda Li Yuqian

(Dept. of Agronomy, South China Agr. Univ., 510642, Guangzhou)

Abstract The mechanism of increasing yield and sucrose content of cane by application of the Nitropotassium Aqueous Agent (2% CNKAA) in Sugarcane was studied by means of pot experiments with two sugarcane varieties, Yutang 71/210 and Yutang 63/237. The method of the application of CNKAA included seed soaking, root application and foliage spray with 0.000 4% or 0.000 6% solution. The experimental results showed that CNKAA could promote the germination rate of seed cane, improve the capacity of root absorption and root transportation, and increase the photosynthesis rate of leaves. It could coordinate the process of internal physiology and chemical reaction, regulate the internal metabolism, and promote the cane growth and sucrose accumulation. The final results indicated that CNKAA could increase the numbers of cane stalk per area and the weight per cane stalk. So, It could increase the cane yield and the sucrose content of cane, decrease the reducing sucrose content of juice and improve the juice quality.

Key words Sugarcane; CNKAA; High yield; High sucrose content; Mechanism