

不同蔗区施肥量和种植密度对壮糖 6 号产量及经济效益的影响

罗亚伟¹ 农永前² 苏治友² 阳太亿¹ 杨翠芳¹
刘丽敏¹ 陆衫羽¹ 苏树权³ 周珊¹ 高轶静¹

(¹广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所/农业农村部广西甘蔗生物技术与遗传改良重点实验室/广西甘蔗遗传改良重点实验室, 530007, 广西南宁; ²崇左市农业科学研究所, 530215, 广西崇左; ³广西壮族自治区农业科学院, 530007, 广西南宁)

摘要 为了解不同施肥量和种植密度对壮糖 6 号产量及效益的影响, 确定合理的施肥量与种植密度, 在南宁隆安蔗区和崇左江州蔗区进行不同施肥量和种植密度试验, 采用二因素裂区设计, 主处理 (A) 为施肥, 设 42% 复合肥 3750 (高肥 A1)、2250 (中肥 A2) 和 1125 kg/hm² (低肥 A3) 3 个水平; 副处理 (B) 为种植密度, 设低密度 B1 (6 万芽/hm²)、中低密度 B2 (7.5 万芽/hm²)、中密度 B3 (9 万芽/hm²)、中高密度 B4 (10.5 万芽/hm²) 和高密度 B5 (12 万芽/hm²) 5 个不同密度。结果表明, 壮糖 6 号甘蔗产量随种植密度增加而增加, 与施肥量水平差异不显著。相关性分析显示, 2 个蔗区的产量与分蘖率分别呈显著和极显著负相关, 与有效茎数均呈极显著正相关。两地试验均以 A3B5 处理的经济效益最高, 南宁隆安蔗区 A3B5 处理产量为 91.44 t/hm², 经济效益为 35 419.5 元/hm², 比产量最高为 92.32 t/hm² 的 A2B4 处理增收 6.75%; 崇左江州蔗区 A3B5 处理产量为 74.88 t/hm², 经济效益为 27 190.2 元/hm², 比产量最高为 77.40 t/hm² 的 A1B4 处理增收 27.15%。综合 2 个蔗区不同的水肥条件和管理水平, 壮糖 6 号高产高效种植适宜的施肥量为 1125~2250 kg/hm²、合理的种植密度为 10 500~12 000 芽/hm²。

关键词 甘蔗; 壮糖 6 号; 施肥量; 种植密度; 产量; 经济效益

甘蔗是重要的糖料作物, 也是制糖的主要原料, 多年以来, 以甘蔗为原料生产的食糖产量占全球的 80% 以上, 蔗糖对保障人类食糖供给和营养需求具有重要意义^[1-2]。2020-2021 年榨季, 我国蔗糖产量占食糖总量的 85.6%, 糖料产业发展对于确保我国食糖安全至关重要^[3]。广西是我国最大的糖料蔗生产基地, 原料蔗和食糖产量近年来一直位居全国第一, 占全国产量的 60% 以上^[1]。

目前, ROC22、桂糖 42 号和桂柳 05136 等广西主栽品种由于长期连作, 受病虫害累积侵害及不良环境影响, 普遍出现种性退化严重、抗逆性差、甘蔗产量和品质下降等问题, 严重威胁糖料蔗生产的健康发展^[4-5]。甘蔗品种更新换代是实现高产、高糖、高效栽培的关键, 优良品种是甘蔗产业持续发展的重要保障^[6-7]。壮糖 6 号是崇左市农业科学研究所基于“五圃制”常规育种方法选育而来的优良品种, 于 2024 年 4 月 21 日通过我国农业农村部非主要农作物品种登记。在广西省南宁市横州市

2020-2021 年甘蔗品种区域试验中, 壮糖 6 号 1 新 1 宿的平均产量为 76 665.0 kg/hm², 略低于对照 (ROC22) 的 82 770.0 kg/hm², 但差异不显著, 糖分、含糖量和模糊综合评价均排在参试材料的第 1 位, 表现出脱叶好、有效茎数多、抗病抗倒伏性强、宿根性好、特早熟和高糖等优点, 是适合机械化收获的新品种^[8]。近几年在广西各地引种示范表现良好, 被崇左市蔗业发展局列为糖料蔗健康种苗推广品种, 在广西南宁、北海和柳州等市均有引种试种, 适合广西各蔗区应用推广^[9-11]。

施肥量和种植密度是影响甘蔗产量和品质的重要栽培技术措施, 不同的甘蔗品种适宜的施肥量和种植密度各不相同, 合理的施肥量和种植密度是实现高产、高糖、高效栽培的关键^[12-13]。刘晓静等^[14]通过对 4 个甘蔗品种不同施肥处理的研究发现, 低肥区和中肥区甘蔗平均产量和含糖量显著高于高肥区。陆建勋等^[15]研究表明, 甘蔗种植密度越高, 单位面积有效茎数越多, 甘蔗产量和含糖量就

作者简介: 罗亚伟, 研究方向为甘蔗栽培、植保与机械化应用, E-mail: lyw3021223@163.com

高轶静为通信作者, 研究方向为甘蔗栽培与遗传育种, E-mail: yijinggao@aliyuan.com; 周珊为共同通信作者, 研究方向为甘蔗种质资源评价与创新利用, E-mail: 272385977@qq.com

基金项目: 国家糖料产业技术体系甘蔗宿根栽培岗位科学家项目 (CARS-17); 国家现代农业产业技术体系广西甘蔗创新团队建设 (No.NYCYTXGXCXTD-2021-03-03); 广西特色作物试验站建设项目 (TS202105); 蔗糖产业省部共建协同创新中心 (201812639)

收稿日期: 2024-11-28; 修回日期: 2025-01-08; 网络出版日期: 2025-03-03

越高，但种植密度过高反而造成减产。壮糖 6 号作为特早熟高产高糖的潜力新品种，具有广阔的推广前景，但其配套的栽培技术措施鲜见报道。本研究分别在广西南宁隆安蔗区和崇左江州蔗区采用不同施肥量和种植密度 2 个因素进行裂区试验，以施肥量为主处理、种植密度为副处理，探讨 2 个蔗区不同施肥量与种植密度下壮糖 6 号产量及其构成因素的表现，分析不同处理的经济效益，以确定该品种适宜的施肥量及种植密度，为大面积推广种植该品种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试甘蔗品种为壮糖 6 号，由崇左市农业科学研究所选育，2024 年 4 月 21 日通过农业农村部非主要农作物品种登记。供试肥料为 42% 复合肥（N:P₂O₅:K₂O=20:7:15），由九禾股份有限公司生产。

1.2 试验地状况

隆安蔗区试验在广西南宁市隆安县丁当镇浪弯华侨农场定洪分场进行，前茬为甘蔗，土壤为红壤土，播种前采样分析土壤养分含量为全氮 1.44 g/kg、全磷 0.96 g/kg、全钾 8.77 g/kg、水解性氮 128.00 mg/kg、有效磷 35.60 mg/kg、速效钾 311.00 mg/kg、有机质 29.60 g/kg、pH 4.65；江州蔗区试验在广西崇左市江州区新和镇孔香良种繁育基地进行，前茬为甘蔗，土壤为红壤土，播种前采样分析土壤养分含量为全氮 2.01 g/kg、全磷 1.37 g/kg、全钾 4.89 g/kg、水解性氮 183.00 mg/kg、速效钾 273.00 mg/kg、有效磷 77.90 mg/kg、有机质 35.00 g/kg、pH 3.52。

1.3 试验方法

本试验分别在隆安蔗区和江州蔗区进行，隆安蔗区于 2023 年 3 月 6 日种植，种植后铺滴带淋水盖膜；江州蔗区于 2023 年 3 月 17 日种植，种植时未淋水盖膜。分 2 次进行施肥，基肥统一施 375 kg/hm²，剩余肥料在大培土时施完，其他田间管理按常规生产方法进行，于 2024 年 3 月 12–15 日收获。

采用施肥量与种植密度两因素裂区试验（表 1），以施肥量（A）为主处理，种植密度（B）为副处理，3 次重复，共 45 个小区（小区 5 行，行长 7 m，行距 1.2 m，面积 42 m²）。以生产上常规施

肥量 3750 kg/hm²（A1）为高肥处理，2250 kg/hm²（A2）为中肥处理，1125 kg/hm²（A3）为低肥处理，生产上常规种植密度设 6 万芽/hm²（B1）为低密度、7.5 万芽/hm²（B2）为中低密度、9 万芽/hm²（B3）为中密度、10.5 万芽/hm²（B4）为中高密度、12 万芽/hm²（B5）为高密度。

表 1 试验处理
Table 1 Trial treatments

施肥量 Fertilizer rate	密度 Density				
	B1	B2	B3	B4	B5
A1	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4	A1B5
A2	A2B1	A2B2	A2B3	A2B4	A2B5
A3	A3B1	A3B2	A3B3	A3B4	A3B5

1.4 测定项目与方法

1.4.1 萌芽率 齐苗后调查各小区的甘蔗出苗数，计算萌芽率^[16]，萌芽率（%）=调查出苗数/下种量×100。

1.4.2 分蘖率 于分蘖盛期调查各小区的甘蔗分蘖数，计算分蘖率，分蘖率（%）=（调查总苗数-苗期出苗数）/苗期出苗数×100。

1.4.3 株高 于成熟期（12 月份）每小区随机调查 20 株正常甘蔗的株高，结果取平均值。

1.4.4 茎径 于成熟期每小区随机调查 20 株正常甘蔗的茎径，结果取平均值。

1.4.5 锤度 于成熟期每小区随机调查 20 株正常甘蔗中部节的锤度，结果取平均值。

1.4.6 有效茎数 于甘蔗收获时调查各小区的有效茎数。

1.4.7 产量 于甘蔗收获时称量各小区的实际产量，结果换算为每公顷产量。

1.4.8 经济效益 以当年原料蔗价格 510 元/t、肥料价格 3200 元/t、蔗种以常规 0.8 t/hm²，约 10.5 万芽/hm²折 0.058 元/芽计，经济效益（元/hm²）=产值-肥料成本-蔗种成本。

1.5 数据处理

采用 Excel 2010 和 DPS 9.01 软件进行数据统计和差异显著性分析，采用 Tbtools-II 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同施肥量和种植密度的农艺及产量性状比较

从表 2、表 3 可以看出，隆安蔗区和江州蔗区两地不同施肥量的株高、茎径和锤度差异均不显

著。隆安蔗区分蘖率和产量均为 $A3 > A2 > A1$ ；江州蔗区株高和产量均为 $A1 > A2 > A3$ ，隆安蔗区 A1、A2 和 A3 的产量分别为 81.35、81.85 和 84.18 t/hm²，均高于江州蔗区的 67.83、66.83 和

64.60 t/hm²，可能与江州蔗区种植时未淋水盖膜、种茎萌芽出苗较迟以及苗期生长缓慢有关，同时江州蔗区土壤酸度比隆安蔗区偏大，也会影响肥料养分的吸收。

表 2 隆安蔗区试验壮糖 6 号不同处理甘蔗农艺及产量性状
Table 2 Agronomic and yield traits of Zhuangtang 6 under different treatments in Long'an sugarcane area

处理 Treatment	萌芽率 Germination rate (%)	分蘖率 Tillering rate (%)	株高 Plant height (cm)	茎径 Stalk diameter (cm)	有效茎数 (条/hm ²) Number of effective stalks (stalk/hm ²)	产量 Yield (t/hm ²)	锤度 Brix (%)
A1	63.21a	51.18a	287.79a	3.10a	53 921a	81.35a	24.15a
A2	63.61a	51.40a	282.58a	3.09a	53 968a	81.85a	23.55a
A3	63.14a	54.86a	283.56a	3.05a	53 365a	84.18a	23.84a
B1	63.91ab	79.01a	280.59a	3.07a	50 979b	73.60b	23.73a
B2	66.67a	60.59ab	281.41a	3.08a	52 672ab	78.00ab	24.06a
B3	66.61a	48.56ab	287.63a	3.10a	54 312ab	82.85ab	23.70a
B4	63.76ab	39.91b	285.24a	3.08a	55 212a	89.00a	23.92a
B5	55.64b	35.32b	288.33a	3.07a	55 582a	88.87a	23.81a

不同小写字母表示差异达显著水平 ($P < 0.05$)，下同。

Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$), the same below.

表 3 江州蔗区试验壮糖 6 号不同处理甘蔗农艺及产量性状
Table 3 Agronomic and yield traits of Zhuangtang 6 under different treatments in Jiangzhou sugarcane area

处理 Treatment	萌芽率 Germination rate (%)	分蘖率 Tillering rate (%)	株高 Plant height (cm)	茎径 Stalk diameter (cm)	有效茎数 (条/hm ²) Number of effective stalks (stalk/hm ²)	产量 Yield (t/hm ²)	锤度 Brix (%)
A1	61.15a	37.16a	193.91a	2.94a	54 587a	67.83a	24.59a
A2	62.46a	33.07a	193.19a	2.96a	53 952a	66.83a	24.77a
A3	60.07a	31.74a	190.54a	2.94a	54 571a	64.60a	24.70a
B1	62.58a	65.58a	184.62a	2.98abAB	44 577dC	54.18b	24.81a
B2	60.00a	39.26ab	190.42a	3.01aA	51 455cBC	63.08ab	24.60a
B3	62.57a	31.97ab	191.48a	2.94abcAB	55 185bcAB	67.52ab	24.83a
B4	59.95a	23.90b	196.82a	2.91bcAB	58 783abAB	72.76ab	24.59a
B5	61.03a	9.23b	199.39a	2.89cB	61 852aA	74.58a	24.59a

不同大写字母表示差异达极显著水平 ($P < 0.01$)，下同。

Different capital letters indicate extremely significant difference ($P < 0.01$), the same below.

两地不同种植密度的株高和锤度的差异均不显著；江州蔗区萌芽率差异均不显著，隆安蔗区 B5 处理萌芽率显著低于 B2 和 B3 处理；分蘖率随着种植密度增加而减少，隆安蔗区及江州蔗区 B1 处理分蘖率均显著高于 B4 和 B5 处理；隆安蔗区茎径差异不显著，江州蔗区 B2 处理最大，显著高于 B4 处理，极显著高于 B5 处理，B1 处理显著高于 B4 和 B5 处理；有效茎数随着种植密度增加而增加，隆安蔗区 B1 处理有效茎数最少，显著低于 B4 和 B5 处理，江州蔗区 B5 处理有效茎数最多，显著高于 B3 处理，极显著高于 B1 和 B2 处理，B4 处理显著高于 B2 处理，极显著高于 B1 处理，B3 处理极显著高于 B1 处理；甘蔗产量除隆安蔗区 B4

处理略高于 B5 处理外，其余处理随着种植密度增加而增加，隆安蔗区 B1 处理产量最低，显著低于 B4 处理和 B5 处理，江州蔗区 B5 处理产量最高，显著高于 B1 处理。

2.2 不同施肥量与种植密度互作的农艺及产量性状表现

施肥量与密度互作的萌芽率和株高两地试验的差异均不显著（表 4 和表 5）。分蘖率均随着密度增加而减小，两地均是 A1B1 处理最高，分别为 87.98% 和 76.76%，隆安蔗区 A1B1 处理分蘖率显著高于 A1B4、A2B4、A2B5、A3B4 和 A3B5 处理，极显著高于 A1B5 处理；江州蔗区 A1B1 处理显著高于 A1B4、A2B4 和 A3B4 处理，极显著高于

A1B5、A2B5 和 A3B5 处理。隆安蔗区试验的茎径 高密度的 A1B5、A2B5、A3B5 和中高密度的 A2B4 差异不显著，江州蔗区 A2B2 处理最大，显著高于 处理。

表 4 隆安蔗区试验壮糖 6 号施肥量与种植密度互作的产量性状
Table 4 Yield traits of the interaction between fertilizer application and planting density of Zhuangtang 6 in Long'an sugarcane area

处理 Treatment	萌芽率 Germination rate (%)	分蘖率 Tillering rate (%)	株高 Plant height (cm)	茎径 Stalk diameter (cm)	有效茎数 (条/hm ²) Number of effective stalks (stalk/hm ²)	产量 Yield (t/hm ²)	锤度 Brix (%)
A1B1	60.13a	87.98aA	281.93a	3.08a	51 667abc	74.19bc	23.77ab
A1B2	65.71a	63.64abcAB	286.18a	3.12a	52 540abc	77.02abc	24.67a
A1B3	69.30a	39.05cAB	284.67a	3.15a	54 524abc	84.11abc	23.98ab
A1B4	65.00a	36.76cAB	291.31a	3.10a	55 317abc	86.23abc	24.28ab
A1B5	55.91a	28.45cB	294.84a	3.07a	55 556ab	85.21abc	24.02ab
A2B1	66.53a	66.40abcAB	282.89a	3.09a	50 714bc	71.73c	23.49b
A2B2	68.15a	53.14abcAB	279.78a	3.10a	53 095abc	73.98bc	23.55b
A2B3	64.56a	53.93abcAB	286.34a	3.11a	54 762abc	81.27abc	23.57b
A2B4	62.42a	43.26bcAB	280.16a	3.08a	55 794a	92.32a	23.63b
A2B5	56.37a	40.25cAB	283.76a	3.08a	55 476ab	89.96ab	23.49b
A3B1	65.07a	82.65abA	276.96a	3.04a	50 556c	74.87abc	23.92ab
A3B2	66.14a	64.98abcAB	278.27a	3.03a	52 381abc	83.00abc	23.95ab
A3B3	65.96a	52.68abcAB	291.89a	3.03a	53 651abc	83.16abc	23.54b
A3B4	63.86a	36.72cAB	284.27a	3.05a	54 524abc	88.45abc	23.86ab
A3B5	54.65a	37.26cAB	286.40a	3.07a	55 714a	91.44ab	23.93ab

表 5 江州蔗区试验壮糖 6 号施肥量与种植密度互作的产量性状
Table 5 Yield traits of the interaction between fertilizer application and planting density of Zhuangtang 6 in Jiangzhou sugarcane area

处理 Treatment	萌芽率 Germination rate (%)	分蘖率 Tillering rate (%)	株高 Plant height (cm)	茎径 Stalk diameter (cm)	有效茎数 (条/hm ²) Number of effective stalks (stalk/hm ²)	产量 Yield (t/hm ²)	锤度 Brix (%)
A1B1	60.93a	76.76aA	182.97a	2.98ab	45 635cdBCD	55.87ab	24.82a
A1B2	63.70a	40.05abcAB	192.60a	2.98ab	52 143bcdABCD	65.25ab	24.51a
A1B3	60.18a	41.30abcAB	198.33a	2.93ab	55 571abcABCD	65.81ab	24.85a
A1B4	59.17a	18.50bcAB	193.07a	2.93ab	58 810abAB	77.40a	24.30a
A1B5	61.78a	9.17cB	202.60a	2.89b	62 778aA	74.83ab	24.45a
A2B1	62.80a	62.61abAB	191.23a	3.02ab	43 095dD	54.04ab	24.82a
A2B2	59.15a	45.70abcAB	186.85a	3.08a	50 635bcdABCD	59.93ab	24.80a
A2B3	68.07a	26.17bcAB	193.03a	2.94ab	55 952abABCD	71.01ab	24.70a
A2B4	61.82a	23.27bcAB	199.77a	2.86b	59 683abA	74.27ab	24.85a
A2B5	60.46a	7.59cB	195.05a	2.90b	60 397abA	74.88ab	24.70a
A3B1	64.00a	57.39abAB	179.67a	2.95ab	45 000cdCD	52.62b	24.79a
A3B2	57.14a	32.04bcAB	191.80a	2.98ab	51 587bcdABCD	64.04ab	24.50a
A3B3	59.47a	28.45bcAB	183.08a	2.95ab	56 032abABCD	65.73ab	24.95a
A3B4	58.86a	29.91bcAB	197.63a	2.92ab	57 857abABC	66.61ab	24.63a
A3B5	60.86a	10.92cB	200.52a	2.88b	62 381aA	74.02ab	24.63a

有效茎随着种植密度增加而增加（除隆安蔗区 A2B5 略低于 A2B4 处理外），隆安蔗区试验的 A2B4 和 A3B5 处理显著高于 A2B1 和 A3B1 处理，A1B5 处理显著高于 A3B1 处理；江州蔗区各施肥

水平 B5 处理均极显著高于 B1 处理，B4 处理显著高于 B1 处理。

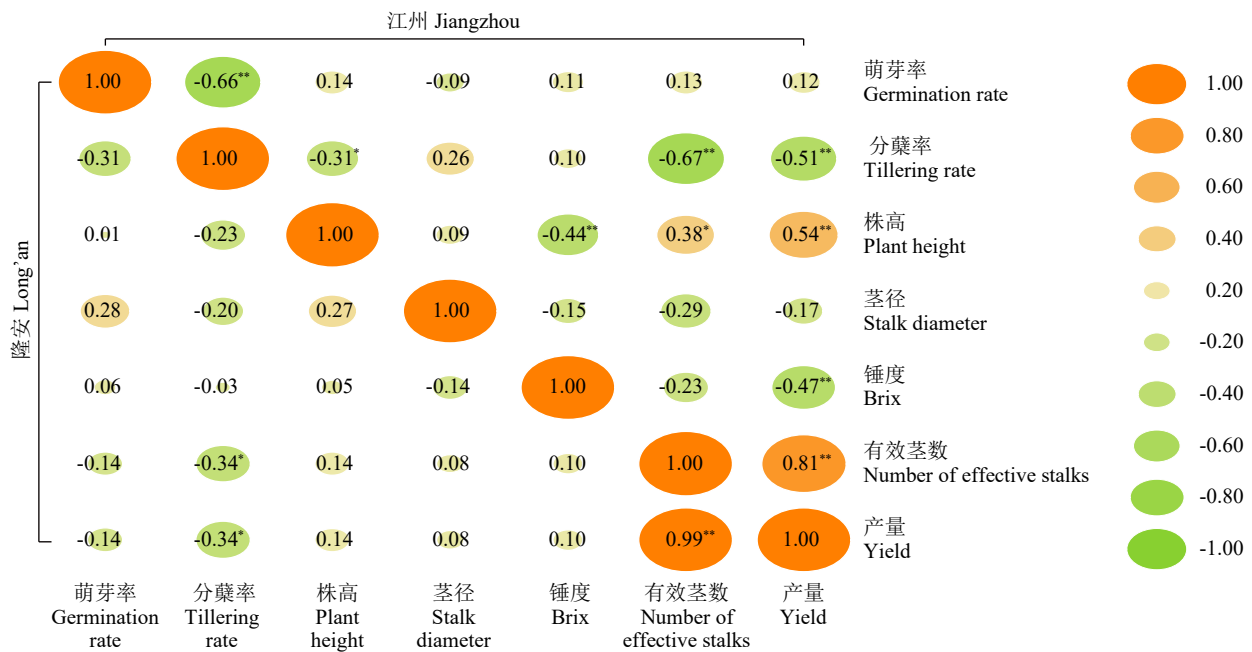
隆安蔗区 A2B4 处理甘蔗产量最高，显著高于 A1B1、A2B1 和 A2B2 处理，A3B5 处理产量显著

高于 A2B1 处理，江州蔗区甘蔗产量 A1B4 处理最高，显著高于 A3B1 处理，除 A1B4 处理外甘蔗产量随着种植密度增加而增加；甘蔗锤度隆安蔗区试验的 A1B2 处理最高，显著高于低肥的 A3B3 处理和中肥的各密度处理。江州蔗区试验的锤度差异不显著。

2.3 不同施肥量与种植密度农艺及产量性状相关性分析

对壮糖 6 号不同施肥量与种植密度农艺及产量性状进行相关性分析，结果（图 1）显示，隆安蔗

区有效茎数和甘蔗产量与分蘖率呈显著负相关，说明随着分蘖率的提高单位面积的甘蔗苗数增加，蔗苗个体间竞争增强，最终造成有效茎数减少和产量的降低；甘蔗产量随着有效茎数的增加而提高，与有效茎数呈极显著正相关。江州蔗区分蘖率与萌芽率呈极显著负相关，说明萌芽率越低，单位面积的甘蔗苗数越少，蔗苗分蘖越强；与隆安蔗区相比有效茎数和甘蔗产量与分蘖率相关性较大，呈极显著负相关；甘蔗产量随着株高和有效茎数的增加而提高，与株高和有效茎数呈极显著正相关。



“*”和“**”分别表示在 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 水平显著和极显著相关。
 “*” and “**” indicate significant and extremely significant correlations at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ levels, respectively.

图 1 壮糖 6 号不同施肥量与种植密度农艺及产量性状相关性分析
 Fig.1 Correlation analysis of agronomic and yield traits of Zhuangtang 6 under different fertilizer application rate and planting density

2.4 不同施肥量与种植密度的经济效益分析

由表 6 和表 7 可知，种植密度对甘蔗产量影响较大，两地试验产量排前 5 位的都是中高密度组合（B4、B5），中低密度（B2）、低密度（B1）组合几乎都排在第 10 位以后；肥料对甘蔗产量影响不同，隆安蔗区试验产量排前 4 位的都是中肥和低肥组合，江州蔗区产量排前 4 位的都是高肥和中肥组合。从经济效益上看，隆安蔗区试验排前 4 位分别为 A3B5、A3B4、A3B2 和 A2B4 处理，江州蔗区试验排前 4 位的分别为 A3B5、A3B2、A3B3 和 A2B4 处理。两地试验排第 1 位的都是 A3B5 处理，隆安蔗区试验 A3B5 处理产量为 91.44 t/hm²，

略低于排第 1 位的 A2B4 处理（92.32 t/hm²），经济效益为 36 074.4 元/hm²，高于 A2B4 处理（33 793.2 元/hm²），增收 6.75%，比效益排第 2 位的 A3B4 处理（35 419.5 元/hm²）增收 1.85%；江州蔗区 A3B5 处理产量为 74.02 t/hm²，低于排第 1 位的 A1B4 处理（77.40 t/hm²），经济效益为 27 190.2 元/hm²，高于 A1B4 处理（21 384.00 元/hm²），增收 27.15%，比效益排第 2 位的 A3B2 处理（24 710.4 元/hm²）增收 10.04%。综合两地试验结果，A3B5 处理虽然产量不是最高，但其经济效益均为最好，因此 A3B5 处理的种植密度和施肥量组合最佳。

表 6 隆安蔗区不同处理组合下的产量及效益分析
Table 6 Analysis of yield and benefit under different treatment combinations in Long'an sugarcane area

处理 Treatment	产量 Yield (t/hm ²)	产量排位 Yield ranking	产值 (元/hm ²) Output value (yuan/hm ²)	肥料成本 (元/hm ²) Fertilizer cost (yuan/hm ²)	蔗种成本 (元/hm ²) Cane seed cost (yuan/hm ²)	经济效益 (元/hm ²) Economic benefit (yuan/hm ²)	经济效益排位 Economic benefit ranking
A2B4	92.32	1	47 083.2	7200	6090	33 793.2	4
A3B5	91.44	2	46 634.4	3600	6960	36 074.4	1
A2B5	89.96	3	45 879.6	7200	6960	31 719.6	6
A3B4	88.45	4	45 109.5	3600	6090	35 419.5	2
A1B4	86.23	5	43 977.3	12 000	6090	25 887.3	11
A1B5	85.21	6	43 457.1	12 000	6960	24 497.1	13
A1B3	84.11	7	42 896.1	12 000	5220	25 676.1	12
A3B3	83.16	8	42 411.6	3600	5220	33 591.6	5
A3B2	83.00	9	42 330.0	3600	4350	34 380.0	3
A2B3	81.27	10	41 447.7	7200	5220	29 027.7	8
A1B2	77.02	11	39 280.2	12 000	4350	22 930.2	14
A3B1	74.87	12	38 183.7	3600	3480	31 103.7	7
A1B1	74.19	13	37 836.9	12 000	3480	22 356.9	15
A2B2	73.98	14	37 729.8	7200	4350	26 179.8	9
A2B1	71.73	15	36 582.3	7200	3480	25 902.3	10

表 7 江州蔗区不同处理组合下的产量及效益分析
Table 7 Analysis of yield and benefit under different treatment combinations in Jiangzhou sugarcane area

处理 Treatment	产量 Yield (t/hm ²)	产量排位 Yield ranking	产值 (元/hm ²) Output value (yuan/hm ²)	肥料成本 (元/hm ²) Fertilizer cost (yuan/hm ²)	蔗种成本 (元/hm ²) Cane seed cost (yuan/hm ²)	经济效益 (元/hm ²) Economic benefit (yuan/hm ²)	经济效益排位 Economic benefit ranking
A1B4	77.40	1	39 474.0	12 000	6090	21 384.0	8
A2B5	74.88	2	38 188.8	7200	6960	24 028.8	6
A1B5	74.83	3	38 163.3	12 000	6960	19 203.3	10
A2B4	74.27	4	37 877.7	7200	6090	24 587.7	4
A3B5	74.02	5	37 750.2	3600	6960	27 190.2	1
A2B3	71.01	6	36 215.1	7200	5220	23 795.1	7
A3B4	66.61	7	33 971.1	3600	6090	24 281.1	5
A1B3	65.81	8	33 563.1	12 000	5220	16 343.1	14
A3B3	65.73	9	33 522.3	3600	5220	24 702.3	3
A1B2	65.25	10	33 277.5	12 000	4350	16 927.5	12
A3B2	64.04	11	32 660.4	3600	4350	24 710.4	2
A2B2	59.93	12	30 564.3	7200	4350	19 014.3	11
A1B1	55.87	13	28 493.7	12 000	3480	13 013.7	15
A2B1	54.04	14	27 560.4	7200	3480	16 880.4	13
A3B1	52.62	15	26 836.2	3600	3480	19 756.2	9

3 讨论

两地试验农艺及产量各性状与施肥水平差异均不显著。隆安蔗区高密度的 B5 处理萌芽率显著低于 B2 和 B3 处理，或与播种时种茎铁轨式横向排列，间距过小，种根相互影响有关；江州蔗区试验为楼梯状竖向排列，种茎相互间影响较小，所以萌芽率差异不显著。隆安蔗区茎径与种植密

度差异不显著，江州蔗区茎径 B4 和 B5 处理显著或极显著小于 B1 和 B2 处理。有效茎数都随着密度的增加而增加，隆安蔗区 B4 和 B5 处理有效茎数显著多于 B1，江州蔗区 B4 和 B5 处理显著或极显著多于 B1、B2 和 B3 处理。甘蔗产量隆安蔗区 B4 和 B5 处理均显著高于 B1 处理，江州蔗区 B5 处理显著高于 B1 处理。江州蔗区甘蔗产量偏低，部分性状与隆安蔗区有所差异，可能与种植后遇

上干旱天气,未能及时淋水盖膜,造成甘蔗萌芽出苗迟,苗期生长缓慢有关。同时江州蔗区土壤pH为3.52,酸度大于隆安蔗区pH(4.65),土壤酸化造成养分平衡失调,土壤微生物活性显著降低,肥料利用率低,土壤强酸性还会导致铝离子含量过高,酸和铝毒胁迫对甘蔗产生毒害的同时土壤中重金属也被活化,严重抑制甘蔗生长,造成产量下降^[17-18]。

甘蔗产量构成因素主要是株高、茎径和有效茎,无论是江州蔗区还是隆安蔗区的试验,甘蔗产量与有效茎数均呈极显著正相关,与分蘖率呈显著或极显著负相关,试验结果与段维兴等^[12]得出的高、中、低肥处理下分蘖率与产量呈负相关、有效茎数与产量呈正相关的结果基本相符;谭芳等^[13]研究也认为,甘蔗有效茎数与产量的相关系数较大,且均达显著水平;陆中华^[19]对32个甘蔗品种或组合的产量构成因素与产量的相关性分析也表明,有效茎数与鲜蔗产量呈极显著正相关。氮、磷和钾是植物生长所必需的营养元素,对甘蔗长高(茎长)和长粗(茎径)至关重要,是形成甘蔗产量的重要因素,施肥量不足,甘蔗营养不良,植株矮小,产量低下,施肥过量养分容易流失造成浪费,增加成本,同时会产生肥害,影响甘蔗生长^[20]。生产上通常通过合理密植获得尽可能多的有效茎数,通过合理的施肥量促进甘蔗生长获得较高的单茎重,合理的施肥量和种植密度组合能提高肥料利用率,降低生产成本,提高甘蔗产量,从而增加蔗农收入。

从本研究试验结果来看,施肥量水平对壮糖6号甘蔗产量影响不显著,随着种植密度增大甘蔗产量增加,至最高种植密度甘蔗产量显著高于最低密度。甘蔗产量与分蘖率呈显著负相关(隆安蔗区)或极显著负相关(江州蔗区),与有效茎数呈极显著正相关,与株高呈极显著正相关(江州蔗区)。在施肥量与种植密度的互作效应下隆安蔗区中、低施肥水平和中高、高密度下种量组合表现出较高的产量,江州蔗区中、高施肥水平和中高、高密度下种量组合表现出较高的产量。然而,高产量不一定能取得高效益,隆安蔗区产量排位第2的A3B5组合效益最高,比最高产量组合A2B4处理增收6.75%,江州蔗区产量排位第5的A3B5组合效益最高,比最高产量组合A1B4处理增收27.15%。

4 结论

施肥水平和种植密度是影响甘蔗产量的重要因素,合理的施肥量和种植密度组合能提高甘蔗产量,降低生产成本,从而提高经济效益。为实现节本增效,减少肥料和种茎投入、促进宿根蔗地下蔗蔸和芽库发育,根据各蔗区不同的水肥条件和管理水平,建议壮糖6号高产高效的种植密度为10 500~12 000芽/hm²,适宜施肥量为1125~2250 kg/hm²。

参考文献

- [1] 张跃彬, 邓军, 胡朝晖. “十三五”我国蔗糖产业现状及“十四五”发展趋势. 中国糖料, 2022, 44(1): 71-76.
- [2] 罗亚伟, 覃振强, 李德伟, 等. 不同甘蔗品种主茎与一级分蘖茎的生长表现简报. 亚热带农业研究, 2023, 19(2): 132-136.
- [3] 黄慧文, 李德伟, 梁菊菊, 等. 我国甘蔗用农药登记现状分析. 农药, 2024, 63(3): 157-162.
- [4] 韦昌联. 广西蔗区新台糖22号种性退化现状分析及对策措施. 南方农业学报, 2012, 43(12): 2113-2117.
- [5] 谭秦亮, 朱鹏锦, 程琴, 等. 不同甘蔗品种(系)的产量构成因素及品质比较. 作物杂志, 2019(3): 49-54.
- [6] 刘明, 陈用, 韦贵剑, 等. 广西糖料蔗品种登记状况分析. 广西农学报, 2024, 39(2): 8-12.
- [7] 张跃斌, 赵培方, 胡朝晖, 等. 近年我国甘蔗品种的育种成就与发展趋势. 中国糖料, 2024, 46(1): 87-92.
- [8] 雷洪均, 曾剑威, 谢廷林, 等. 横州市2020-2021年甘蔗品种区域试验结果分析. 广西糖业, 2022, 42(6): 29-34.
- [9] 陈明桂, 李雪群. 我市大力推进糖料蔗新品种“壮糖6号”示范试种. (2024-03-20) [2024-11-28]. <http://www.chongzuo.gov.cn/dtxx/zwdt/t18161615.shtml>.
- [10] 云南糖网. 关于将“壮糖6号”纳入崇左市糖料蔗健康种苗推广范畴的通知. (2023-10-11) [2024-11-28]. https://finance.sina.cn/futuremarket/nepzx/2023-10-11/detail-imzquife2587286.d.html?cid=76587&node_id=76587.
- [11] 曾林华. 崇左开启新一轮榨季. 广西日报, 2024-11-15(2).
- [12] 段维兴, 刘许辉, 杨海霞, 等. 施肥量与种植密度对桂糖29号产量及构成因素的影响. 南方农业学报, 2012, 43(8): 1145-1148.
- [13] 谭芳, 经艳, 王伦旺, 等. 不同施肥量和种植密度对桂糖32号甘蔗蔗糖分和产量的影响. 江苏农业学报, 2016, 32(5): 1055-1059.
- [14] 刘晓静, 邓展云, 刘海斌, 等. 不同施肥处理对甘蔗新品种农艺性状的影响. 中国糖料, 2012(1): 25-26.
- [15] 陆建勋, 邓展云, 刘晓静, 等. 不同种植密度对桂糖系列甘蔗新品种农艺性状及产量的影响. 广西农业科学, 2010, 41(11): 1170-1172.
- [16] 陈文耀. 广西甘蔗栽培. 南宁: 广西科学技术出版社, 1991.
- [17] 吴凯朝, 徐林, 覃兴云, 等. CaO型土壤调理剂对蔗地pH调节效果及对甘蔗生长的影响. 甘蔗糖业, 2021, 50(3): 58-64.
- [18] 谢金兰, 莫璋红, 林丽, 等. 新植甘蔗幼苗黄化及生长缓慢的原因初探. 广西糖业, 2021(6): 3-7.
- [19] 陆中华. 甘蔗产量构成因素与产量的关系. 种子, 2002(3): 38-39, 65.
- [20] 罗亚伟, 黄家训, 覃振强, 等. 广西来宾蔗区不同下种量和施氮量对甘蔗新品种桂糖46号生长、产量和经济效益的影响. 甘蔗糖业, 2024, 53(3): 9-16.

Effects of Fertilizer Rate and Planting Density in Different Sugarcane Areas on Yield and Economic Benefit of Zhuangtang 6

Luo Yawei¹, Nong Yongqian², Su Zhiyou², Yang Taiyi¹, Yang Cuifang¹,
Liu Limin¹, Lu Shanyu¹, Su Shuquan³, Zhou Shan¹, Gao Yijing¹

(¹Sugarcane Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Sugarcane Biotechnology and Genetic Improvement of Guangxi, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Guangxi Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Nanning 530007, Guangxi, China; ²Chongzuo Agricultural Science Research Institute, Chongzuo 530215, Guangxi, China; ³Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, Guangxi, China)

Abstract To understand the effects of different fertilization rates and planting densities on yield and economic benefit of Zhuangtang 6, and to determine the optimal fertilization level and planting density, field experiments were carried out in Long'an cane area of Nanning and Jiangzhou cane area of Chongzuo. A two-factor split-block design was conducted, with the main treatment (A) of fertilization. Three levels of 42% compound fertilizer 3750 (high fertilizer, A1), 2250 (medium fertilizer, A2) and 1125 kg/ha (low fertilizer, A3) were set. For secondary treatment (B), five planting densities were set: low density B1 (60 000 buds/ha), medium-low density B2 (75 000 buds/ha), medium density B3 (90 000 buds/ha), medium-high density B4 (105 000 buds/ha), and high density B5 (120 000 buds/ha). The results showed that the yield of Zhuangtang 6 sugarcane increased with the increasing planting density; however, there was no significant difference between yield and fertilization level. The correlation analysis showed that the yield and tillering rate were negatively correlated in the two cane areas (significantly in Long'an and extremely significantly in Jiangzhou), and yield was significantly positively correlated with the number of productive stalks. The economic benefit of A3B5 treatment was the highest. The yield of A3B5 treatment in Long'an area of Nanning was 91.44 t/ha, with an economic benefit of 35 419.5 yuan/ha, which was 6.75% higher than that of A2B4 treatment with the highest yield of 92.32 t/ha. The yield of A3B5 treatment in Jiangzhou area of Chongzuo was 74.88 t/ha, with an economic benefit of 27 190.2 yuan/ha, which was 27.15% higher than that of A1B4 treatment with the highest yield of 77.40 t/ha. Considering the different water and fertilizer conditions and management levels of the two sugarcane areas, the suitable fertilizer application rate for high-yield and high efficiency planting of Zhuangtang 6 is 1125-2250 kg/ha, and the reasonable planting density is 10 500-12 000 buds/ha.

Key words Sugarcane; Zhuangtang 6; Fertilizer application rate; Planting density; Yield; Economic benefit