

文章编号: 1001-411X(2002)03-0049-03

甘蔗产量、糖分与叶片酶和激素的关系

罗明珠, 梁计南, 李玉潜, 谭中文, 陈培寿

(华南农业大学甘蔗研究室, 广东 广州 510642)

摘要: 采用 3 种施肥处理, 研究了甘蔗产量、糖分与叶片酶的活性和激素含量的关系. 在甘蔗生长过程中各处理间各类生理性状存在不同程度的差异, 但以分蘖期和成熟期差异明显. 在分蘖期, 高产高糖的处理 1 的吲哚乙酸(IAA)、赤霉素(GA_{1/3})含量、酸性转化酶活性(AIA)、硝酸还原酶活性(NRA)较高, 脱落酸(ABA)、细胞分裂素(ZRs)含量较低; 在成熟期, IAA、GA_{1/3}、ABA、ZRs 含量较高, AIA、NRA 较低. 不同处理的各类生理性状在整个生育期都有一定的变化趋势. 在分蘖期—伸长期, IAA、GA_{1/3}是逐渐上升的, ABA 略有上升, 而 ZRs 是逐渐下降的, AIA、NRA 都上升; 在伸长期—成熟期, 4 种激素都是逐渐上升, AIA、NRA 都逐渐下降. 此外, 叶片酶活性与激素含量之间也有一定的关系.

关键词: 甘蔗; 施肥; 酶活性; 激素

中图分类号: Q945; S566.1

文献标识码: A

甘蔗产量和糖分的形成过程与叶片的内源激素、酶活性等有关. 关于酸性转化酶活性^[1]、硝酸还原酶活性^[2]、外源激素^[3]与产量、糖分的关系均有不少报道, 但对甘蔗内源激素的研究颇少, 大部分只是局限于外源激素的研究, 即生长调节剂如何影响甘蔗生长、产量以及蔗糖分. 研究表明, 施用乙烯利、草甘膦、增甘膦, 甘蔗糖分升高, 蔗汁品质改善^[4~5]. 由此看来, 叶片激素含量、酶的活性都与产量、糖分有一定关系, 叶片激素含量、酶的活性相互之间也有某种关系. 已有人研究过其中两者之间的关系, 但很少从三者的关系去探索其内在联系. 本研究是在李玉潜等^[6]建立的 3 种施肥模式的基础上, 研究不同施肥处理下甘蔗叶片酶活性和激素含量的变化, 并探讨其对蔗茎产量及蔗汁蔗糖分的影响, 为甘蔗优化施肥模式应用提供生理生化依据, 也为甘蔗栽培生理提供更充实的理论基础.

1 材料与方法

试验在华南农业大学农学分场进行. 供试品种为 ROC10. 设 3 种施肥处理(kg/hm²)^[6]: 1. 尿素 825 + 过磷酸钙 645 + 氯化钾 450, 高产高糖处理; 2. 尿素 1110 + 过磷酸钙 465 + 氯化钾 465, 高产中糖处理; 3. 尿素 900 + 过磷酸钙 750 + 氯化钾 345, 低产低糖处理. 施肥方法为: 1/2 尿素和全部磷、钾肥作基肥, 1/2 尿素在大培土时作追肥. 3 次重复, 随机区组设计, 小区面积 33.3 m² (行长 7 m, 行距 1.1 m, 4 行), 每小区下种 200 双芽苗.

分别在分蘖期、伸长期、成熟期, 于上午 8:00 ~

9:00, 每小区随机剪取 +1 叶 10 片, 洗净抹干, 除去中脉, 测定吲哚乙酸(IAA)含量、细胞分裂素(ZRs)含量、赤霉素(GA_{1/3})含量、脱落酸(ABA)含量以及硝酸还原酶活性(NRA)和酸性转化酶活性(AIA). 激素含量采用酶联免疫吸附测定^[7]. 在成熟期测定蔗茎产量和蔗汁蔗糖分.

2 结果与分析

2.1 不同处理的蔗茎产量和蔗汁蔗糖分

3 种处理的蔗茎产量分别为 131.1、133.5、97.2 t/hm², 处理 1 和 2 的产量显著高于处理 3 ($F=5.88 > F_{0.05}=3.982$); 处理 1 的糖分最高 ($w=17.65\%$), 处理 1 和处理 2 ($w=17.39\%$) 的糖分显著高于处理 3 ($w=16.69\%$) ($F=9.15 > F_{0.05}=3.982$). 这与李玉潜^[8]的研究结果的趋势完全一致, 说明施肥处理的稳定性较强, 为以下的分析和讨论提供了依据.

2.2 不同处理的叶片内源激素含量和酶活性

从图 1a~d 可以看出, 不同施肥处理叶片内源激素在整个生育期变化趋势是一致的, 但施肥处理不同, 各时期叶片内源激素含量有差异. 在分蘖期—伸长期—成熟期, 甘蔗叶片 IAA、GA_{1/3}、ABA 含量随株龄增长呈上升的趋势, 而叶片 ZRs 含量先下降而后上升. 在分蘖期, 叶片 IAA、GA_{1/3}含量顺序为: 处理 2 > 处理 1 > 处理 3; 叶片 ZRs、ABA 含量顺序为: 处理 3 > 处理 1 > 处理 2. 在成熟期, 叶片 IAA、GA_{1/3}、ABA、ZRs 含量顺序均为: 处理 1 > 处理 2 > 处理 3.

从图 1e、f 可以看出, 不同施肥处理 AIA、NRA 在分蘖期—伸长期—成熟期变化趋势一致, 都是先上

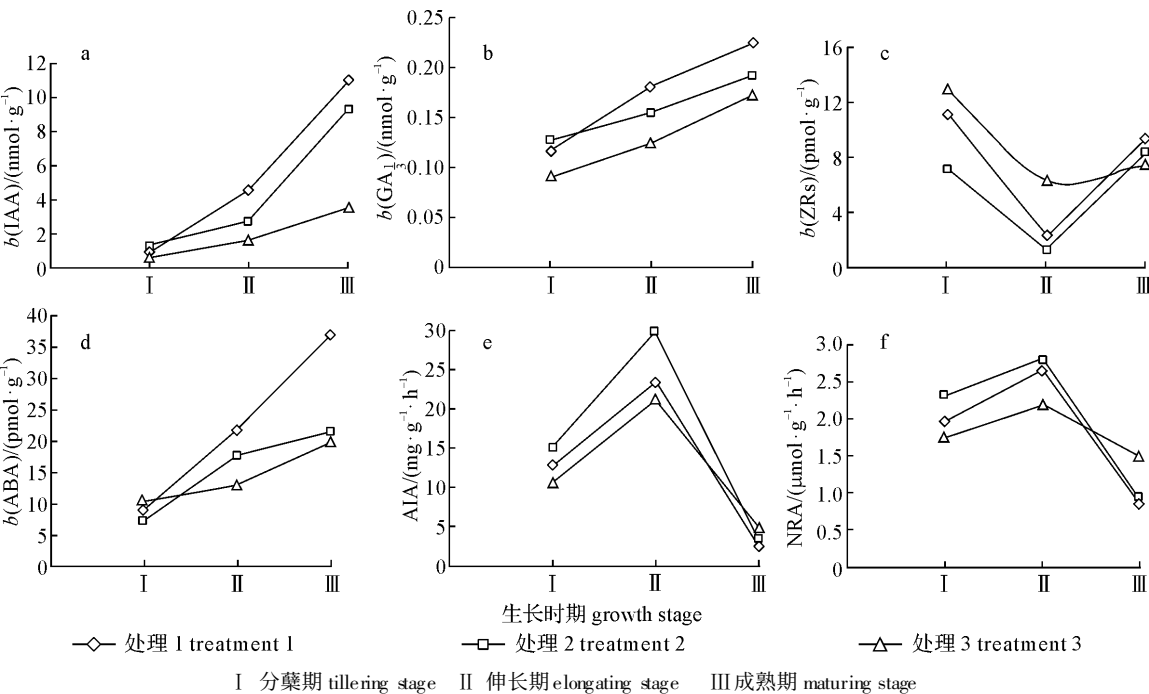


图 1 不同生长时期甘蔗叶片内源激素含量和酶活性
I 分蘖期 tillering stage II 伸长期 elongating stage III 成熟期 maturing stage

Fig. 1 Endogenous hormones contents and enzyme activities of sugarcane leaves during different growth stages

升而后下降,具有明显的季节性变化,这与前人^[8]的研究结果相同.在分蘖期,叶片 AIA、NRA 的顺序为:处理 2>处理 1>处理 3;在成熟期,叶片 AIA、NRA 的顺序为:处理 3>处理 2>处理 1.

2.3 叶片内源激素含量和酶活性与产量、糖分的关系

分别分析分蘖期和成熟期叶片 IAA、GA_{1/3}、ABA、ZR_s 含量与产量和糖分的相关关系.结果表明:分蘖期叶片 IAA、GA_{1/3}、ABA、ZR_s 含量与产量的相关系数分别为 0.991、0.857、-0.770 和 -0.797,达到极显著或显著水平;成熟期叶片 IAA、GA_{1/3}、ABA、ZR_s 含量与糖分呈正相关,IAA 含量与蔗汁蔗糖分的相关系数为 0.934,达到极显著水平;而 GA_{1/3}、ABA、ZR_s 含量与蔗汁蔗糖分关系不明显.可见,在分蘖期,叶片含 IAA、GA_{1/3} 越高,蔗茎产量越高;叶片含 ABA、ZR_s 越高,蔗茎产量越低.在成熟期,叶片 IAA、GA_{1/3}、ABA、ZR_s 含量越高,蔗汁蔗糖分越高,主要是叶片 IAA 含量影响甘蔗糖分的积累.

分析分蘖期和成熟期叶片 NRA 和 AIA 与产量和糖分的相关关系.结果表明:NRA 和 AIA 与产量的相关系数分别为 0.733 和 0.845,达到显著或极显著水平,表明分蘖期叶片 NRA 和 AIA 越大,蔗茎产量越高;叶片的 NRA 和 AIA 与糖分的相关系数分别为 -0.849 和 -0.785,达到显著水平,表明成熟期叶片的 NRA 和 AIA 值越大,蔗汁蔗糖分越低.

2.4 叶片内源激素含量与酶活性的关系

分别计算各激素含量与各种酶活性之间的相关

系数.结果表明,IAA 含量与 NRA 和 AIA 的相关系数,在分蘖期分别为 0.608 和 0.868,在成熟期分别为 -0.950 和 -0.914;GA_{1/3} 含量与 NRA 和 AIA 的相关系数,在分蘖期分别为 0.749 和 0.617,在成熟期分别为 -0.410 和 -0.461;ZR_s 含量与 NRA 和 AIA 的相关系数,在分蘖期分别为 -0.689 和 -0.635,在成熟期分别为 -0.375 和 -0.294;ABA 含量与 NRA 和 AIA 的相关系数,在分蘖期分别为 -0.790 和 -0.929,而在成熟期分别为 -0.545 和 -0.696.

3 结论与讨论

3.1 不同处理甘蔗叶片内源激素含量与产量形成和糖分积累

试验结果表明,在分蘖期—伸长期,IAA、GA_{1/3} 是逐渐上升的,ABA 略有上升,而 ZR_s 是逐渐下降的.因为在此阶段,正是分蘖大量发生,植株正处于伸长、增粗、长茎的阶段,IAA 一方面可直接促进细胞生长,另一方面又可增强酸性转化酶活性,有利于蔗糖分解,对植株生长有利.GA_{1/3} 逐渐升高,也利于植株生长.而 ABA 只略显上升,但 IAA、GA_{1/3} 的上升抵抗了 ABA 促进衰老的作用.ZR_s 主要是促进细胞分裂,ZR_s 逐渐下降,细胞分裂能力减弱,有利于细胞伸长.在此阶段,高产高糖的处理 1 中 IAA、GA_{1/3} 含量较高,ABA、ZR_s 含量较低,利于植株伸长、增粗.

在伸长期—成熟期,4 种激素都是逐渐上升.在此期间,有可能 IAA 浓度太高,抑制生长,而有利于糖分积累;Husain 等^[9]曾对甜菜施用 NAA (IAA 的类

似物), 认为糖含量的增加可能是由于 NAA 刺激了光合器官所致. 在成熟期, IAA 上升, 刺激了光合器官而导致糖分增加. 而赤霉素对蔗糖的生物合成具有刺激作用, GA_{1/3}逐渐上升, 有利于糖分积累. ABA 的增加抑制了蔗茎的生长, 有利于成熟. ZRs 有延缓叶片衰老的功能, 它的增加可以保证成熟期叶片的光合作用. 此阶段, 高产高糖的处理 1 中 IAA、GA_{1/3}、ABA、ZRs 含量比低产低糖的处理 3 都高, 因而导致处理 1 的糖分高于处理 3.

3.2 不同处理甘蔗叶片酶活性与产量形成和糖分积累

本试验处理 1 在分蘖期叶片 AIA 较高, 在成熟期较低, 处理 3 则反之. 从分蘖期一伸长期, AIA 上升, 有利于将蔗糖转化为可溶性单糖, 利于植株生长. AIA 较高, 转化为可溶性单糖就较多, 对植株生长和产量形成越有利. 伸长期以后, AIA 下降, 有利于糖分积累.

硝酸还原酶(NR)是植物代谢中十分重要的一个酶, 对氮素反应敏感, 是氮素同化的关键酶. 本试验结果表明, 处理 1 在分蘖期叶片 NRA 较高, 在成熟期较低, 而处理 3 刚好相反, 在分蘖期 NRA 较低, 在成熟期较高. 在分蘖期一伸长期, NRA 逐渐升高, 促进了植株内的生理生化代谢过程, 有利于氮素的同化作用. 分蘖期 NRA 越高, 越有利于氮素的同化作用, 对产量形成越有利. 在伸长期—成熟期, NRA 下降, 叶片含 N 量也减少, 含糖量也随之上升. 那么成熟期 NRA 越低, 叶片含 N 量也越少, 含糖量就越高.

3.3 甘蔗叶片内源激素含量与酶活性的关系

试验表明, 甘蔗叶片内源激素含量和酶活性都会影响到产量和糖分的高低, 同时, 内源激素含量和酶活性又相互影响和制约. 在分蘖期, AIA、NRA 越高, IAA、GA_{1/3}也越高, 而 ABA、ZRs 越低; 在成熟期, AIA、NRA 越高, IAA 则越低, 而对其他激素含量影响不明显.

参考文献:

[1] 陈伟栋, 陈西凯. 甘蔗叶片转化酶与甘蔗进化, 生长和糖分积累的关系[J]. 四川甘蔗科技, 1985, (3): 27—32.
[2] 林国栋. 甘蔗硝酸还原酶活性及其与产量性状的关系[J]. 福建农学院学报, 1987, 16(4): 293—298.
[3] 苏广达, 叶振邦, 吴伯铨, 等. 甘蔗栽培生物学[M]. 北京: 轻工业出版社, 1983. 271—273.
[4] 林炎坤, 李杨瑞, 叶燕萍. 三种生长调节剂对甘蔗生长和蔗糖分积累的影响[J]. 广西农学院学报, 1990, 9(4): 35—43.
[5] TRAUB D. Plant growth regulators which imitating natural plant hormones[J]. World Farming, 1981, 23(6): 33—34.
[6] 李玉潜, 陈伟栋, 谭中文, 等. 甘蔗施肥技术系统优化研究[J]. 华南农业大学学报, 1994, 15(3): 111—117.
[7] 吴颂如, 陈婉芬, 周 燮. 酶联免疫法[ELISA]测定内源植物激素[J]. 植物生理学通讯, 1988, (5): 53—57.
[8] MADAN V K, SINGH K, PANDA H P, et al. Foliar enzymes of sugarcane[J]. Intl Sugar J, 1981, 990(83): 163.
[9] HUSAIN Z, BANU L A, FATTAH Q A, et al. Effect of NAA on yield and sugar content of sugarbeet[J]. Indian J Agric Sci, 1980, 50(7): 569—571.

The Relationship Among Yield, Sugar Content and Activities of Enzymes and Hormone Contents in Leaves of Sugarcane

LUO Ming-zhu, LIANG Ji-nan, LI Yu-qian, TAN Zhong-wen, CHEN Pei-shou
(Sugarcane Res. Center, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: An experiment was conducted on the relationship among yield, sugar content and enzyme activities and hormone contents in leaves of sugarcane under different fertilizations. The results showed that the physiological characters were different among treatments during different growth stages, the difference were obvious especially in tillering and maturing stage. In tillering stage, IAA, GA_{1/3} contents and AIA, NRA were comparatively higher, while the contents of ABA and ZRs were relatively lower. In maturing stage, the contents of IAA, GA_{1/3}, ABA and ZRs were fairly higher, while AIA and NRA were relatively lower. During tillering—elongating stage, IAA and GA_{1/3} contents increased gradually, ABA content rose a little, while the content of ZRs were decreasing; AIA and NRA were increasing in the mean time. During elongating—maturing stage, the contents of all the four hormones rose gradually, while AIA and NRA descended progressively. Besides, there was a relationship between the activities of enzymes and contents of hormones.

Key words: sugarcane; fertilization; enzyme activity; hormone