文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4678 /（中图刊号）：650GL004

菠萝测土配方轻简化施肥技术研究

李志勇[1] 胡小忠[2] 苏增强[2] 经福林[2*] 徐杨玉[3,4]
1 广东省农垦集团公司
2 广东省湛江农垦科学研究所
3 广东省农垦南亚热带作物科技中心
4 广东农垦热带农业研究院有限公司
DOI:10.32629/as.v8i12.3583

[摘 要] 针对菠萝传统施肥中肥料过量、养分失衡和劳动力投入大的问题,研究测土配方轻简化施肥技术的效果。在广东雷州半岛砖红壤区,以‘巴厘’和‘台农17号’菠萝为材料,设置常规施肥(CK)和测土配方处理(B/F、B1/F1、B2/F2),比较农艺性状、产量、品质、经济效益和土壤性质。与CK相比,该技术显著降低成本和肥料用量:‘巴厘’B处理亩节本291.20元,减肥61.20kg;‘台农17号’F1处理亩节本201.20元,减肥61.20kg。B2/F2处理增产显著:‘巴厘’B2亩产4.29t,增产14.40%;‘台农17号’F2亩产2.84t,增产11.37%。品质上,可溶性固形物增加,糖酸比优化,风味改善。土壤pH从4.36升至4.83,缓解酸化。该技术能精准施肥,减少劳务,增产增收,改善土壤,保护环境,可推广。
[关键词] 菠萝；测土配方施肥；轻简化；经济效益
中图分类号：S147.2 文献标识码：A

Study on Simplified Soil Testing–Based Formulated FertilizationTechnology for Pineapple

Zhiyong Li[1] Xiaozhong Hu[2] Zengqiang Su[2] Fulin Jing[2*] Yangyu Xu[3,4]
1 Guangdong Agribusiness Group Corporation
2 Guangdong Zhanjiang Agribusiness Scientific Research Institute
3 Guangdong Agribusiness South Asia Tropical Corp Science&Technology Center
4 Guangdong Agribusiness Tropical Agricultural Research Institute Co., Ltd.

[Abstract] To address the issues of excessive fertilizer use, nutrient imbalance, and high labor input in traditional pineapple fertilization, this study investigates the effects of soil testing and formula light simplified fertilization technology. In the brick red soil area of Leizhou Peninsula, Guangdong, using 'Bali' and 'Tainong 17' pineapples as materials, conventional fertilization (CK) and soil testing and formula treatments (B/F, B1/F1, B2/F2) were set up to compare agronomic traits, yield, quality, economic benefits, and soil properties. Compared with CK, this technology significantly reduces costs and fertilizer usage: the 'Bali' B treatment saved 291.20 yuan per mu and reduced fertilizer use by 61.20kg; the 'Tainong 17' F1 treatment saved 201.20 yuan per mu and reduced fertilizer use by 61.20kg. The B2/F2 treatment showed significant yield increases: 'Bali' B2 produced 4.29 tons per mu, an increase of 14.40%; 'Tainong 17' F2 produced 2.84 tons per mu, an increase of 11.37%. In terms of quality, soluble solids increased, the sugar–to–acid ratio improved, and flavor was enhanced. The soil pH rose from 4.36 to 4.83, alleviating acidification. This technology enables precise fertilization, reduces labor, increases yield and income, improves soil, and protects the environment, making it suitable for promotion.
[Key words] pineapple; soil testing and formula fertilization; simplified; economic benefits

引言

菠萝(Ananas comosus (L.)Merr.)作为世界第三大热带水果,是我国热带地区重要的经济作物。广东省是我国菠萝生产大省,其中雷州半岛地区的产量占全省90%以上[1]。然而,我国菠萝种植多以小农经营为主,普遍存在管理粗放、施肥不合理等问题[2]。研究表明,农民习惯施用高比例复合肥(如17-17-17),导致氮、磷过量而钾肥相对不足,与菠萝对氮、钾需求高、对磷需求较低的营养特性相悖[3-5]。此外,粗放的撒施方式和集中的

表 1 巴厘施肥投入与成本分析

内容	肥料用量(kg/667㎡)									成本(yuan/667㎡)
	施肥次数	有机肥	尿素	复合肥	硫酸镁	肥王(补铁)	磷肥	配方肥	矿物黄腐酸钾	
	基肥	1000	——	100	——	——	50	——	——	——
常规施肥(CK)	叶面肥 5 次	——	1.0	13.5	2	2	——	——	3	——
	追肥	——	——	100	——	——	——	——	——	——
	合计	1000	1.0	213.5	2	2	50	0	3	2239.00
B	基肥	1000	——	——	——	——	——	100	——	——
	叶面肥 2 次	——	0.4	6	1	1	——	——	1	——
	追肥	——	——	——	——	——	——	100	——	——
	小计	1000	0.4	6	1	1	0	200	1	1947.80
B1	基肥	1000	——	——	——	——	——	110		——
	叶面肥 2 次	——	0.4	6	1	1	——	——	1	——
	追肥	——	——	——	——	——	——	110		——
	小计	1000	0.4	6	1	1	0	220	0	2054.60
B2	基肥	1000	——	——	——	——	——	120	——	——
	叶面肥 2 次	——	0.4	6	1	1	——	——	1	——
	追肥	——	——	——	——	——	——	120	——	——
	小计	1000	0.4	6	1	1	0	240	1	2167.80

注：尿素 3000 元/吨，复合肥 6400 元/吨，硫酸镁 3000 元/吨，肥王(补铁)2000 元/吨，矿物黄腐酸钾 3200 元/吨，有机肥 800 元/吨，磷肥 1000 元/吨，巴厘配方肥 5500 元/吨。

表 2 菠萝(台农 17 号)施肥投入与成本分析

内容	肥料用量(kg/667㎡)									成本(yuan/667㎡)
	施肥次数	有机肥	尿素	复合肥	硫酸镁	肥王(补铁)	磷肥	配方肥	矿物黄腐酸钾	
	基肥	1000	——	50	——	——	50	——	——	——
常规施肥(CK)	叶面肥 5 次	——	1.0	13.5	2	2	——	——	3	——
	追肥	——	——	50	——	——	——	——	——	——
	合计	1000	1.0	113.5	2	2	50	0	3	1599.00
F	基肥	1000	——	——	——	——	——	50	——	——
	叶面肥 2 次	——	0.4	6	1	1	——	——	1	——
	追肥	——	——	——	——	——	——	50	——	——
	小计	1000	0.4	6	1	1	0	100	1	1347.80
F1	基肥	1000	——	——	——	——	——	55	——	——
	叶面肥 2 次	——	0.4	6	1	1	——	——	1	——
	追肥	——	——	——	——	——	——	55	——	——
	小计	1000	0.4	6	1	1	0	110	1	1397.80
F2	基肥	1000	——	——	——	——	——	60	——	——
	叶面肥 2 次	——	0.4	6	1	1	——	——	1	——
	追肥	——	——	——	——	——	——	60	——	——
	小计	1000	0.4	6	1	1	0	120	1	1447.80

注：尿素 3000 元/吨，复合肥 6400 元/吨，硫酸镁 3000 元/吨，肥王(补铁)2000 元/吨，矿物黄腐酸钾 3200 元/吨，有机肥 800 元/吨，磷肥 1000 元/吨，凤梨配方肥 5000 元/吨。

施肥时期，不仅难以满足菠萝果实发育期对养分的需求，还易引起肥料利用率低下、土壤温室气体排放增加及水体富营养化等环境问题[6]。前人研究多集中于施肥量和施肥方式的优化。陈菁等[7]和严程明等[3]分别调查了不同地区的菠萝施肥量，结果差异较大，凸显了基于土壤基础养分状况进行精准施肥的必要性。石伟琦等[8]指出，增加施氮次数能提高菠萝产量和品质，但增加了劳动力成本。菠萝生长周期长，需肥量大，每生产1吨果实约带走7.0kgN、1.5kgP_2O_5和10.8kgK_2O[9-10]。因此，研发一种集测土配方、精准供应、省工省力于一体的施肥技术，对促进菠萝产业健康发展具有重要意义。本研究基于菠萝需肥规律，结合雷州半岛典型砖红壤的养分状况，设计并示范了测土配方轻简化施肥技术，通过与常规施肥模式比较，系统评估其在节本增效、改善土壤等方面的效果，以期为该技术的推广应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1试验地概况

试验于2022年10月至2024年4月在广东省华海糖业发展有限公司基地进行。该基地位于雷州半岛，试验地为旱坡地，土壤类型为砖红壤。试验前土壤基础理化性质为：pH4.36，有机质33.36g/kg，全氮1.39g/kg，碱解氮128.86mg/kg，有效磷26.15mg/kg，速效钾112.25mg/kg。地势平整，水利设施齐全、前茬作物为甘蔗。

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4678 /（中图刊号）：650GL004

表 3 不同处理对菠萝主要农艺性状的影响

品种	处理	株高(cm)	D 叶叶片长度(cm)	D 叶叶片宽度(cm)
巴厘	常规	82.14±1.05a	72.63±1.89a	6.6±0.41a
	B	81.41±1.15a	79.17±2.12a	6.2±0.54a
	B1	82.21±1.34a	70.18±1.92a	6.3±0.39a
	B2	82.49±1.51a	72.56±2.08a	6.5±0.41a
台农 17 号	常规	76.05±1.24a	68.11±1.67ab	5.8±0.34a
	F	74.38±1.21b	64.51±2.16c	5.6±0.38a
	F1	76.34±1.34a	66.75±2.32bc	5.7±0.32a
	F2	77.13±1.51a	69.21±2.0a	5.7±0.41a

注：同列数值后附不同字母者分别表示差异达 0.05 显著水平，下同。

表 4 不同处理对菠萝产量与品质的影响

品种	处理	667 m^2产量(t)	增产(%)	单果重(kg)	TSS(%)	TA(%)
巴厘	CK	3.75 ±0.21c	-	1.25±0.11b	17.56±0.51b	0.45±0.04a
	B	3.98 ±0.19b	6.13	1.31±0.12ab	17.81±0.42ab	0.44±0.03a
	B1	4.11 ±0.25ab	9.60	1.35±0.11ab	18.01±0.36a	0.43±0.06a
	B2	4.29 ±0.22a	14.40	1.41±0.13a	18.11±0.47a	0.42±0.04a
台农 17 号	CK	2.55 ±0.14b	-	1.22±0.11a	18.82±0.43b	0.38±0.03a
	F	2.68 ±0.13ab	5.10	1.26±0.12a	19.51±0.51ab	0.37±0.03a
	F1	2.76 ±0.15a	8.24	1.29±0.11a	20.02±0.46a	0.36±0.04a
	F2	2.84 ±0.15a	11.37	1.32±0.13a	19.95±0.42a	0.36±0.04a

表 5 试验前后土壤养分变化

内容	有机质(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	pH
试验前	33.36±2.03a	128.86±5.72a	26.15±1.35b	112.25±7.85a	4.36±0.04c
CK(试验后)	32.98±2.79a	125.42±5.78a	35.21±2.72a	111.54±6.82a	4.52±0.06b
B2/F2(试验后)	34.01±2.43a	130.15±6.83a	28.45±2.51b	115.36±8.76a	4.83±0.07a

1.2试验材料

供试菠萝品种为‘巴厘’和‘台农17号’。肥料包括：菠萝专用配方肥A(基肥型)、配方肥B(追肥型)；商品有机肥(有机质≥45%,N+P_2O_5+K_2O≥5%,水分≤20%)。

1.3试验设计

试验面积20亩,采用随机区组设计。设常规施肥(CK)和测土配方轻简化施肥三个水平处理：

CK(常规施肥)：按当地农户习惯施用有机肥1000kg/亩,复合肥(NPK含量：17-17-17)200kg(‘巴厘’基肥100kg,‘巴厘’追肥100kg；‘台农17号’基肥50kg,‘台农17号’追肥50kg),磷肥(P_2O_5含量≥16%)50kg(基肥),并喷施5次叶面肥。

测土配方[11]处理：基于土壤检测结果和目标产量(当地三年平均产量的1.10倍,‘巴厘’为3.30t/亩,‘台农17号’为2.48t/亩),计算养分需求量。根据养分平衡法[12]与当地土壤养分校正系数(N:0.49,P_2O_5:0.62,K_2O:0.56)及肥料利用率(N:0.32,P_2O_5:0.28,K_2O:0.31),土壤容重按1g/cm3计算,确定施肥量。其中：

‘巴厘’：基肥为有机肥1000kg/亩+配方肥LA(N-P_2O_5-K_2O=23-14-13),追肥为配方肥LB(N-P_2O_5-K_2O=13-14-23)。设三个水平：

B：配方肥L_A/L_B各100kg/亩

B1：配方肥L_A/L_B各110kg/亩(增施10%)

B2：配方肥L_A/L_B各120kg/亩(增施20%)

‘台农17号’：基肥为有机肥1000kg/亩+配方肥TA(N-P_2O_5-K_2O=20-14-12),追肥为配方肥TB(N-P_2O_5-K_2O=12-14-20)。设三个水平：

F：配方肥T_A/T_B各50kg/亩

F1：配方肥T_A/T_B各55kg/亩(增施10%)

F2：配方肥T_A/T_B各60kg/亩(增施20%)

犁地后施入有机肥料,并旋耕与土壤混合,使用菠萝一体化机械施肥、起畦、盖地膜和铺设滴灌管,每667m2施用配方基肥A；在催花前3个月,应完成追肥(配方追肥B)。轻简化处理将叶面肥喷施次数由5次减少至2次(1次补铁等微量元素,1次杀菌剂+钙等中微量元素)。

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4678 /（中图刊号）：650GL004

1.4测定项目与方法

土壤与植株农艺性状：于催花前1月内,每小区随机测定10株的株高及D叶长、D叶宽。

产量与品质：果实成熟期,每小区随机采收60个果实,统计合格果数,测定单果重,计算亩产。采用手持糖度计测定可溶性固形物(TSS),酸度计测定可滴定酸(TA)。

土壤养分：于试验结束后,按“S”形法采集0-20 cm耕层土壤样品,测定pH、有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量[13]。

经济效益：详细记录各处理肥料、人工等投入成本。

1.5数据分析

采用Excel 2010进行数据整理,SAS 9.0软件进行单因素方差分析(Duncan’s新复极差法进行显著性检验, α=0.05)。

2 结果与分析

2.1施肥节本增效分析

由表1、2可知,测土配方轻简化施肥技术可降低生产成本。‘巴厘’处理B、B1、B2的667m²均成本分别为1947.80、2054.60、2167.80元,较CK(2239.00元)分别节本291.20、184.40和71.20元。处理B化肥实物量较CK减少62.10kg/667m²。‘台农17号’处理F、F1、F2的667m²均成本分别为1347.80、1397.80、1447.80元,较CK(1599.00元)分别节本251.20、201.20和151.20元。处理F化肥实物量较CK减少62.10kg/667m²。

2.2菠萝主要农艺性状分析

由表3可知,在催花前,‘巴厘’各处理(常规、B、B1、B2)在株高、D叶长度及D叶宽度上均无显著差异(P>0.05),表明轻简化施肥未对‘巴厘’营养生长产生不利影响。对于‘台农17号’,处理F2的株高和D叶长显著优于F处理(P<0.05),说明适量增施配方肥(120%水平)促进了植株生长;各处理间叶宽无显著差异。

2.3菠萝产量与果实品质分析

由表4可知,不同配方施肥处理表现出不同的增产效果。‘巴厘’各配方肥处理的产量均显著高于CK。其中,处理B2产量最高,达4.29t/667m²,显著高于CK(3.75t/667m²)和处理B(3.98t/667m²),较CK增产14.40%;处理B1产量为4.11t/667m²,显著高于CK,与处理B2、处理B无显著差异。‘台农17号’处理F2产量最高,为2.84t/667m²,显著高于CK(2.55t/667m²),较CK增产11.37%,与处理F1(2.76t/667m²)、处理F(2.68t/667m²)无显著差异。在果实品质方面,‘巴厘’的B1、B2处理和‘台农17号’的F1、F2处理可溶性固形物含量显著高于各自CK,同时各处理可滴定酸含量与CK无显著差异,优化了果实糖酸比,改善了风味品质。

2.4试验后土壤养分变化

试验结束后对土壤进行检测发现(表5),测土配方施肥处理(以B2/F2为例)对土壤有一定的改良效果。土壤pH值由试验前的4.36提升至4.83,有效缓解了土壤酸化。同时,土壤有机质、碱解氮和速效钾含量保持稳定,而有效磷含量未有显著累积,说明养分供应更为均衡,减少了磷的固定与流失风险。

3 讨论

3.1测土配方轻简化施肥的节本增效机制

本研究结果表明,基于测土配方的轻简化施肥技术实现了显著的节本增效[14-15]。其核心机制在于“精准”与“简化”。首先,通过土壤测试和目标产量计算,精准匹配了菠萝各生育阶段的养分需求,特别是调整了氮钾比例,克服了传统复合肥比例固定的弊端[3],从而提高了肥料利用率。其次,将基肥和追肥施入并结合滴灌系统,并将多次叶面肥喷施简化为2次,极大地节省了劳动力投入,这与现代农业轻简化管理的发展趋势相契合。

3.2配方施肥对菠萝生长、产量及土壤的影响

本研究中,‘巴厘’和‘台农17号’在配方施肥下产量均得到提升,尤其是增施20%配方肥的处理(B2/F2)增产效果最显著。这可能是由于优化的养分配比和供应节奏更符合果实膨大期的需求,特别是追肥中较高的钾含量对果实增重和物质积累起到了关键作用[8-9]。农艺性状数据显示,轻简化施肥处理植株未出现生长异常,甚至优于常规处理,为高产奠定了基础。更为关键的是,该技术对土壤健康具有积极效应。试验后土壤pH值的提升,或与减少生理酸性肥料的过量施用以及有机肥的缓冲作用相关[9]。土壤养分呈现均衡状态,这表明该技术能够有效避免磷素的过度累积及钾素的耗竭,有助于土壤养分的可持续利用。

3.3配方肥对连作障碍缓解的潜力

测土配方轻简化施肥技术可有效提升土壤pH值,对于缓解我国菠萝主产区普遍存在的土壤酸化问题具有显著意义[16]。该措施不仅直接改善了土壤化学环境,还可能对土壤微生物群落结构产生深远影响。覃潇敏等[17]的田间试验表明,采用菠萝-甘蔗轮作配施生物有机肥的处理能显著优化连作土壤微生物群落结构。本文研究中采用的"有机肥+配方肥"模式,可能具备相似的土壤微生态优化潜力。

4 结论

菠萝测土配方轻简化施肥技术基于土壤供肥能力和菠萝需肥规律精准施肥,能在增产同时降低化肥用量和成本,改善土壤酸化,维持养分平衡,具有显著经济和生态效益;实际应用建议根据地力、品种适量增施10%-20%肥料以获最佳增产效果,本研究为菠萝主产区化肥减量增效与绿色生产提供了可靠技术模式。

[基金项目]

广州市科技计划项目“菠萝新品种示范推广助力徐闻菠萝产业升级”(2025D04J0027)。

[参考文献]

[1]广东省统计局.广东统计年鉴北京:中国统计出版社,2022.

[2]卢明,剧虹伶,洪珊,等.不同菠萝品种矿质养分的积累特性及利用效率[J].果树学报,2017,34(09):1152-1160.

[3]严程明,安东升,刘洋,等.菠萝灌溉施肥技术研究进展[J].热带作物学报,2021,42(06):1777-1787.

[4]严程明,张江周,石伟琦,等.滴灌施肥下菠萝氮磷钾的营养特性[J].热带作物学报,2014,35(09):1688-1694.

[5]梁正灏,张汉英,金鑫,等.不同施肥模式对热带地区菠萝生长发育及产量品质的影响[J].热带作物学报,2022,43(11):2294-2303.

[6]郭继阳.菠萝施肥调研与金菠萝营养特性及减肥技术研究[D].海南大学,2019.

[7]陈菁,孙光明,习金根,等.菠萝不同品种氮、磷、钾养分累积差异性研究[J].广东农业科学,2010,37(06):87-88.

[8]石伟琦,孙光明,陆新华,等.分次施氮对菠萝产量和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(06):1524-1529.

[9]杨婷婷,金鑫,王禹童,等.不同施肥处理下菠萝生长及经济效益分析[J].中国土壤与肥料,2021,(02):170-177.

[10]刘思汝,鄂毕田,马海洋,等.叶面喷施磷酸二氢钾对菠萝果实矿质元素和糖酸组分的影响[J].广东农业科学,2025,52(05):96-104.

[11]农业农村部.NY/T 2911-2025测土配方施肥技术规程[S].2025.

[12]鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.

[13]鲍士旦.土壤农化分析[M].第三版.北京:中国农业出版社,2000.

[14]安东升,刘亚男,严程明,等.田间补充灌溉施肥对菠萝生长、产量及水肥生产力的影响[J].热带作物学报,2022,43(06):1166-1173.

[15]DEMARCO P A,GÓMEZ HERRERA M D,GONZALEZ A M,ALAYÓN LUACES P.Effects of foliar versus soil water application on ecophysiology,leaf anatomy and growth of pineapple[J].Fruits,2020,1(75):44-51.

[16]刘亚男,马海洋,张江周,等.连作土壤不同施肥水平对菠萝产量和品质的影响[J].广东农业科学,2014,41(21):71-74.

[17]覃潇敏,蒋娟娟,韦巧云,等,徐健.轮作与施用生物有机肥对菠萝连作土壤微生物特性的影响[J].中国土壤与肥料,2023,(12):50-57.

作者简介：

李志勇(1988--),男,汉族,广东廉江人,硕士,研究方向：作物栽培。

胡小忠(1989--),男,汉族,河南周口人,硕士,农艺师,研究方向：果树学。

苏增强(1992--),男,汉族,广东高州人,硕士,研究方向：作物栽培。

徐杨玉(1987--),男,汉族,安徽蚌埠人,硕士,高级农艺师,研究方向：作物栽培。

***通讯作者：**

经福林(1984--),男,汉族,广西临桂人,高级农艺师,研究方向：作物栽培。