



珠江三角洲巴西蕉的适宜种植密度

李国良 姚丽贤 周修冲 陈婉珍

(广东省农科院土壤肥料研究所, 广东 广州 510640)

摘要: 从植株长势、叶片光合特性和养分状况、果实品质、产量及种植效益等方面探讨了珠江三角洲主栽品种巴西蕉的适宜种植密度。结果表明, 在种植密度 $112-144$ 株/亩范围内, 提高第一造蕉种植密度可明显增加单位面积产量和提高种植利润, 但植株生长延迟, 叶片(尤其是下位叶)光合作用下降, 叶片 N 、 K 、 Mg 养分含量受到影响, 单株产量下降, 收获推迟。第二造蕉调整至相同密度时, 第一造蕉密度较大的处理使其第二造蕉植株长势受到较大影响, 但叶片 N 、 K 养分含量却显著提高, 最终使第二造蕉产量接近, 收获时间也基本一致。结合香蕉收获时间及种植效益, 提出在不降低株产及果实品质的前提下, 春种第一造蕉的适宜种植密度约为 128 株/亩。

关键词: 香蕉; 种植密度; 光合特性; 叶片营养

世界上不同香蕉主产区由于栽培品种、气候、土壤、栽培管理习惯和水平不同, 香蕉种植密度有较大差别。如威廉斯每公顷适宜种植密度为 $127-147$ 株/亩^[1], 广西北海地区为 180 株/亩^[2], 福建丘陵坡地蕉园每亩种植台蕉 150 株和 130 株的平均株产差别不大, 前者比后者增产果实 300 公斤/亩^[3]。珠江三角洲是我国香蕉的重要产区, 巴西蕉(*Musa* 适 AAA Giant Cavendish cv. Baxi)是近年来该地区及华南地区最主要的栽培品种。珠江三角洲地区香蕉种植密度通常为 $100-120$ 株/亩。而姚丽贤等^[4]研究认为该种植密度可能偏低。本试验旨在不降低香蕉株产及果实品质的前提下, 探讨巴西蕉的适宜种植密度, 为该地区高产高效的香蕉生产提供有效可行的栽培措施。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试香蕉品种为巴西蕉。供试土壤为粘壤土, 其主要农化性状为: pH 6.35、有机质 17 克/公斤、有效 N 17.2 (单位毫克/公斤, 下同)、 P 8.9 、 K 74.3 、 Ca 2469 、 Mg 357.2 、 S 58.8 、 Fe 70.1 、 Mn 53.5 、 B 1.35 、 Zn 2.15 。除土壤 Ca 、 Mg 、 S 、 Fe 、 Mn 含量较高外, 其它养分均为缺乏。试验使用的肥料为尿素、磷酸二铵、氯化钾及香蕉专用肥(18-7-25)。

1.2 试验方法

试验于2004年2月至2005年10月在中山市黄圃镇团范村农户香蕉园进行。2004年2月种植巴西蕉试管苗。第一造蕉试验设3个密度处理: 每亩植 112 株, 每个小区植 14 株(D_{112}); 每亩植 128 株, 在行间间种 2 株, 每个小区植 16 株(D_{128}); 每亩植 144 株, 在行间间种 4 株, 每个小区植 18 株(D_{144})。每个处理3次重复, 小区面积 83.3 平方米。种植规格均为单畦双行种植, 行株距 2.22 米 \times 2.67 米。不同密度处理的香蕉排列见图1。每个密度处理的单株施肥量为 N 0.5 公斤、 P_2O_5 0.15 公斤、 K_2O 0.65 公斤, 于2005年1月7日至3月7日采收。

2004 年 8 月中旬，留第一造蕉吸芽作为第二造蕉， $D_{1.28}$ 和 $D_{1.44}$ 处理间种的香蕉不留吸芽，在收获后将残株砍去。第二造蕉 3 个处理密度均为 112 株 / 亩。每个密度处理的单株施肥量为 $N_{0.40}$ 公斤、 $P_2O_5_{0.1}$ 公斤、 $K_2O_{0.72}$ 公斤，于 2005 年 8 月 26 日至 10 月 1 日收获。

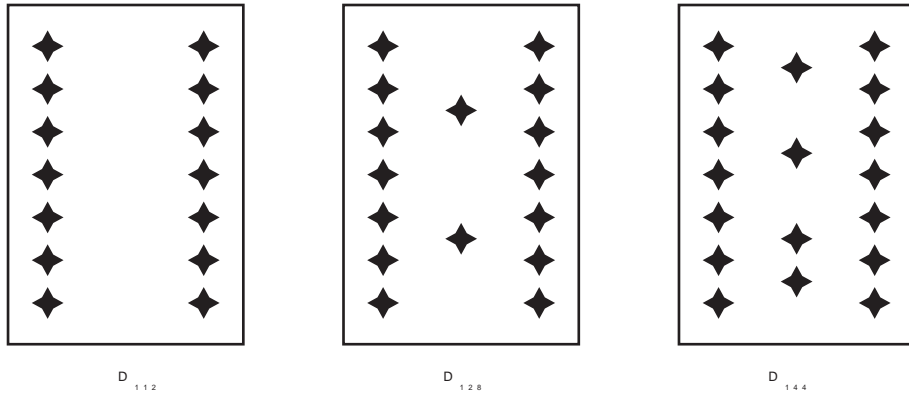


图 1 第一造蕉不同密度处理区的蕉株分布

1.3 调查项目

在第一造蕉主要生育期调查植株株高和茎围，采集叶片样本用常规方法测定 N 、 K 、 Ca 和 Mg 等养分含量，并在抽蕾期调查抽蕾率。在晴天 11:00-13:00 期间每个处理选取 8 株香蕉，选择上部及下部生长正常的完整叶片作为上、下位叶，用 LD-6400 型光合作用测定仪（美国 LD-COR 公司产）分别测定其净光合速率 (P_n)，气孔导度 (G_s) 及胞间二氧化碳浓度 (C_i)。在果实采收期采集不同密度处理的香蕉果穗样本进行果实品质分析，并统计产量和种植效益。

在第二造蕉孕蕾期调查植株株高、茎围和单株青叶片数，采集叶片样本测定 N 、 K 、 Ca 、 Mg 等养分含量，在抽蕾期调查抽蕾率，并在果实采收期统计产量和种植效益。

2 结果与分析

2.1 第一造蕉植株长势

香蕉主要生育期长势调查结果 (表 1) 显示，香蕉植株在营养生长期、花芽分化期、孕蕾期和抽蕾期的株高和茎围呈现出随着种植密度增加而下降的趋势。而且，提高密度使香蕉抽蕾率下降。 $D_{1.44}$ 处理的抽蕾率分别比 $D_{1.12}$ 和 $D_{1.28}$ 处理降低 10.6 个百分点和 4.7 个百分点。可见，增加香蕉种植密度，香蕉生长变慢，抽蕾延迟。

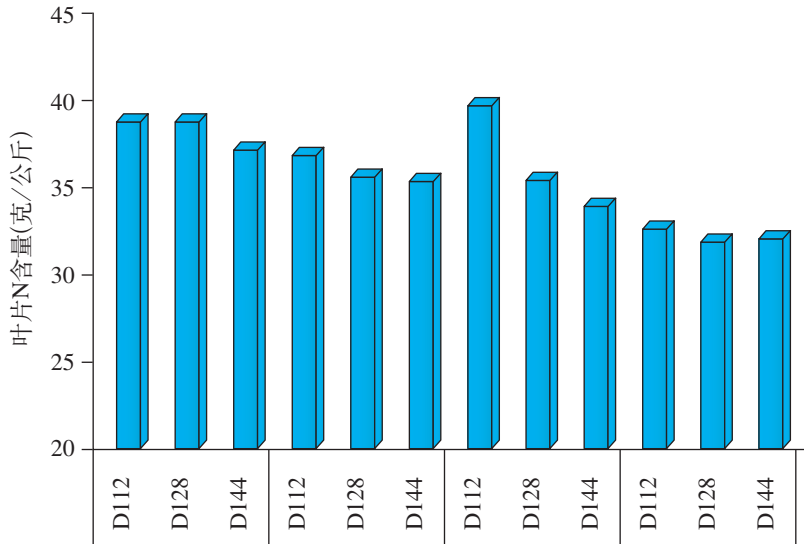
表 1 第一造蕉各生育期长势变化

密度	营养生长期		花芽分化期		孕蕾期		抽蕾期		抽蕾率 (%)
	株高 (厘米)	茎围 (厘米)	株高 (厘米)	茎围 (厘米)	株高 (厘米)	茎围 (厘米)	株高 (厘米)	茎围 (厘米)	
$D_{1.12}$	114.5 a	27.9	160.7 a	38.2	193.3	45.3	238.3	57.0	97.6
$D_{1.28}$	110.0 a b	26.9	160.3 a	38.4	191.8	44.1	239.4	54.7	91.7
$D_{1.44}$	107.9 b	26.4	155.6 b	37.0	187.3	43.3	238.3	54.7	87.0

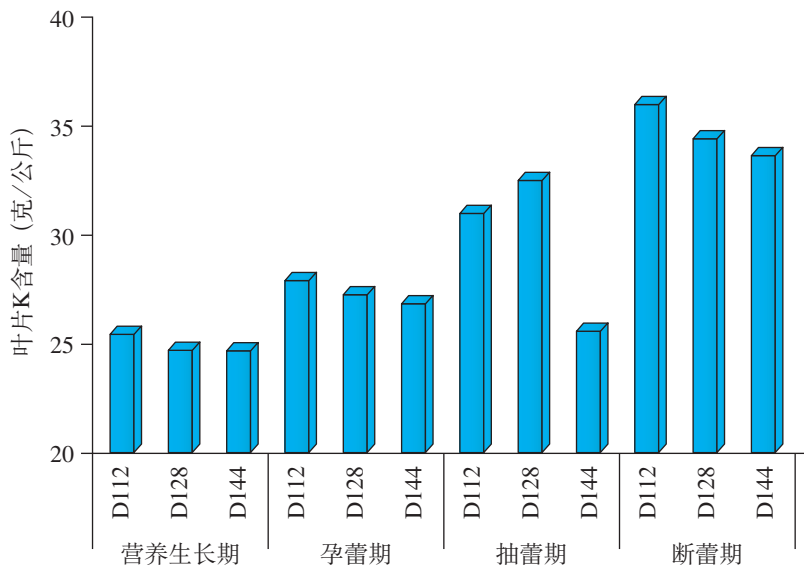
注：表中同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著，表 2、表 4~6 同。

2.2 第一造蕉叶片养分变化

N、K、Ca、Mg 是香蕉吸收和累积最多的四种元素^[6]，提高香蕉种植密度，单位体积土壤中的根数增加，植株对养分的竞争加剧。香蕉叶片 N、K、Ca、Mg 养分测定结果（图 2）显示，香蕉各主要生育期叶片 N、K、Mg 含量整体上随种植密度的增加而下降，植株的 N、K、Mg 营养受到抑制。叶片 Ca 含量在营养生长期、孕蕾期及断蕾期均为 D₁₁₂ 处理高于其他 2 个处理，在抽蕾期则以 D₁₂₈ 处理较高。植物在吸收 K、Ca、Mg 营养时存在拮抗作用，这三者之间存在复杂的平衡关系，因而香蕉 K、Mg 营养受到抑制的同时可能会促进对 Ca 的吸收而提高叶片 Ca 含量。



a



b

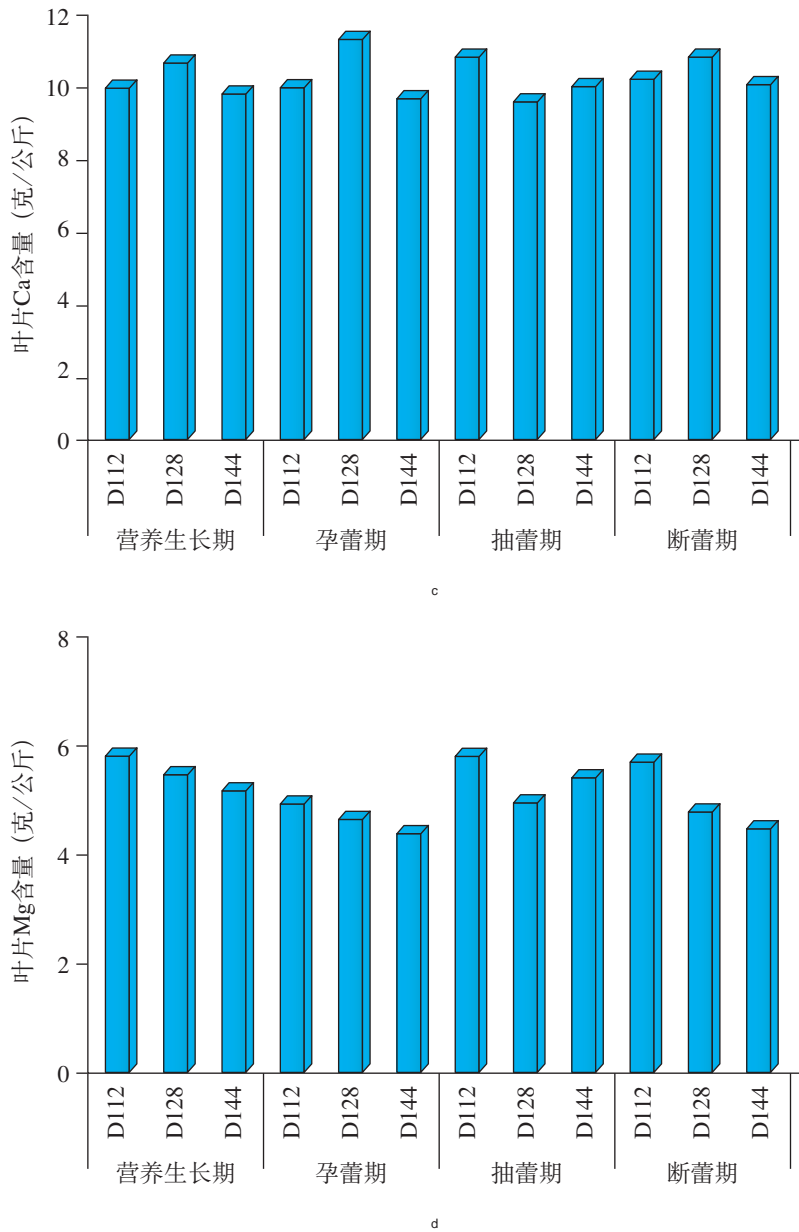


图2 第一造蕉不同种植密度处理主要生育期叶片养分含量变化

2.3 第一造蕉叶片光合特性变化

叶片净光合速率 (P_n)、气孔导度 (G_s) 及胞间 C_{O_2} 浓度 (C_i) 是反映植株光合作用的 3 个重要参数。在香蕉营养生长中后期, D_{112} 处理叶片尚未完全封行, 但 D_{128} 与 D_{144} 处理已基本封行。3 个密度处理香蕉上位叶的净光合速率、气孔导度和胞间 C_{O_2} 浓度差别不大, 但下位叶的净光合速率、气孔导度和胞间 C_{O_2} 浓度均随种植密度的增加而降低。 D_{112} 处理与 D_{128} 处理及 D_{128} 处理与 D_{144} 处理叶片 3 个

参数的差异均不显著，然而 D_{144} 处理的 3 个参数均比 D_{112} 处理显著下降。

在香蕉抽蕾期，3 个密度处理植株基本或完全封行，上位叶片基本可以完全伸展但不会互相遮阴，因此上位叶的净光合速率、气孔导度及胞间 CO_2 浓度差异不大。同时，3 个密度处理下位叶的净光合速率差异不大，但仍以 D_{144} 处理最低； D_{112} 与 D_{128} 处理的气孔导度与胞间 CO_2 浓度较为接近，均显著高于 D_{144} 处理。在断蕾期，香蕉叶片全部抽生，叶片数最多，高密度处理香蕉上位叶部分遮阴， D_{112} 处理上位叶的净光合速率、胞间 CO_2 浓度及下位叶的净光合速率均显著高于 D_{128} 与 D_{144} 处理，其余参数差异不明显。

可见，在同一生育期随种植密度的提高，香蕉叶片光合作用有所抑制，随着香蕉从营养生长到生殖生长，密度对叶片（主要是下位叶）光合作用的影响加大。另外，同一密度处理在不同生育期，香蕉上位叶的净光合速率和气孔导度明显大于下位叶，这与其它作物的表现一致^[5, 6]。

表 2 第一造蕉不同密度处理叶片光合作用参数

生育期	密度	上位叶			密度	下位叶		
		P_n^*	$G_s^†$	$C_i^‡$		P_n	G_s	C_i
营养 生长期	D_{112}	16.3	0.564	276.8	D_{112}	9.5 a	0.304 a	272.1 a
	D_{128}	16.9	0.579	273.6	D_{128}	8.4 a b	0.236 a b	266.6 a b
	D_{144}	16.6	0.587	271.8	D_{144}	8.0 b	0.218 b	262.9 b
抽蕾期	D_{112}	15.3	0.478	268.2	D_{112}	9.0	0.264 a	274 a
	D_{128}	15.7	0.544	280.0	D_{128}	9.5	0.233 a	266 a
	D_{144}	17.3	0.463	257.0	D_{144}	8.7	0.171 b	241 b
断蕾期	D_{112}	14.6 a	0.327	248.5 a	D_{112}	8.7 a	0.153	229.3
	D_{128}	10.1 b	0.196	202.5 b	D_{128}	5.4 b	0.125	203.9
	D_{144}	11.1 b	0.201	234.5 a b	D_{144}	5.5 b	0.138	30.3

注：· 单位为 $\mu mol/m^2s$ ，* 为 $mol H_2O/m^2s$ ，‡ $\mu mol/mol$ 。

2.4 第一造蕉果实品质

成熟期香蕉果实品质测定结果（表 3）显示， D_{128} 处理果实的可溶性固形物、 V_c 含量高于其它 2 个密度处理，而 D_{112} 处理的可溶性糖含量最高， D_{144} 处理的可溶性固形物、可溶性糖和 V_c 含量均明显低于另外 2 个密度处理的。

表 3 不同密度处理第一造蕉果实品质

密度	可溶性固形物（克/公斤）	可溶性糖（克/公斤）	V_c （毫克/公斤）
D_{112}	230	182	79.6
D_{128}	235	181	84.6
D_{144}	220	177	74.7

2.5 第一造蕉产量及种植效益

香蕉产量和种植效益统计结果（表 4）显示， D_{112} 与 D_{128} 处理的株产十分接近，均极显著高于 D_{144}

处理；然而， $D_{1.28}$ 和 $D_{1.44}$ 处理小区产量没有显著差异，均显著高于 $D_{1.12}$ 处理。在生产上，香蕉株产（即一穗香蕉的重量）对其收购价有较大影响。对于第一造蕉，每穗香蕉通常以 22.5 公斤为标准， ≥ 22.5 公斤的香蕉收购价一般每 50 公斤比低于此标准的香蕉高 5~10 元。因此，在扣除肥料等各种成本后， $D_{1.28}$ 比 $D_{1.12}$ 处理每公顷纯利润增加 412 元/亩，增收 21.3%， $D_{1.44}$ 比 $D_{1.12}$ 处理增收 9.9%。从第一造蕉的种植利润来看，增加密度有利于提高种植效益。然而，根据香蕉收获时间记录，密度试验香蕉在 2005 年 1 月上旬开始分批收获， $D_{1.12}$ 与 $D_{1.28}$ 处理香蕉收获时间差别不大，但 $D_{1.44}$ 处理由于抽蕾较慢，比 $D_{1.12}$ 与 $D_{1.28}$ 处理约推后 20 天完成收获，可能会延迟第二造蕉的生长。

表 4 第一造蕉不同密度处理产量及种植效益比较

密度	株产 (公斤)	小区产量 (公斤)	产量 (公斤/亩)	产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	其它成本 (元/亩)	利润 (元/亩)	增收 (%)
$D_{1.12}$	23.4 a	326.7 b	2613	4181	500	1750	1931	-
$D_{1.28}$	23.2 a	370.7 a	2965	4745	571	1830	2343	21.3
$D_{1.44}$	21.6 b	388.5 a	3108	4662	643	1910	2123	9.9

注：其它成本指地租、整地、人工、蕉苗、农药、地膜、竹桩、灌溉系统等。下同。肥料价格：尿素 1800 元/吨，磷酸二铵 2200 元/吨，KCl 1800 元/吨，50% 香蕉专用肥 2000 元/吨。香蕉收购价：穗重 ≥ 22.5 公斤的香蕉 1.6 元/公斤，穗重 < 22.5 公斤的香蕉 1.5 元/公斤。

2.6 第二造蕉长势

从表 5 第二造蕉调查数据看出，孕蕾期 $D_{1.12}$ 与 $D_{1.28}$ 处理的株高、茎围较为接近，均显著大于 $D_{1.44}$ 处理，三个处理的单株青叶片数则没有差别，但 $D_{1.28}$ 与 $D_{1.44}$ 处理植株抽蕾反而比 $D_{1.12}$ 处理早。这意味着在第二造蕉密度相同情况下，第一造蕉增加种植密度缩短了第二造蕉的生长时间，使抽蕾提前。

表 5 第二造蕉孕蕾期和抽蕾期长势调查结果

处理	抽蕾率		
	株高 (厘米)	茎围 (厘米)	单株青叶片数 (片)
$D_{1.12}$	274 a	66.5 a	12.4
$D_{1.28}$	270 a b	64.4 a	12.2
$D_{1.44}$	247 b	57.4 b	12.1

2.7 第二造蕉孕蕾期叶片养分状况

第二造蕉孕蕾期叶片养分含量分析结果 (表 6) 显示，第二造蕉叶片 N、K 含量呈现出随第一造蕉密度增加而增加的趋势，与第一造蕉变化趋势大致相反。这可能一是因为第一造蕉单株肥料施入量相等，密度越大残留在土壤中的养分越多；二是由于第一造蕉收获后，其庞大的肉质根分解释放养分，密度越大根系越多，可释放更多的养分供第二造蕉吸收。孕蕾期 $D_{1.28}$ 处理由于叶片 K 含量最高，相应地 Ca、Mg 含量降低，但不同处理间 Ca、Mg 含量没有显著差异。另外，孕蕾期香蕉叶片养分含量也有利于解释表 5 中 $D_{1.44}$ 和 $D_{1.28}$ 处理植株比 $D_{1.12}$ 处理抽蕾稍快的现象。

表 6 第二造蕉孕蕾期叶片养分含量 (%)

密度	N	K	Ca	Mg
D ₁₁₂	3.63 b	3.60 b	1.009	0.378
D ₁₂₈	3.79 a	4.02 a	0.921	0.349
D ₁₄₄	3.92 a	3.98 ab	0.986	0.368

2.8 第二造蕉产量及种植效益

第二造蕉由于在夏季断蕾，温度高，湿度大，香蕉果实发育快，因此收获时间差别不大。虽然株产及单位面积产量都非常接近（表 7），但第一造蕉种植密度增大仍使第二造蕉产量稍有下降，D₁₂₈和 D₁₄₄ 处理种植利润比 D₁₁₂ 处理分别下降 2.7% 和 7.4%。

2.9 两造蕉种植效益比较

在香蕉生产上通常以两造蕉为一个种植周期。从本试验两造蕉的种植效益比较结果来看（表 8），D₁₂₈ 处理的效益虽然高于其他 2 个处理，但在一个种植周期内增收幅度不大。由于第二造蕉产量明显高于第一造蕉，在一个种植周期利润中所占比重较大，虽然提高第一造蕉种植密度可以明显提高当造利润，但由于第二造蕉产量稍有下降，对一个种植周期内的利润仍有一定影响。因此，需要继续重点考虑提高第二造蕉的种植密度以获得更大效益，具体的栽培施肥措施仍有待进一步研究。

表 7 第二造蕉的产量及种植效益调查结果

处理	株产 (公斤)	小区产量 (公斤)	折合产量 (公斤/亩)	产值 (元/亩)	利润 (元/亩)	比 D ₁₁₂ ± (%)
D ₁₁₂	40.7 a	569.3 a	4555	10020	7909	
D ₁₂₈	39.8 a	557.2 a	4458	9807	7696	-2.7
D ₁₄₄	38.3 a	536.2 a	4290	9437	7326	-7.4

注：第二造蕉的生产成本为 2111 元/亩，其中肥料成本 631 元/亩、其他成本 1480 元/亩；香蕉收购价为 2.2 元/公斤。

表 8 两造蕉的种植效益比较

处理	第一造利润 (元/亩)	第二造利润 (元/亩)	合计 (元/亩)	比 D ₁₁₂ ± (%)
D ₁₁₂	1931	7909	9840	
D ₁₂₈	2343	7696	10039	+2.0
D ₁₄₄	2123	7326	9449	-4.0

3 结论

在种植密度为 112 ~ 144 株/亩范围内，提高第一造蕉种植密度能使香蕉生长变慢、抽蕾延迟、叶片光合作用受到抑制；从营养生长期至生殖生长期，种植密度对叶片（主要是下位叶）光合作用的影

响加大；各主要生育期香蕉 N、K、Mg 营养受到抑制。D_{1.44} 处理香蕉果实可溶性固形物、可溶性糖和 VC 含量均明显低于 D_{1.12} 和 D_{1.28} 处理。D_{1.12} 与 D_{1.28} 处理株产极为接近，均显著高于 D_{1.44} 处理，而且 D_{1.44} 处理收获推迟。然而，D_{1.28} 和 D_{1.44} 处理单位面积产量均极显著高于 D_{1.12} 处理，分别比 D_{1.12} 提高种植效益 21.3% 和 9.9%。

第二造蕉种植密度调整至相同时，第一造蕉增加种植密度提高了第二造蕉叶片 N、K 含量，抽蕾提前。D_{1.28} 和 D_{1.44} 处理株产及单位面积产量稍低于 D_{1.12} 处理，种植利润分别下降 2.7% 和 7.4%。由于第二造蕉在一个种植周期利润中所占比重大，提高第一造蕉密度仍对种植周期的利润有影响。建议珠江三角洲地区春种第一造蕉适宜种植密度约为 1.28 株/亩，且今后需继续重点研究提高第二造蕉的种植密度以获得更高效益。

参考文献：

- [1] Robinson, J.C., Nel, D.J. Banana density comparison between high and medium-vigour plantations. Information Bulletin-Citrus and Subtropical Fruit Research Institute. 1989, 207:3-4.
- [2] 李俊文.“威廉斯”香蕉种植密度试验总结[J]. 广西热作科技, 1997, (1): 11-14.
- [3] 郑鑫坚, 何忠春, 林醒华, 等. 香蕉丰产、优质栽培技术研究报告[J]. 福建热作科技, 1994, 19 (1): 7-10.
- [4] 姚丽贤, 周修冲, 彭志平, 等. 巴西蕉的营养特性及钾镁肥配施技术研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11 (1): 116-121.
- [5] 王珍, 武志海, 徐克章. 玉米群体冠层光合速率与叶面积指数关系的初步研究[J]. 吉林农业大学学报, 2001, 23 (2): 9-12, 16.
- [6] 白祥和, 曲文章, 吴存祥, 等. 不同密度条件下甜菜叶片光合速率与块根产量关系的研究[J]. 中国甜菜, 1995, 5 (2): 25-29.

上接 58 页

3.3 在三大土壤类型区(褐土、潮土、砂姜黑土)上, 砂姜黑土区每公斤氧化钾增产 5.36 公斤小麦和 1.72 公斤小麦。潮土区每公斤氧化钾增产 3.21 公斤小麦。褐土区每公斤氧化钾增产 4.68 公斤小麦。

3.4 在三大土壤类型区(褐土、潮土、砂姜黑土)上, 平衡施肥处理, 潮土区小麦产量最高为 58.1 公斤/亩, 其次为褐土区产量为 56.6 公斤/亩, 砂姜黑土区产量最低为 49.5 公斤/亩和 42.9 公斤/亩。