

红壤旱地不同品种甘蔗干物质积累与养分效率分析

韦冬萍¹, 韦剑锋^{2*}, 胡桂娟¹, 罗小芬², 马 纪², 邓冬梅², 吴炫柯³, 韦春露¹

1. 柳州工学院, 广西柳州 545616; 2. 广西科技大学, 广西柳州 545006; 3. 柳州市农业气象试验站, 广西柳州 545005

摘 要: 甘蔗 (*Saccharum hybrids* spp.) 是广西重要的糖料作物和经济作物。了解和掌握甘蔗养分需求特性, 是促进甘蔗高产、优质及高效栽培的重要基础。近年我国甘蔗新品种选育和推广迅速, 为促进甘蔗新品种高效栽培, 结合广西甘蔗新品种推广种植情况, 在当地甘蔗主产区红壤旱地, 采用田间试验, 分析桂糖 44 号、桂糖 49 号、桂糖 55 号、桂糖 58 号及粤糖 00-236 新植蔗和宿根蔗干物质积累、养分积累及养分效率。结果表明: 各品种 2 a 宿根蔗干物质积累量均明显多于新植蔗和 1 a 宿根蔗; 三季甘蔗茎和全株干物质的积累量总量均以桂糖 58 号最多, 分别为 66 946、96 785 kg/hm², 较其余品种分别增加 6.48%~19.01%、2.57%~25.06%, 其次是粤糖 00-236, 而桂糖 49 号最少; 各品种 2 a 宿根蔗 N、P 及 K 积累量均明显多于新植蔗和 1 a 宿根蔗; 各品种不同作物季 N、P 及 K 积累量分别为 99.81~212.18、11.04~27.01、150.09~400.29 kg/hm², 其中三季的累积量均以桂糖 58 号最多, 分别较其余品种增加 5.16%~20.75%、4.38%~31.85%、6.29%~21.45%, 而桂糖 49 号均最少; 各品种不同作物季每生产 1 t 蔗茎需 N、P 及 K 分别为 1.66~2.59、0.19~0.30、2.76~3.76 kg, 其中三季均以桂糖 44 号和桂糖 55 号较多, 而桂糖 49 号较少; 三季甘蔗 N、P 及 K 经济效益率均以桂糖 49 号较高, 生理效率均以粤糖 00-236 较高。可见, 桂糖 58 的生物产量性状较好, 桂糖 49 号、粤糖 00-236 养分效率较高。

关键词: 甘蔗; 干物质; 氮; 磷; 钾

中图分类号: S566.1 文献标志码: A

Comparative Analysis of Dry Matter Accumulation and Nutrients Efficiency in Different Sugarcane Varieties in Red Upland Soil

WEI Dongping¹, WEI Jianfeng^{2*}, HU Guijuan¹, LUO Xiaofen², MA Ji², DENG Dongmei², WU Xuanke³, WEI Chunlu¹

1. Liuzhou Institute of Technology, Liuzhou, Guangxi 545616, China; 2. Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou, Guangxi 545006, China; 3. Liuzhou Agricultural Meteorological Experimental Station, Liuzhou, Guangxi 545005, China

Abstract: Sugarcane (*Saccharum hybrids* spp.) is an important sugar crop and cash crop in Guangxi. Revealing the characteristics of sugarcane nutrient requirements is an important foundation for promoting high yield, high quality and efficient cultivation of sugarcane. In recent years, the selection and application of new sugarcane varieties in China have been rapid. A field experiment was conducted in the main sugarcane producing areas of Guangxi on red upland soil to promote the efficient cultivation of new sugarcane varieties. The dry matter accumulation, nutrient accumulation, and nutrient efficiency of GT44, GT49, GT55, GT58 and YT00-236 in both plant and ratoon crops were analyzed. The results showed that the dry matter accumulation in the 2nd ratoon crop of the five varieties was significantly higher than that in the plant and 1st ratoon crops. The accumulated amount of stalk dry matter and whole crop dry matter in three crops were the highest in GT58, reaching 66 946 kg/hm² and 96 785 kg/hm², respectively, which was 6.48%~19.01% and 2.57%~25.06% more than that in the other varieties, followed by YT 00-236, and the least in GT 49. The accumulation of N, P and K in the 2nd ratoon crop was significantly higher than that in the plant and 1st ratoon crops for all the varieties.

收稿日期 2025-01-10; 接受日期 2025-02-26

基金项目 广西自然科学基金项目 (No. 2020GXNSFAA297015, No. 2023GXNSFAA026450); 广西糖资源绿色加工重点实验室开放课题 (No. GXTZYKF202201)。

作者简介 韦冬萍 (1982—), 女, 硕士, 副研究员, 研究方向: 作物营养与生理生态。*通信作者 (Corresponding author): 韦剑锋 (WEI Jianfeng), E-mail: jianfengwei@163.com。

ies. In different crops, the accumulation of N, P and K in the five varieties was 99.81–212.18, 11.04–27.01, 150.09–400.29 kg/hm², respectively. The accumulated amount of N, P and K in the three crops was the highest in GT58, which increased by 5.16%–20.75%, 4.38%–31.85% and 6.29%–21.45%, respectively, compared with the other varieties, and that in GT49 was the lowest. The N, P, K requirement of a ton cane in different crops for the five varieties was 1.66–2.59, 0.19–0.30 and 2.76–3.76 kg, respectively, but GT44 and GT55 had more requirements while GT49 had less requirements. The economic efficiency of nitrogen, phosphorus and potassium in the three crops was higher in GT49, and the physiological efficiency of nitrogen, phosphorus and potassium was higher in YT00-236. In conclusion, the biological production of GT58 is better, and the nutrient efficiency of GT49 and YT0026 is higher.

Keywords: sugarcane; dry matter; nitrogen; phosphorus; potassium

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2025.07.015

甘蔗 (*Saccharum hybrids* spp.) 是我国主要的糖料作物和经济作物, 广西是我国糖料蔗种植面积最大的省区, 发展糖料蔗种植对广西经济发展和农民增收有着极其重要的作用^[1-2]。甘蔗品种是甘蔗糖业发展的重要基础, 因地制宜选择合适的优良品种种植是甘蔗糖业可持续发展的关键^[1]。近年来, 我国甘蔗育种取得了很大进步, 选育出粤糖、桂糖、桂柳及云蔗等系列性状良好的品种, 但甘蔗品种的区域适应性较强, 生长表现与气候条件、土壤条件及栽培措施等多种因素密切相关, 因此不同品种在同一蔗区或同一品种在不同蔗区的产量差异较大^[1, 3-6], 同一品种在相同蔗区不同作物季或不同降雨条件下的蔗茎产量或生物产量有的相差 1~2 倍以上^[2, 4-7]。甘蔗属于高光效的 C₄ 植物, 具有生长快、生长周期长及生物产量高等特点, 整个生育期需从土壤中吸收大量的养分^[2, 8-9]。氮、磷、钾养分是甘蔗产量和品质形成的重要基础, 但不同品种甘蔗对养分的吸收与利用差异较大, 不同栽培条件下积累氮、磷、钾变幅也大, 有的相差 2~3 倍或甚至更多^[2, 8-12]。同一品种在不同作物季吸收积累氮、磷、钾也存在差异, 有的表现为新植季明显多于宿根季, 有的表现为宿根季多于新植季, 具体因甘蔗长势而异^[2, 11, 13-15]。了解和掌握甘蔗养分需求规律, 是调控甘蔗科学施肥和提高养分效率的重要前提和基础, 对促进甘蔗高产、优质及高效栽培有重要意义^[2, 9-11, 16]。为此, 笔者结合广西甘蔗主产区甘蔗品种推广和替代情况, 对当地新种植的 5 个甘蔗品种一季新植和两季宿根的干物质积累、养分积累及养分效率进行分析, 进一步了解甘蔗养分需求特点, 为当地甘蔗高效栽培提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

在自然降雨条件下, 试验于 2021 年 3 月—

2023 年 12 月在广西柳州市柳东新区“双高”糖料蔗基地进行。试验地为红壤, 0~20、20~40 cm 土层 pH 分别为 4.29、4.64, 有机质分别为 19.06、14.74 g/kg, 全氮分别为 0.92、0.73 g/kg, 全磷分别为 1.19、0.81 g/kg, 全钾分别为 4.49、4.04 g/kg, 碱解氮分别为 89.60、59.33 mg/kg, 速效磷分别为 87.93、46.65 mg/kg, 速效钾分别为 239.00、126.50 mg/kg, 已连续种植甘蔗 35 a。化肥为甘蔗药肥 (含噻虫胺、N、P₂O₅、K₂O 分别为 0.6、170、60、120 g/kg, 广西田园生化股份有限公司) 和氯化钾 (含 K₂O 为 600 g/kg, 青海盐湖工业股份有限公司)。

供试甘蔗为当地新推广品种桂糖 44 号、桂糖 49 号、桂糖 55 号、桂糖 58 号及粤糖 00-236, 分别编号为 GT44、GT49、GT55、GT58、GT44、YT00-236, 每品种种植 8 行, 行距 1.0 m, 行长 40 m, 重复 3 次。

1.2 方法

按当地蔗农生产方式, 播种前用拖拉机牵引四铧犁翻土深 30 cm, 用旋耕机旋耕碎土深 25 cm, 用开沟犁开种植沟。2021 年 3 月中旬砍收上年种植的春植蔗整条作为种茎, 人工摆种, 下种量 1 t/hm², 约为 12 万芽/hm², 摆种后人工用小锄在行沟内砍种 2~3 芽/段, 施甘蔗药肥 375 kg/hm², 覆土厚度约 5 cm。2021 年 5 月 30 日, 新植蔗用机械施甘蔗药肥 1500 kg/hm² 和氯化钾 200 kg/hm², 并培土覆盖。后续宿根蔗于当年 4 月 30 日用机械破垄、施甘蔗药肥 1875 kg/hm² 和氯化钾 200 kg/hm², 并培土覆盖。每季甘蔗收获后全田焚烧蔗叶。蔗地杂草和病虫采用机械喷洒药剂防治。

在甘蔗工艺成熟期 (2021 年 12 月 25 日、2022 年 12 月 10 日、2023 年 12 月 5 日) 调查新植蔗、宿根蔗茎数和蔗茎产量; 同时每处理连续取 6 株

蔗叶附着完整的甘蔗，在基部周围 15 cm、深至地下种茎处连同土壤挖出，然后冲洗干净，分根、茎及叶烘干，计算单位面积干物质积累量平均值，按 NY/T 2017—2011^[17]测全氮（N）、全磷（P）及全钾（K）含量，计算单位面积 N、P、K 积累量平均值。干物质积累量=干物质积累量(g/株)×茎数/1000；N、P 或 K 积累量=N、P 或 K 含量×干物质积累量/100；N、P 或 K 经济效率=茎干物质积累量/甘蔗 N、P 或 K 积累总量；N、P 或 K 生理效率=甘蔗干物质积累总量/甘蔗 N、P 或 K 积累总量；每生产 1 t 蔗茎 N、P 或 K 需求量=N、P 或 K 积累总量/蔗茎产量。

1.3 数据处理

采用 Excel 2010 及 SPSS 19.0 软件进行数据处理与统计分析，采用 Duncan 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 甘蔗干物质积累与分配

表 1 显示，各品种甘蔗干物质积累量均以 2 a 宿根的最高，其中茎干物质积累量和干物质积累总量分别是新植的 1.58 倍、1.51 倍以上，是 1 a

宿根的 1.69 倍、1.67 倍以上。新植季，各器官干物质积累量均以 GT58 最高，其中茎干物质积累量和干物质积累总量显著高于其余品种，其次是 YT00-236。1 a 宿根季，GT58 根、茎干物质积累量较 YT00-236 增加，叶干物质积累量和干物质积累总量较 YT00-236 减少，但二者茎、叶干物质积累量和干物质积累总量显著高于其余品种。2 a 宿根季，GT58 茎干物质积累量和干物质积累总量较其余品种增加，其中茎干物质积累量显著高于 GT49；GT58 根干物质积累量与 GT44 差异不显著，但二者显著高于 GT49、GT55；GT58 叶干物质积累量显著低于 YT00-236，但显著高于 GT49、GT55。三季甘蔗茎和全株干物质积累量总量均以 GT58 最多，分别为 66 946、96 785 kg/hm²，较其余品种增加 6.48%~19.01%、2.57%~25.06%，其次是 YT00-236，而 GT49 最少；三季甘蔗叶干物质积累量总量以 YT00-236 最多，较其余品种增加 6.04%~50.19%，其次为 GT58，而 GT49 最少。三季甘蔗干物质在茎、叶的分配率分别为 64.62%~73.33%、25.36%~34.04%，分别以 GT49、YT00-236 最多。可见 GT58 生物产量较高，GT49 生物产量较低。

表 1 不同品种甘蔗干物质积累与分配
Tab. 1 Dry matter accumulation and distribution in different sugarcane varieties

作物 Crop	品种 Variety	积累量 Accumulation amount/(kg·hm ⁻²)				分配率 Distribution rate/%		
		根 Root	茎 Stalk	叶 Leaf	全株 Whole crop	根 Root	茎 Stalk	叶 Leaf
新植	GT44	372.14 ^{ab}	15 724.09 ^c	7456.93 ^b	23 553.16 ^c	1.58 ^a	66.76 ^{bc}	31.66 ^b
	GT49	292.97 ^c	16 358.33 ^{bc}	6237.08 ^c	22 888.38 ^c	1.28 ^b	71.47 ^a	27.25 ^c
	GT55	275.00 ^c	15 810.11 ^c	6455.68 ^c	22 540.79 ^c	1.22 ^c	70.14 ^{ab}	28.64 ^c
	GT58	384.28 ^a	19 162.66 ^a	8918.09 ^a	28 465.03 ^a	1.35 ^b	67.32 ^{bc}	31.33 ^b
	YT00-236	351.04 ^b	16 928.60 ^b	8917.51 ^a	26 197.15 ^b	1.34 ^b	64.62 ^c	34.04 ^a
1 a 宿根	GT44	357.01 ^a	14 506.42 ^b	6261.40 ^c	21 124.83 ^b	1.69 ^a	68.67 ^{bc}	29.64 ^b
	GT49	241.42 ^b	13 513.76 ^c	4673.52 ^c	18 428.70 ^c	1.31 ^b	73.33 ^a	25.36 ^c
	GT55	230.11 ^b	13 848.65 ^{bc}	5096.89 ^d	19 175.65 ^c	1.20 ^c	72.22 ^{ab}	26.58 ^c
	GT58	352.40 ^a	17 398.58 ^a	7420.57 ^b	25 171.55 ^a	1.40 ^b	69.12 ^{bc}	29.48 ^b
	YT00-236	347.18 ^a	17 019.68 ^a	8161.38 ^a	25 528.24 ^a	1.36 ^b	66.67 ^c	31.97 ^a
2 a 宿根	GT44	701.52 ^a	29 438.66 ^{ab}	11 867.04 ^b	42 007.22 ^a	1.67 ^a	70.08 ^{ab}	28.25 ^b
	GT49	533.92 ^d	26 382.16 ^c	9159.62 ^d	36 075.70 ^b	1.48 ^{bc}	73.13 ^a	25.39 ^c
	GT55	586.51 ^c	29 519.80 ^{ab}	11 197.45 ^c	41 303.76 ^a	1.42 ^c	71.47 ^a	27.11 ^b
	GT58	677.43 ^{ab}	30 385.15 ^a	12 085.89 ^b	43 148.47 ^a	1.57 ^{ab}	70.42 ^{ab}	28.01 ^b
	YT00-236	648.08 ^b	28 924.70 ^b	13 063.87 ^a	42 636.65 ^a	1.52 ^b	67.84 ^b	30.64 ^a

注：同列同一作物不同小写字母表示差异显著（P<0.05）。
Note: Different lowercase letters in the same column for the same crop indicate significant difference (P<0.05).

2.2 甘蔗养分积累与分配

表 2 显示, 各品种三季甘蔗 N 积累总量为 99.81~212.18 kg/hm², 但均以 2 a 宿根的最高, 分别是新植和 1 a 宿根的 1.31 倍、1.67 倍以上。新植季, GT58 茎、叶 N 积累量和 N 积累总量较其余品种显著增加, 而 GT49、YT00-236 积累总量较少; GT58 根 N 积累量显著低于 GT44, 但显著高于其余品种。1 a 宿根季, GT58 茎 N 积累量和 N 积累总量较其余品种显著增加, 而 GT49 最少; GT58 根 N 积累量显著低于 GT44, 但显著高于 GT49、GT55; GT58 叶 N 积累量显著低于 YT00-236, 但显著高于 GT49、GT55。2 a 宿根季,

GT58 叶 N 积累量和 N 积累总量较其余品种增加, 与 GT49、YT00-236 差异均达显著水平, 而 GT49 显著较少; GT58 根、茎 N 积累量与 GT44 差异不显著, 但二者均显著高于 GT49、YT00-236。三季甘蔗茎、叶、全株 N 积累量总量均以 GT58 最多, 其全株积累量总量为 500.63 kg/hm², 较其余品种增加 5.16%~20.75%, 其次是 GT44, 而 GT49 最少。三季甘蔗 N 在茎、叶的分配率分别为 61.04%~69.23%、29.24%~37.30%, 分别以 GT49、YT00-236 最多, 二者的差异均达显著水平。可见 GT58 吸收积累 N 较多, GT49 吸收积累 N 较少。

表 2 不同品种甘蔗养分积累与分配
Tab. 2 Nutrient accumulation and distribution in different sugarcane varieties

养分 Nutrient	作物 Crop	品种 Variety	积累量 Accumulation amount/(kg·hm ⁻²)				分配率 Distribution rate/%		
			根 Root	茎 Stalk	叶 Leaf	全株 Whole crop	根 Root	茎 Stalk	叶 Leaf
N	新植	GT44	2.76 ^a	95.32 ^b	47.98 ^b	146.06 ^b	1.89 ^a	65.26 ^{ab}	32.85 ^{ab}
		GT49	1.97 ^d	91.51 ^{bc}	41.25 ^c	134.73 ^c	1.46 ^c	67.92 ^a	30.62 ^c
		GT55	1.97 ^d	97.77 ^b	46.21 ^b	145.95 ^b	1.35 ^d	66.99 ^{ab}	31.66 ^{bc}
		GT58	2.55 ^b	106.18 ^a	52.74 ^a	161.47 ^a	1.58 ^b	65.76 ^{ab}	32.66 ^{ab}
		YT00-236	2.17 ^c	87.52 ^c	46.91 ^b	136.60 ^c	1.59 ^b	64.07 ^b	34.34 ^a
	1 a 宿根	GT44	2.23 ^a	81.04 ^b	37.03 ^b	120.30 ^b	1.85 ^a	67.36 ^{ab}	30.79 ^b
		GT49	1.53 ^d	69.10 ^c	29.18 ^d	99.81 ^c	1.53 ^b	69.23 ^a	29.24 ^b
		GT55	1.68 ^c	76.25 ^b	32.86 ^c	110.79 ^c	1.52 ^b	68.82 ^a	29.66 ^b
		GT58	1.98 ^b	86.18 ^a	38.82 ^b	126.98 ^a	1.56 ^b	67.87 ^{ab}	30.57 ^b
		YT00-236	1.97 ^b	78.80 ^b	40.84 ^a	121.61 ^b	1.62 ^b	64.80 ^b	33.58 ^a
	2 a 宿根	GT44	3.94 ^a	130.51 ^a	75.27 ^{ab}	209.72 ^a	1.88 ^a	62.23 ^b	35.89 ^{ab}
		GT49	2.84 ^c	118.36 ^b	58.84 ^c	180.04 ^c	1.58 ^{cd}	65.74 ^a	32.68 ^c
		GT55	3.23 ^b	134.90 ^a	73.18 ^{ab}	211.31 ^a	1.53 ^d	63.84 ^{ab}	34.63 ^b
		GT58	3.61 ^a	131.91 ^a	76.66 ^a	212.18 ^a	1.70 ^b	62.17 ^b	36.13 ^{ab}
		YT00-236	3.20 ^b	117.72 ^b	71.94 ^b	192.86 ^b	1.66 ^{bc}	61.04 ^b	37.30 ^a
P	新植	GT44	0.22 ^b	10.70 ^c	5.38 ^b	16.30 ^b	1.35 ^a	65.64 ^{ab}	33.01 ^{ab}
		GT49	0.18 ^d	9.40 ^d	4.32 ^c	13.90 ^c	1.29 ^{ab}	67.63 ^a	31.08 ^c
		GT55	0.20 ^c	11.41 ^b	5.44 ^b	17.05 ^b	1.17 ^c	66.92 ^{ab}	31.91 ^{bc}
		GT58	0.25 ^a	12.29 ^a	6.02 ^a	18.56 ^a	1.35 ^a	66.22 ^{ab}	32.43 ^{bc}
		YT00-236	0.21 ^{bc}	10.60 ^c	5.81 ^a	16.62 ^b	1.26 ^b	63.78 ^b	34.96 ^a
	1 a 宿根	GT44	0.22 ^a	8.96 ^b	4.38 ^c	13.56 ^b	1.62 ^a	66.08 ^{ab}	32.30 ^{ab}
		GT49	0.16 ^b	7.58 ^c	3.30 ^e	11.04 ^c	1.45 ^b	68.66 ^a	29.89 ^c
		GT55	0.17 ^b	8.69 ^b	4.00 ^d	12.86 ^b	1.32 ^c	67.57 ^{ab}	31.11 ^{bc}
		GT58	0.23 ^a	10.19 ^a	4.93 ^b	15.35 ^a	1.50 ^b	66.38 ^{ab}	32.12 ^{ab}
		YT00-236	0.22 ^a	10.03 ^a	5.22 ^a	15.47 ^a	1.42 ^b	64.84 ^b	33.74 ^a
	2 a 宿根	GT44	0.42 ^a	17.54 ^{ab}	8.73 ^a	26.69 ^a	1.57 ^a	65.72 ^{ab}	32.71 ^{ab}
		GT49	0.28 ^d	13.80 ^d	6.32 ^b	20.40 ^c	1.37 ^c	67.65 ^a	30.98 ^c
		GT55	0.34 ^c	18.21 ^a	8.46 ^a	27.01 ^a	1.26 ^d	67.42 ^{ab}	31.32 ^{bc}
		GT58	0.40 ^a	17.13 ^b	8.34 ^a	25.87 ^{ab}	1.55 ^{ab}	66.22 ^{ab}	32.23 ^{bc}
		YT00-236	0.37 ^b	16.18 ^c	8.63 ^a	25.18 ^b	1.47 ^b	64.26 ^b	34.27 ^a

续表 2 不同品种甘蔗养分积累与分配

Tab. 2 Nutrient accumulation and distribution in different sugarcane varieties (continued)

养分 Nutrient	作物 Crop	品种 Variety	积累量 Accumulation amount/(kg·hm ⁻²)				分配率 Distribution rate/%		
			根 Root	茎 Stalk	叶 Leaf	全株 Whole cropl	根 Root	茎 Stalk	叶 Leaf
K	新植	GT44	1.21 ^a	116.53 ^{cd}	57.02 ^b	174.76 ^b	0.69 ^a	66.68 ^b	32.63 ^{ab}
		GT49	0.76 ^c	122.24 ^{bc}	46.82 ^c	169.82 ^b	0.45 ^{bc}	71.98 ^a	27.57 ^c
		GT55	0.71 ^c	125.72 ^b	49.90 ^c	176.33 ^b	0.40 ^c	71.30 ^a	28.30 ^c
		GT58	1.07 ^b	139.11 ^a	65.60 ^a	205.78 ^a	0.52 ^b	67.60 ^b	31.88 ^b
		YT00-236	1.05 ^b	112.91 ^d	60.50 ^b	174.46 ^b	0.60 ^a	64.72 ^b	34.68 ^a
	1 a 宿根	GT44	1.11 ^a	122.01 ^b	52.99 ^b	176.11 ^b	0.63 ^a	69.28 ^{ab}	30.09 ^b
		GT49	0.65 ^c	109.26 ^c	40.18 ^d	150.09 ^c	0.43 ^c	72.80 ^a	26.77 ^c
		GT55	0.62 ^c	120.45 ^b	46.34 ^c	167.41 ^b	0.37 ^d	71.95 ^a	27.68 ^c
		GT58	0.90 ^b	136.66 ^a	58.62 ^a	196.18 ^a	0.46 ^c	69.66 ^{ab}	29.88 ^b
		YT00-236	1.04 ^a	126.72 ^b	60.56 ^a	188.32 ^a	0.55 ^b	67.29 ^b	32.16 ^a
	2 a 宿根	GT44	2.78 ^a	282.60 ^a	111.31 ^a	396.69 ^a	0.70 ^a	71.24 ^{ab}	28.06 ^b
		GT49	1.54 ^c	240.38 ^b	92.44 ^b	334.36 ^c	0.46 ^c	71.89 ^a	27.65 ^b
		GT55	1.64 ^c	286.92 ^a	111.73 ^a	400.29 ^a	0.41 ^c	71.68 ^{ab}	27.91 ^b
		GT58	2.13 ^b	279.98 ^a	111.90 ^a	394.01 ^a	0.54 ^b	71.06 ^{ab}	28.40 ^b
		YT00-236	2.24 ^b	247.15 ^b	112.05 ^a	361.44 ^b	0.62 ^{ab}	68.38 ^b	31.00 ^a

注：同列同一作物不同小写字母表示差异显著（ $P<0.05$ ）。

Note: Different lowercase letters in the same column for the same crop indicate significant difference ($P<0.05$).

各品种三季甘蔗 P 积累总量为 11.04~27.01 kg/hm²，均以 2 a 宿根的最高，分别是新植和 1 a 宿根的 1.39 倍、1.62 倍以上。新植季，GT58 根、茎 P 积累量和 P 积累总量显著高于其余品种，叶 P 积累量显著高于 GT44、GT49、GT55，而 GT49 最低。1 a 宿根季，GT58 根、茎 P 积累量较其余品种增加，与 GT49、GT55 差异均达显著水平；GT58 叶 P 积累量显著低于 YT00-236，但显著高于其余品种；GT58 P 积累总量与 YT00-236 差异不显著，但二者显著高于其余品种，而 GT49 最少。2 a 宿根季，GT58 根 P 积累量与 GT44 差异不显著，但二者显著高于其余品种；GT58 茎 P 积累量显著低于 GT55，但显著高于 GT49、YT00-236；GT58 叶 P 积累量和 P 积累总量显著高于 GT49，但与其他品种的差异均不显著。三季甘蔗茎、全株 P 积累量总量均以 GT58 最多，其全株 P 积累量总量为 59.78 kg/hm²，较其余品种增加 4.38%~31.85%，其次是 YT00-236，而 GT49 最少；三季甘蔗叶 P 积累量总量以 YT00-236 最多，较其余品种增加 1.92%~41.03%，其次是 GT58，而 GT49 最少。三季甘蔗 P 在茎、叶的分配率分别为 63.78%~68.66%、30.98%~34.96%，分别以 GT49、YT00-236 最多。可见 GT58

吸收积累 P 较多，而 GT49 吸收积累 P 较少。

各品种三季甘蔗 K 积累总量为 150.09~400.29 kg/hm²，均以 2 a 宿根的最高，分别是新植和 1 a 宿根的 1.91 倍、1.91 倍以上。新植季，GT58 茎、叶 K 积累量及 K 积累总量较其余品种显著增加，而 GT49 积累总量最少；GT58 根 K 积累量显著低于 GT44，但显著高于 GT49、GT55。1 a 宿根季，GT58 茎 K 积累量显著高于其余品种，K 积累总量显著高于 GT44、GT49、GT55，而 GT49 最少；GT58 根 K 积累量显著低于 GT44、YT00-236，叶 K 积累量较 YT00-236 减少，但显著高于其余品种。2 a 宿根季，GT58 根 K 积累量显著低于 GT44，但显著高于 GT49、GT55；GT58 茎 K 积累量和 K 积累总量与 GT44、GT55 差异不显著，但三者显著高于其余品种，而 GT49 均最少；GT58 叶 K 积累量显著高于 GT49，但与其他品种的差异均不显著。三季甘蔗茎、叶、全株 K 积累量总量均以 GT58 最多，其全株积累量总量为 794.60 kg/hm²，较其余品种增加 6.29%~21.45%，其次是 GT44，而 GT49 最少。三季甘蔗 K 在茎、叶的分配率分别为 64.72%~72.80%、26.77%~34.68%，分别以 GT49、YT00-236 最多。可见，GT58 吸收积累 K 较多，而 GT49 吸收积累

K 较少。

2.3 甘蔗养分需求量

表 3 显示,各品种三季甘蔗每生产 1 t 蔗茎需 N、P 及 K 分别为 1.66~2.59、0.19~0.30、2.76~3.76 kg,其中 2 a 宿根需 N、P 较新植和 1 a 宿根的少,而新植需 K 较宿根的少。三季甘蔗,每生产 1 t 蔗茎 GT44 需 N、P 及 K 与 GT55 的差异均不显著,但二者均显著多于 GT49、YT00-236,GT44、GT55 需 P 均显著多于 GT58,而 GT49 需 P 均最少。可见,GT49 需 N、P 及 K 较少。

2.4 甘蔗养分效率

表 4 显示,各品种三季甘蔗均以 P 经济效率和生理效率最高,分别是 N、K 的 7.65 倍、10.34 倍以上;N、P 经济效率和生理效率以 2 a 宿根最高,而新植最低;K 经济效率和生理效率以新植最高,而 2 a 宿根最低。三季甘蔗,GT49 的 N、K 经济效率与 YT00-236 差异均不显著,但二者均显著高于 GT44、GT55;GT49 的 P 经济效率均显著高于其余品种;YT00-236 的 N、K 生理效率显著高于其余品种;YT00-236 的 P 生理效率与 GT49 差异不显著,但二者均显著高于 GT44、GT55。可见,GT49 的 N、P 及 K 经济效率较高,YT00-236

的 N、P 及 K 生理效率较高。

表 3 不同品种每生产 1 t 蔗茎需养分量
Tab. 3 Nutrient requirement of a ton cane in different sugarcane varieties

作物 Crop	品种 Variety	N/kg	P/kg	K/kg
新植	GT44	2.56 ^a	0.29 ^a	3.06 ^{ab}
	GT49	2.19 ^c	0.23 ^c	2.76 ^d
	GT55	2.59 ^a	0.30 ^a	3.13 ^a
	GT58	2.33 ^b	0.27 ^b	2.96 ^{bc}
	YT00-236	2.25 ^{bc}	0.27 ^b	2.88 ^{cd}
1 a 宿根	GT44	2.55 ^a	0.29 ^a	3.73 ^a
	GT49	2.16 ^b	0.24 ^c	3.25 ^c
	GT55	2.49 ^a	0.29 ^a	3.76 ^a
	GT58	2.21 ^b	0.27 ^b	3.42 ^b
	YT00-236	2.11 ^b	0.27 ^b	3.27 ^{bc}
2 a 宿根	GT44	1.86 ^a	0.24 ^a	3.51 ^a
	GT49	1.69 ^b	0.19 ^c	3.14 ^b
	GT55	1.85 ^a	0.24 ^a	3.51 ^a
	GT58	1.83 ^a	0.22 ^b	3.39 ^a
	YT00-236	1.66 ^b	0.22 ^b	3.11 ^b

注:同列同一作物不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。
Note: Different lowercase letters in the same column for the same crop indicate significant difference (P<0.05).

表 4 不同品种甘蔗养分效率
Tab. 4 Nutrient efficiency in different sugarcane varieties

作物 Crop	品种 Variety	经济效率 Economic efficiency/(kg·kg ⁻¹)			生理效率 Physiological efficiency/(kg·kg ⁻¹)		
		N	P	K	N	P	K
新植	GT44	107.66 ^b	964.67 ^c	89.98 ^b	161.26 ^c	1444.98 ^c	134.77 ^b
	GT49	121.42 ^a	1176.86 ^a	96.33 ^a	169.88 ^b	1646.65 ^a	134.78 ^b
	GT55	108.33 ^b	927.28 ^c	89.66 ^b	154.44 ^c	1322.04 ^d	127.83 ^c
	GT58	118.68 ^a	1032.47 ^b	93.12 ^{ab}	176.29 ^b	1533.68 ^b	138.33 ^b
	YT00-236	123.93 ^a	1018.57 ^b	97.03 ^a	191.78 ^a	1576.24 ^{ab}	150.16 ^a
1 a 宿根	GT44	120.59 ^b	1069.79 ^c	82.37 ^b	175.60 ^{cd}	1557.88 ^b	119.95 ^{cd}
	GT49	135.39 ^a	1224.07 ^a	90.04 ^a	184.64 ^c	1669.27 ^a	122.78 ^{bc}
	GT55	125.00 ^b	1076.88 ^{bc}	82.72 ^b	173.08 ^d	1491.11 ^b	114.54 ^d
	GT58	137.02 ^a	1133.46 ^b	88.69 ^a	198.23 ^b	1639.84 ^a	128.31 ^b
	YT00-236	139.95 ^a	1100.17 ^{bc}	90.38 ^a	209.92 ^a	1650.18 ^a	135.56 ^a
2 a 宿根	GT44	140.37 ^b	1102.98 ^c	74.21 ^b	200.30 ^b	1573.89 ^c	105.89 ^{bc}
	GT49	146.53 ^a	1293.24 ^a	78.90 ^a	200.38 ^b	1768.42 ^a	107.89 ^{bc}
	GT55	139.70 ^b	1092.92 ^c	73.75 ^b	195.47 ^b	1529.20 ^c	103.18 ^c
	GT58	143.20 ^{ab}	1174.53 ^b	77.12 ^{ab}	203.36 ^b	1667.90 ^b	109.51 ^b
	YT00-236	149.98 ^a	1148.72 ^{bc}	80.03 ^a	221.08 ^a	1693.27 ^{ab}	117.96 ^a

注:同列同一作物不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。
Note: Different lowercase letters after data in the same column for the same crop indicate significant difference (P<0.05).

3 讨论

甘蔗产量表现因品种和栽培条件而异^[1-4, 6-7, 10]。本研究表明, 各供试品种甘蔗干物质积累总量均以 2 a 宿根较多, 而新植和 1 a 宿根较少, 与前期当地种植其他品种的不同^[2], 这主要是因为新植和 1 a 宿根季在夏秋出现连续高温干旱天气引起植株矮小和茎数减少所致^[4, 7]。但 GT58、YT00-236 干物质积累总量在新植和 1 a 宿根季均较其余品种显著增加, 这可能是两品种抵御干旱能力较强而发挥了中大茎品种茎粗、叶大的生产优势^[4-5]。此外, 三季甘蔗茎干物质积累量均以 GT58 最多, 累积较其余品种增加 6.48%~19.01%, 其次是 YT00-236, 而 GT49 最少, 说明 GT58 的产量优势明显。但三季甘蔗干物质在茎的分配率均以 GT49 最多, 在叶的分配率均以 YT00-236 最多, 这主要是品种特性不同引起成熟期绿叶数量、叶面积及叶鞘质量差异的缘故^[1, 10]。

据报道, 国内甘蔗成熟期 N、P 及 K 积累量分别为 125.3~352.4、11.8~42.6、127.5~599.9 kg/hm², 具体因品种、水肥条件及田间管理而异^[8-11, 13-15, 18-19]。本研究中, 各品种三季甘蔗 N、P 及 K 积累量分别为 99.81~212.18、11.04~27.01、150.09~400.29 kg/hm², 其中 2 a 宿根均较其余两季大幅增加, P、K 积累量也较前期当地种植其他品种的明显增加^[2], 这可能是品种、生产方式及降雨条件不同的缘故, 也可能是新植和 1 a 宿根蔗因干旱吸收养分较少而残留 P、K 肥较多, 使 2 a 宿根蔗在降雨足量下吸收了更多养分。因此, 生产中需根据上季干旱情况调整下季宿根蔗的施肥量。此外, 三季甘蔗 N、P 及 K 积累量总量以 GT58 较多, 较其余品种分别增加 5.16%~20.75%、4.38%~31.85%、6.29%~21.45%, 而 GT49 较少, 说明 GT58 吸收 N、P 及 K 能力较强。另外, 各品种三季甘蔗 N、P 及 K 积累量均有 61% 以上分配在茎, 与其他品种的相似^[2, 10, 19]。但是, 三季甘蔗 N、P 及 K 在茎的分配率均以 GT49 最多, 与 YT00-236 的差异均达显著水平, 说明 GT49 体内养分向茎转移分配效率较高。

前人研究表明, 广西、广东及云南蔗区每生产 1 t 蔗茎需要 N、P、K 分别为 1.66~2.89、0.11~0.52、1.93~4.09 kg, 具体因品种、水肥条件及气象条件而异^[2, 8, 9, 12, 16]。本研究中, 各品种三季甘蔗每生产 1 t 蔗茎需 N、P、K 分别为 1.66~2.59、

0.19~0.30、2.76~3.76 kg, 处于广西蔗区的范围值^[8, 11, 12, 20-22]。但是, 2 a 宿根蔗需 N、P 明显少于新植和 1 a 宿根蔗, 而新植蔗需 K 明显少于宿根蔗, 与以往旱地宿根蔗养分需要量较新植蔗少的趋势不尽相同^[20-22], 这可能与本研究条件下土壤速效钾含量较高和新植季、1 a 宿根季残留钾肥较多而引起 2 a 宿根蔗奢侈吸收钾有关^[15], 也可能是 1 a 宿根蔗生长中前期吸收钾较多, 但因在 7—11 月受极端干旱天气未能转化为产量效应的缘故^[13]。然而, GT49、YT00-236 每生产 1 t 蔗茎需 N、P、K 较 GT44、GT55 显著减少, 这可能是两品种分别具有较高的养分经济效率和生理效率的缘故。

可见, 5 个品种甘蔗之间及其在 3 个作物季的生物产量、养分积累与需求差异较大, 其中 GT58 生物产量优势明显, GT49 养分经济效率较高, YT00-236 养分生理效率较高。生产中应根据种植的甘蔗品种及其上季生长表现调控施肥量, 以提高养分生产效率。

参考文献

- [1] 李如丹, 毛钧, 刀静梅, 樊仙, 杨绍林, 邓军, 张跃彬. 中国主栽甘蔗品种生物学特性研究[J]. 热带作物学报, 2022, 43(7): 1347-1356.
LI R D, MAO J, DAO J M, FAN X, YANG S L, DENG J, ZHANG Y B. Biological characteristics of main sugarcane cultivars in China[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2022, 43(7): 1347-1356. (in Chinese)
- [2] 韦冬萍, 韦剑锋, 梁振华, 韦巧云, 胡桂娟. 机械化生产下不同品种甘蔗养分吸收与利用效率分析[J]. 热带作物学报, 2020, 41(5): 845-850.
WEI D P, WEI J F, LIANG Z H, WEI Q Y, HU G J. Variation among sugarcane varieties in nutrient uptake and utilization under mechanized production[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2020, 41(5): 845-850. (in Chinese)
- [3] 黄莹, 李燕娇, 苏振, 林飞剑, 邓宇驰. 不同蔗区甘蔗品种引进比较试验及评价[J]. 广西糖业, 2023, 43(2): 10-13.
HUANG Y, LI Y J, SU Z, LIN F J, DENG Y C. Comparison and evaluation of new sugarcane varieties under different sugarcane planting areas[J]. Guangxi Sugar Industry, 2023, 43(2): 10-13. (in Chinese)
- [4] 覃伟, 杨昆, 赵丽萍, 赵勇, 张静, 吴才文, 赵培方, 刘家勇, 姚丽, 任生林, 毛钧, 陈建国, 赵俊. 干旱条件下甘蔗宿根性评价及其关键影响因子分析[J]. 甘蔗糖业, 2023, 52(3): 22-27.
QIN W, YANG K, ZHAO L P, ZHAO Y, ZHANG J, WU C

- W, ZHAO P F, LIU J Y, YAO L, REN S L, MAO J, CHEN J G, ZHAO J. Evaluation analysis of sugarcane rooting and its key influencing factors under drought[J]. *Sugarcane and Canesugar*, 2023, 52(3): 22-27. (in Chinese)
- [5] 冯斌. 季节性干旱下甘蔗新品种在来宾蔗区的新植表现及评价[J]. *甘蔗糖业*, 2023, 52(3): 8-13.
- FENG B. New planting performance and evaluation of new sugarcane varieties in Laibin sugarcane area under seasonal drought[J]. *Sugarcane and Canesugar*, 2023, 52(3): 8-13. (in Chinese)
- [6] 黄家训, 黄曦曦, 韦菊丽, 韦小英, 谢正深, 覃晓远, 陆衫羽, 高轶静, 梁圆, 罗亚伟. 干旱胁迫后桂糖系列品种新植蔗的宿根生长表现[J]. *广西糖业*, 2024, 44(2): 88-92.
- HUANG J X, HUANG X X, WEI J L, WEI X Y, XIE Z S, QIN X Y, LU S Y, GAO Y J, LIANG T, LUO Y W. Growth performance of the ratoon sugarcane in GT series varieties after drought stress[J]. *Guangxi Sugar Industry*, 2024, 44(2): 88-92. (in Chinese)
- [7] 吴炫柯, 贾若欣, 何燕, 蒋春云, 韦剑锋, 韦冬萍, 刘志平. 夏秋高温干旱对不同下种时间甘蔗产量性状的影响[J]. *热带作物学报*, 2025, 46(1): 135-142.
- WU X K, JIA R X, HE Y, JIANG C Y, WEI J F, WEI D P, LIU Z P. Effect of high temperature and drought in summer and autumn on yield traits of sugarcane planted at different planting times[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2025, 46(1): 135-142. (in Chinese)
- [8] 谢如林, 谭宏伟, 黄美福, 周柳强, 黄金生, 黄献华, 曾艳, 杨瑞青, 董文斌, 王磊. 高产甘蔗的植物营养特征研究[J]. *西南农业学报*, 2010, 23(3): 828-831.
- XIE R L, TAN H W, HUANG M F, ZHOU L Q, HUANG J S, HUANG X H, ZENG Y, YANG R Q, DONG W B, WANG L. Study of plant nutritional characteristics of high yield sugarcane[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2010, 23(3): 828-831. (in Chinese)
- [9] 郭家文, 张跃彬, 崔雄维, 刘少春, 刀静梅, 樊仙. 氮磷钾在甘蔗体内的积累及对产量品质的影响[J]. *土壤*, 2012, 44(6): 977-981.
- GUO J W, ZHANG Y B, CUI X W, LIU S C, DAO J M, FAN X. Accumulation of N, P, K and their effects on sugarcane yield and quality[J]. *Soils*, 2012, 44(6): 977-981. (in Chinese)
- [10] 魏丽娜, 陈迪文, 周文灵, 黄莹, 卢颖林, 敖俊华, 黄振瑞, 李奇伟, 江永. 不同基因型甘蔗地上部氮磷钾养分特征分析[J]. *甘蔗糖业*, 2015(4): 10-15.
- WEI L N, CHEN D W, ZHOU W L, HUANG Y, LU Y L, AO J H, HUANG Z R, LI Q W, JIANG Y. Analysis on NPK-nutrient characteristics in shoot of different sugarcane genotypes[J]. *Sugarcane and Canesugar*, 2015(4): 10-15. (in Chinese)
- [11] 邢颖, 江泽普, 谭裕模, 廖青, 陈桂芬, 汪羽宁, 熊柳梅. 不同基因型甘蔗氮磷钾积累与利用研究[J]. *甘蔗糖业*, 2013(1): 10-13.
- XING Y, JIANG Z P, TAN Y M, LIAO Q, CHEN G F, WANG Y N, XIONG L M. Study on nitrogen, phosphorous and potassium accumulation and utilization for three sugarcane genotypes[J]. *Sugarcane and Canesugar*, 2013(1): 10-13. (in Chinese)
- [12] 程小燕. 两个甘蔗品种对氮、磷、钾的吸收与累积特征[D]. 南宁: 广西大学, 2013.
- CHENG X Y. Features of absorption and accumulation on nitrogen, phosphorus, and potassium of two sugarcane varieties[D]. Nanning: Guangxi University, 2013. (in Chinese)
- [13] 谭宏伟, 周柳强, 谢如林, 黄美福. 不同施肥条件下甘蔗对钾的吸收利用研究[J]. *南方农业学报*, 2011, 42(3): 295-298.
- TAN H W, ZHOU L Q, XIE R L, HUANG M F. Potassium uptake and its utilization in sugarcane under the different fertilization levels[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2011, 42(3): 295-298. (in Chinese)
- [14] 区惠平, 周柳强, 黄金生, 朱晓晖, 曾艳, 彭嘉宇, 谢如林, 谭宏伟, 李忠宁, 沈小微, 刘昔辉. 基于甘蔗产量与土壤磷素平衡的磷肥施用量研究[J]. *中国农业科学*, 2021, 54(13): 2818-2829.
- OU H P, ZHOU L Q, HUANG J S, ZHU X H, ZENG Y, PENG J Y, XIE R L, TAN H W, LI Z N, SHEN X W, LIU X H. Research on phosphorus application rate based on sugarcane yield and phosphorus balance in soil[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2021, 54(13): 2818-2829. (in Chinese)
- [15] 黄振瑞, 周文灵, 敖俊华, 陈迪文, 黄莹, 江永, 李奇伟. 连续 4 年施钾的甘蔗产量及土壤钾素平衡[J]. *热带作物学报*, 2020, 41(7): 1347-1353.
- HUANG Z R, ZHOU W L, AO J H, CHEN D W, HUANG Y, JIANG Y, LI Q W. Sugarcane yield and soil potassium balance in potassium application of four consecutive years[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2020, 41(7): 1347-1353. (in Chinese)
- [16] 黄振瑞. 高产甘蔗养分需求规律及施肥调控研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2015.
- HUANG Z R. Nutrient requirement of high yield sugarcane and fertilizer recommendations[D]. Beijing: China Agricultural University, 2015. (in Chinese)
- [17] 中华人民共和国农业部. 植物中氮、磷、钾的测定: NY/T 2017—2011[S]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- The Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Determination of nitrogen, phosphorus and potassium in plants: NY/T 2017—2011[S]. Beijing: China Standards

- Press, 2011. (in Chinese)
- [18] 陈迪文, 周文灵, 卢颖林, 敖俊华, 黄莹, 黄振瑞, 李奇伟, 江永. 不同施肥处理对粤糖 03-393 产量及养分利用的影响[J]. 广东农业科学, 2015, 42(7): 43-47.
- CHEN D W, ZHOU W L, LU Y L, AO J H, HUANG Y, HUANG Z R, LI Q W, JIANG Y. Effects of different fertilizer applications on cane yield and nutrient use efficiency of new sugarcane variety YT03-393[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2015, 42(7): 43-47. (in Chinese)
- [19] 杨梦乐, 彭嘉宇, 桂意云, 沈小微, 唐新莲, 黄金生, 周柳强, 刘昔辉, 谭宏伟, 区惠平. 不同蔗叶生物炭施用量对甘蔗产量及养分吸收利用的影响[J]. 南方农业学报, 2024, 55(3): 803-811.
- YANG M L, PENG J Y, GUI Y Y, SHEN X W, TANG X L, HUANG J S, ZHOU L Q, LIU X H, TAN H W, OU H P. Effects of different sugarcane leaf biochar application rates on sugarcane yield and nutrient uptake and utilization[J]. Journal of Southern Agriculture, 2024, 55(3): 803-811. (in Chinese)
- [20] 恽绵, 朱秋珍, 苏群忠. 广西旱地甘蔗养分吸收参数研究——第1报甘蔗N素养分吸收参数的研究[J]. 广西蔗糖, 1996, 2(1): 13-16.
- YUN M, ZHU Q Z, SU Q Z. Study on the parameters of nutrient uptake of sugarcane in upland of Guangxi——report 1: the parameters of N requirement[J]. Guangxi Sugar Industry, 1996, 2(1): 13-16. (in Chinese)
- [21] 恽绵, 朱秋珍, 苏群忠. 广西旱地甘蔗养分吸收参数研究——第2报甘蔗磷素养分吸收参数[J]. 广西蔗糖, 1997, 3(4): 11-13.
- YUN M, ZHU Q Z, SU Q Z. Study on the parameters of nutrient uptake of sugarcane in upland of Guangxi——report 2: the parameters of P requirement[J]. Guangxi Sugar Industry, 1997, 3(4): 11-13. (in Chinese)
- [22] 恽绵, 朱秋珍, 苏群忠. 广西旱地甘蔗养分吸收参数研究——第3报甘蔗钾素养分吸收参数[J]. 广西蔗糖, 1998, 4(1): 3-6.
- YUN M, ZHU Q Z, SU Q Z. Study on the parameters of nutrient uptake of sugarcane in upland of Guangxi——report 3: the parameters of K requirement[J]. Guangxi Sugar Industry, 1998, 4(1): 3-6. (in Chinese)