

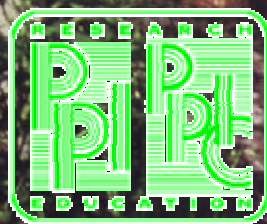
BETTER CROPS CHINA

2003年9月

高产施肥

总第11期

本期内容
平衡施肥进展
土壤养分供应
优质玉米生产
蔬菜施肥增收
青海油菜生产
藜蒿施肥效果
优质稻米生产
香蕉平衡施肥



高产施肥 2003年3月			
本期目录		页数	
加拿大钾肥公司在中国的平衡施肥示范项目 (11)	1		主编：王家骥 编辑：金继运、陈防、涂仕华、刘荣乐
土壤中的养分及粮食生产中的养分氮磷钾影响高油和高淀粉玉米产量和品质	2		
有机-无机肥料配施在蔬菜上的效果	5		
平衡施肥在油菜生产中的应用	9		
藜蒿施肥与增产效果	13		
施肥对优质稻米产量和品质的影响	15		
香蕉平衡施肥技术研究	18		
	23		
封面设计：高粱酒、高粱饭再度受国人喜爱 王家骥提供			理事会 M.M. Wilson, Chairman of the Board Agrium Inc. C. O. Dunn, Vice Chairman of the Board Mississippi Chemical Corporation W.J. Doyle, Chairman, Finance Committee PotashCorp
《高产施肥》 为 PPI/PPIC 中国项目部的出版物， 每年三月及九月各出一期 本刊物以推动科学化的合理施肥为目标 可免费向北京，武汉或成都办事处索取			行政办公室 - Norcross, Georgia, 美国 D.W. Dibb, President, PPI T.L. Roberts, Vice President, PPI
网页：www.ppi-ppic.org 电邮 主编：王家骥 jwang@ppi-ppic.org 编辑：金继运 jyjin@ppi-ppic.org 陈防 fchen@ppi-ppic.org 涂仕华 stu@ppi-ppic.org 刘荣乐 rlliu@ppi-ppic.org			北美项目总部 - Brookings, South Dakota, 美国 P.E. Fixen, Senior Vice President, PPI
The Government of Saskatchewan helps make this publication possible through its resource tax funding. We thank the Government for this important educational project. 此刊物由加拿大萨斯喀彻温省政府资助。 特此致谢。			中国项目部 金继运主任，刘荣乐副主任， 梁鸣早女士，北京办事处 陈防副主任，武汉办事处 涂仕华副主任，成都办事处
			会员公司： Agrium Inc. Cargill Crop Nutrition Hydro Agri IMC Global Inc. Intrepid Mining, LLC/Moab Potash Mississippi Chemical Corporation PotashCorp Simplot

加拿大钾肥公司在中国的平衡施肥示范项目报告（11）

---平衡施肥提高农产品品质和单位面积上的收益

金继运博士

PPI/PPIC 中国项目部，北京



加拿大钾肥公司(Canpotex)在中国的平衡施肥示范项目（BFDP）和加拿大钾磷研究所(PPI/PPIC)执行的其他合作研究项目紧密联系中国农业发展的实际情况，紧跟中国农业发展的阶段性目标，以提高有限耕地的单位面积产出率和农民收益为最终目的，在不同的历史阶段确定不同的工作重点。在平衡施肥示范项目开展的前期，当时中国尚未解决温饱问题，作物产量较低，在有限的土地上生产足够的粮食和其他农产品为国家主要目标。为此，平衡施肥示范项目的工作重点也放在了粮食作物和其他大田作物上。平衡施肥显著地提高了作物产量，提高了农民的收益，为我国解决温饱问题做出了贡献。

目前，我国已经解决了温饱问题，全国人民在十六大精神鼓舞下，正在为全面建设小康社会而努力奋斗。社会的发展对农产品品质和环境质量提出了更高的要求。尤其是中国加入了世界贸易组织（WTO），中国的农民要参与激烈的国际竞争，也要求生产高质量的农产品。为此，PPI/PPIC 中国项目部的合作研究和加拿大钾肥公司的平衡施肥示范项目也相应的调整了方向，工作重点逐渐转向平衡施肥提高农产品品质和平衡施肥改善生态环境等方面，研究的重点逐渐转向蔬菜、果树等高经济价值的作物和中国特有的以出口为主要目标的名特优产品。

在提高农产品品质方面，中国农业科学院土壤肥料研究所的专家们结合有关国家科技攻关和农业部跨越计划项目，与有关省农业科学院专家们合作，在黑龙江、吉林、河南、山东等地开展了优质小麦（硬粒面包小麦）、高油玉米、高淀粉玉米、绿熟型饲料两用玉米、高油和高蛋白大豆等优质作物的平衡施肥的研究和示范工作，初步获得了很有价值的结果。2002年在山东省进行的平衡施肥对高油和高淀粉玉米产量和品质的影响研究表明，在充分补足其他养分的基础上增施氮、磷、钾肥，使应用的一个高油玉米分别增产 15.9%、6.9%和 12.0%；使高淀粉玉米分别增产 20.3%、8.6%和 12.7%。同时，供试的专用玉米的相应品质指标在平衡施肥的情况下都得到了显著改善。使这些专用玉米的商品品质和价值均有提高，农民的收入增加，相应农产品的市场竞争性提高。在天津建立的土壤养分监测村中的研究表明，在平衡施用其他必需养分的基础上增施钾肥使茄子、葡萄和甜瓜分别增产 13%、11.4%和 16.7%。同时平衡施用钾肥使这些优质高经济价值的农作物品质明显改善，施钾的黄瓜瓜条直，颜色绿，芥菜果实比对照大，大白菜包芯好，提高上市菜率 10%-20%。

类似的工作在所有项目合作单位已经全面展开，在地处高原，气候冷凉的青海省，增施钾肥使油菜增产 15.2%—30.6%，每亩纯增收益 36.5~78.4元。同时在马铃薯、苜蓿和蔬菜上也获得了同样的结果。在这些贫困或较贫困地区施用钾肥帮助农民获得较高的经济收益，对当地农民脱贫致富发挥了重要作用。本期还奉献给大家施肥对优质稻米产量和品质的影响、香蕉和藜蒿平衡施肥等方面的文章，均涉及到平衡施肥对农产品品质的影响以及产生的经济效益。在山东的大姜、大蒜、葡萄，陕西的苹果和猕猴桃，广东、广西和海南等地的香蕉、荔枝、柑橘和蜜柚等名特优作物上都开展了平衡施肥对产量、品质和经济收益的影响的研究和示范工作。有关结果将陆续整理刊出，希望相应的技术能对农业发展、农村繁荣和农民富裕做出应有的贡献。

土壤中的养分及粮食生产中的养分

Adrian M. Johnston

PPI/PPIC 加拿大西部 ajohnston@ppi-ppic.org



值得庆幸的是，植物从土壤中吸收养分时，并不区分其来源，仅吸收有效的无机形态的养分。因此，商品肥料在当今成功经营的农场中发挥了巨大作用。农场的成功是经营者施用商品肥料直接的作用，而那些为数不多，不施用商品肥料而成功的农场则属间接作用（肥料残效）。

你是否曾经考虑过人的营养与土壤养分之间的联系？当许多人都意识到保护土壤资源的重要性时，肥沃土壤在生产高品质粮食中所扮演的角色也逐渐引起更多人们的关注。今天我们所消费的农产品之所以能满足我们的营养需要，是由于植物养分以化肥、牲畜厩肥和作物残体形态施入土壤中的结果。

虽然农民就管理土壤肥力上的观点会有不同，但他们都清楚地认识到以往的土壤管理方式对当前作物生产的影响，以及土壤肥力下降对未来农业可持续发展的蕴涵。

资源学的专家们指出，北美洲农民在高度竞争的粮食生产领域中所具备的最大优势之一是他们的优质土壤资源。北美洲辽阔土地的自身土壤肥力可以使作物不施肥而获得相当高的产量。同时可在农作物的生长季节休耕或让土地休闲（不种植任何作物），使土壤保蓄水分并累积由有机物质矿化释放的植物有效养分来提供给次年的作物利用。由加拿大西部半干旱试验田的一系列春小麦的产量结果可说明许多草原土壤固有的生产力（图1）。在30多年中，不施磷肥的春小麦产量大致是施用磷肥春小麦产量的84%。然而，在九十年代中期，已施肥与未施肥的春小麦产量之间的差距开始加大，这说明在休耕地中没有施用磷肥致使土壤可提供的养分减少。

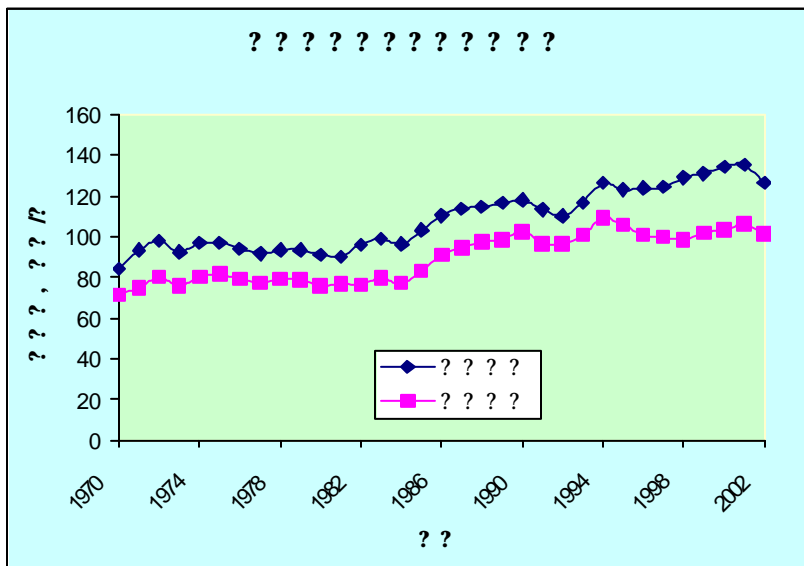
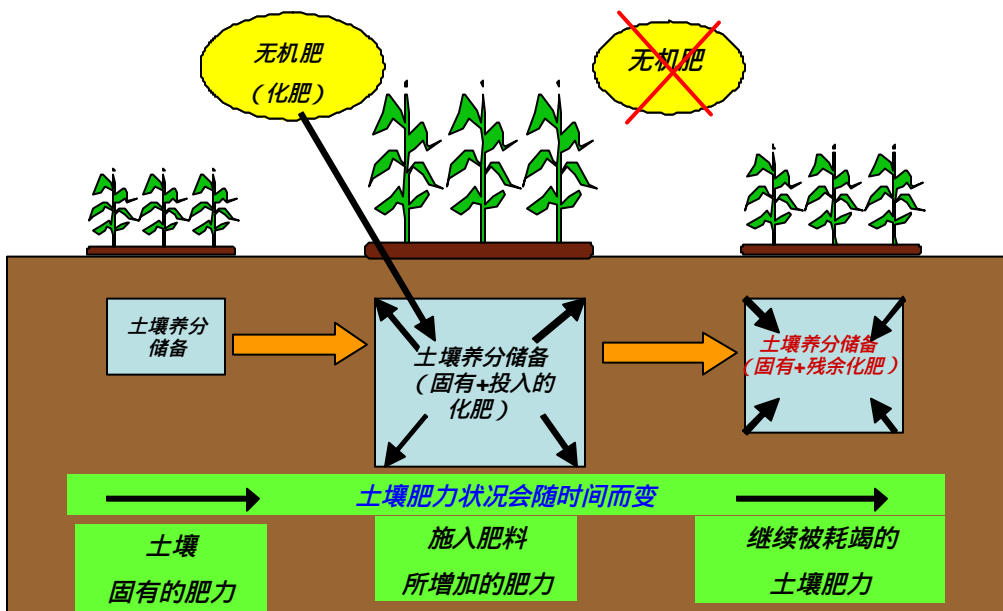


图1 施用磷肥与不施用磷肥对生长在夏季休耕地上春小麦产量的影响

北美洲有少数的农民选择了有机作物的生产方式。这种方法的特色是不使用某些自然系统外的农业生产资源，特别是化肥和杀虫剂。幸运的是，在由无机农业转为有机农业的土地上，以往施用的化肥会残留一些养分，这些养分在以后的很多年中对农作物生产发挥后效（图2）。磷钾肥的施用提高了未来农业生产中土壤固有的肥力。某些豆类—如苜蓿、三叶草和大豆可从空气中获取氮。然而，土壤中有效磷、钾的储备量是有限的，而且土壤提供养分的能力会因养分逐年消耗而无投入的状况下而降低。

图2 以前施入土中的肥料对以后作物生产的影响



近来一项在大平原东北部有机农业农场调查发现有机农业作物的产量仅为常规种植产量的 44-75%

仅靠农场本身产生的有机肥来提供作物的养分需求会限制生产力。近来一项在大平原东北部有机农业农场调查发现有机农业的作物产量仅为常规种植产量的 44-75%（表1）。同时还用土壤测试来评估这些农场土壤的养分状况。大多数农场土壤中的氮水平为中到高，表明种植饲草和豆类作物可通过其固氮作用恢复土壤氮素肥力。然而，调查发现在许多取样田中磷和硫的含量都低。磷和硫的不足会限制以后豆科作物的固氮作用。然而，高氮与低磷、硫的不平衡会降低土壤有效氮的利用，从而降低作物产量。要想使有机农场继续获得高单产，这通常意味着要从该农场外找寻要补充的养分来维持产量。

弄清有机农业中养分净输出的问题将成为未来的一个主要挑战。 一些作物种植者从相邻的农场中获取有机养分以平衡他们农场自身的养分需求。堆肥、作物残体及厩肥都含有部分来自化肥中的养分，无论这些化肥是现在施用的还是过去施用的。甚至是转变成有机农业的数年后，土壤中仍然含有过去所施用的肥料中的磷和钾（图2）。因此，北美洲从事有机农业的农场主同样会受益于过去长期对化肥的投入。

有机认证标准的一些建议性变化使得认定有机农业农场中养分和其它作物生产资料的投入相当困难。有人提议厩肥和堆肥只能来自于已被认证的有机农业农场。这同样适用于那些为了提高作物产量、品质和抗病虫能力而新引进的粮食作物新品种上。这些限定势必会增加有机农业农场之间的相互依赖,并限制其养分管理和维持土壤高生产力的可能性。

化学(无机)肥料是以无机形态给植物提供养分—植物实际上吸收并用于促进自身生长的养分形态。利用这些养分,植物生产出有机物质,为形成土壤结构的关键和支持土壤有机体进行养分循环所必需。因此,无机养分在生物学和维持良好的土壤生态系统中起着举足轻重的作用。

在北美洲,化肥、厩肥及豆科作物提供的氮通常有 77% 被作物吸收,磷有 95% 被吸收。虽然存在着养分损失,但在过去的二、三十年中,种植者在减少养分损失方面已取得了很大的进展。然而,目前土壤中的钾正在被耗竭,因为作物要多吸收从化肥和有机肥所提供钾量的 43% (只能提供作物需钾量的 57%)。

农业已经,并将继续朝着为所有消费者生产健康食品的方向前进。我们应该妥善地管理地球上大量的无机养分资源来为人类生产健康食品及持续农业生产的需要。

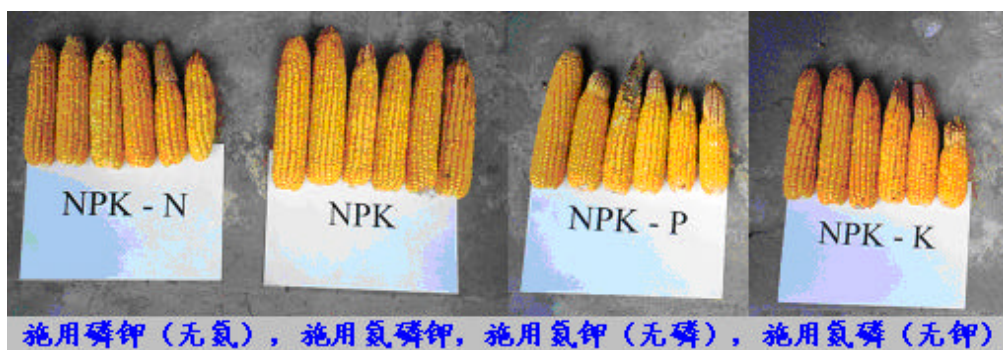
表 1 加拿大曼尼托巴省有机农业和常规种植的一些谷类、油料和豆类作物产量比较

作物	有机农业	常规种植	有机农业相对产量
	-----产量, 公斤/亩-----		%
小麦(高蛋白)	114	158	72
大麦	164	219	75
燕麦	110	155	71
亚麻	49	92	54
油菜	48	110	44
豌豆	70	129	54

注:常规种植的产量来源于 Manitoba Crop Insurance Corporation 从加拿大马尼托巴省西南部获取的资料。

(原文自 Better Crops with Plant Food, 2003 (2)4-8, 谢玲 译, 涂仕华 校)

山东省高油玉米施用氮磷钾与不施氮、不施磷、不施钾处理的比较



氮磷钾影响高油和高淀粉玉米产量和品质

黄绍文 孙桂芳 左余宝

中国农业科学院土壤肥料研究所 北京 100081

高油玉米作为一种粮油饲兼用的优质玉米倍受人们青睐，而高淀粉玉米的淀粉则是重要的工业加工原料，这两种特用玉米均有其特定的利用价值和发展前景，值得研究和开发。优质的品种是实现优质生产的前提条件，但栽培管理措施和生态环境条件对玉米的产量和品质具有十分重要的影响。

长期以来，施肥对玉米产量的影响在国内外均进行了全面而系统的研究，且说明了合理施肥对玉米产量的重要作用。在施肥对玉米籽粒品质的影响也已进行了相当数量的研究，但施肥对优质专用玉米籽粒品质影响方面的研究较少。为此，本文对氮、磷、钾营养对高油和高淀粉玉米籽粒产量与品质的影响进行研究，为优质专用玉米生产技术的建立提供依据。



黄绍文博士在玉米试验田检查结实情况

1 材料与方

1.1 供试土壤性质

试验于 2002 年布置在山东省陵县丁庄乡佟寨村，土壤类型为潮土。供试土壤的养分状况的分析结果为，土壤有机质 (OM) 0.5%，铵态氮 14.2 毫克/公斤，速效 P、K、Mn、Zn、Fe、S 和 Cu 分别为 30.2、71.8、6.0、1.0、11.4、46.2 和 1.8 毫克/公斤，显示出 N、P、K 和 Zn 养分不足，为生产上的限制因子。

1.2 试验设计

研究设五个处理，处理设计及养分用量见表 1。三次重复，随机排列。小区面积 22.5 平方米。供试品种 2 个，分别为高油玉米农大 115 和高淀粉玉米白玉 109，在同一试验地上各安排一个试验。试验用氮肥为尿素，磷肥为普通过磷酸钙，钾肥为氯化钾，锌肥为 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 。

施肥方法是氮肥按基肥 1/3、追肥 2/3 施用，磷肥、钾肥和锌肥均作基肥。开沟施基肥，覆土，播种，再覆土。6 月 5 日播种，行距 75 厘米，株距 27 厘米。田间管理按高产田的管理方案进行。成熟后各小区单独收获，取样分析籽粒样品的有关品质指标（蛋白质、氨基酸、淀粉与油分）。

表 1 试验设计中不同处理的肥料养分用量

处理设计	养分用量 (公斤/亩)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	ZnSO ₄ ·7H ₂ O
无肥	0	0	0	0
OPT	13	4	7	3
OPT - N	0	4	7	3
OPT - P	13	0	7	3
OPT - K	13	4	0	3

2 结果与分析

2.1 氮、磷和钾营养对高油和高淀粉玉米产量的影响

氮、磷、钾等营养平衡施用处理(OPT)与在 OPT 的基础上减去氮(OPT-N)、减去磷(OPT-P)和减去钾(OPT-K)的处理比较(分别称为施氮、施磷和施钾的效果,下同)均显著增加了高油和高淀粉玉米产量,增产效果是施氮>施钾>施磷(表 2)。OPT 处理与相应的减去氮、磷和钾的处理比较,使高油玉米分别增加产量 73.5、34.7 和 57.6 公斤/亩,依次增产 15.9%、6.9% 和 12.0%;使高淀粉玉米分别增加产量 98.3、46.3 和 65.6 公斤/亩,依次增产 20.3%、8.6% 和 12.7%。

表 2 氮、磷和钾营养对高油和高淀粉玉米籽粒产量的影响

品种	处理	产量 (公斤/亩)	施氮增产 (%)	施磷增产 (%)	施钾增产 (%)
高油玉米 农大 115	无肥	429			
	OPT	536	15.9	6.9	12.0
	OPT - N	462	-		
	OPT - P	501		-	
	OPT - K	478			-
高淀粉玉米 白玉 109	无肥	476			
	OPT	583	20.3	8.6	12.7
	OPT - N	484	-		
	OPT - P	536		-	
	OPT - K	517			-

2.2 氮、磷和钾营养对高油和高淀粉玉米营养品质的影响

2.2.1 对玉米籽粒蛋白质的影响

表 3 表明,高油玉米氮、磷、钾等营养平衡施用的籽粒蛋白质为 11.21%,较高淀粉玉米高出 1.26 个百分点。

表 3 氮、磷和钾营养对高油和高淀粉玉米籽粒蛋白质含量的影响

品种	处理	蛋白质 (%)
高油玉米 农大 115	无肥	10.32
	OPT	11.21
	OPT - N	10.55
	OPT - P	10.15
	OPT - K	10.12
高淀粉玉米 白玉 109	无肥	9.07
	OPT	9.95
	OPT - N	9.11
	OPT - P	10.09
	OPT - K	10.17

高油和高淀粉玉米在施用磷、钾等基础上施氮(OPT)较不施氮(OPT-N),均明显增加籽粒蛋白质。高油玉米和高淀粉玉米施氮分别增加蛋白质 0.66 和 0.84 个百分点。高油和高淀粉玉米在施用氮、钾等基础上施磷或在施用氮、磷等基础上施钾对籽粒蛋白质的影响差异较大。高油玉米施磷或施钾均能明显增加蛋白质含量。高淀粉玉米施磷或施

钾对蛋白质含量基本无影响。高油玉米施磷和施钾分别增加蛋白质 1.06 和 1.09 个百分点。

2.2.2 对玉米籽粒氨基酸的影响

由表 4 可以看出，高油玉米氮、磷、钾等营养平衡施用的籽粒氨基酸总量和必需氨基酸总量分别为 11.09% 和 4.00%，较高淀粉玉米分别高出 1.29 和 0.43 个百分点。高油玉米和高淀粉玉米在施用磷、钾等基础上施氮较不施氮，均显著提高籽粒氨基酸含量。高油玉米和高淀粉玉米施氮分别增加氨基酸含量 0.83 和 1.18 个百分点；分别增加必需氨基酸总量 0.41 和 0.36 个百分点。

表 4 氮、磷和钾对高油和高淀粉玉米籽粒氨基酸与必需氨基酸含量（%）的影响

品种	处理	氨基酸总量	必需氨基酸总量
高油玉米 农大 115	无肥	10.04	3.73
	OPT	11.09	4.00
	OPT - N	10.26	3.59
	OPT - P	9.86	3.60
	OPT - K	9.97	3.64
高淀粉玉米 白玉 109	无肥	8.71	3.21
	OPT	9.80	3.57
	OPT - N	8.62	3.21
	OPT - P	9.50	3.46
	OPT - K	9.97	3.62

高油和高淀粉玉米在施用氮、钾等基础上施磷或在施用氮、磷等基础上施钾对籽粒氨基酸含量的影响有所不同，高油玉米施磷或施钾均能明显增加氨基酸含量；高淀粉玉米施磷或施钾对籽粒氨基酸含量基本无影响。高油玉米施磷和施钾分别增加氨基酸 1.23 和 1.12 个百分点；分别增加必需氨基酸 0.40 和 0.36 个百分点。

2.2.3 对玉米籽粒淀粉的影响

由表 5 可以看出，高淀粉玉米的籽粒淀粉含量明显高于高油玉米。高淀粉玉米氮、磷、钾等营养平衡施用的籽粒淀粉含量为 73.9%，较高油玉米高 4.2 个百分点。

表 5 氮、磷和钾营养对高油和高淀粉玉米籽粒淀粉含量的影响

品种	处理	淀粉含量（%）
高油玉米 农大 115	无肥	68.4
	OPT	69.7
	OPT - N	68.9
	OPT - P	68.7
	OPT - K	68.1
高淀粉玉米 白玉 109	无肥	70.9
	OPT	73.9
	OPT - N	73.0
	OPT - P	72.6
	OPT - K	71.4

高油和高淀粉玉米施氮、施磷和施钾均能增加籽粒淀粉含量，其中施钾增加籽粒淀粉含量的效果最佳。高淀粉玉米施氮、施磷和施钾分别增加淀粉 0.9、1.3 和 2.5 个百分点，高油玉米施氮、施磷和施钾分别增加淀粉 0.8、1.0 和 1.6 个百分点。

2.2.4 对玉米籽粒油分的影响

表 6 表明，高油玉米的籽粒油分含量与油产量明显高于高淀粉玉米。高油玉米氮、磷、钾等营养平衡施用的籽粒油分含量为 9.90%，较高淀粉玉米高出 3.49 个百分点；油产量为 53.0 公斤/亩，较高淀粉玉米高出 15.7 公斤/亩。

表 6 氮、磷和钾营养对高油和高淀粉玉米籽粒油分含量与油产量的影响

品种	处理	油产量（公斤/亩）	油分（%）
高油玉米 农大 115	无肥	43.1	10.05
	OPT	53.0	9.90
	OPT - N	41.9	9.07
	OPT - P	47.7	9.52
	OPT - K	45.3	9.47
高淀粉玉米 白玉 109	无肥	30.8	6.47
	OPT	37.3	6.41
	OPT - N	29.4	6.07
	OPT - P	33.6	6.27
	OPT - K	33.8	6.53

氮、磷和钾营养对高油和高淀粉玉米籽粒油分的影响差异较大。高油和高淀粉玉米在施用磷、钾等基础上施氮较不施氮，均明显增加籽粒油分含量。而在施用氮、钾等基础上施磷较不施磷或在施用氮、磷等基础上施钾较不施钾对籽粒油分的影响不明显。高油玉米和高淀粉玉米施氮分别增加油分 0.83 和 0.34 个百分点。

高油和高淀粉玉米施氮、施磷和施钾均能增加油产量。在高油玉米上分别增加油产量 11.1、5.3 和 7.7 公斤/亩。在高淀粉玉米上分别增加油产量 7.9、3.7 和 3.5 公斤/亩。

3 小结

- 3.1 施氮、施磷和施钾均显著增加高油和高淀粉玉米籽粒产量，使高油玉米分别增产 15.9%、6.9% 和 12.0%，使高淀粉玉米依次增产 20.3%、8.6% 和 12.7%。
- 3.2 高油玉米籽粒蛋白质、氨基酸和油分含量明显高于高淀粉玉米，而淀粉含量显著低于高淀粉玉米。高油玉米氮、磷、钾等营养平衡施用的蛋白质、氨基酸和油分含量分别为 11.2%、11.1% 和 9.9%，较高淀粉玉米分别高出 1.2、1.3 和 3.5 个百分点；淀粉含量为 69.7%，较高淀粉玉米低 4.2 个百分点。
- 3.3 施氮能增加高油和高淀粉玉米籽粒蛋白质，使高油玉米增加 0.66 个百分点，使高淀粉玉米增加 0.84 个百分点。施磷或施钾能增加高油玉米籽粒蛋白质含量，施磷增加 1.06 个百分点，施钾增加 1.09 个百分点。而施磷或施钾对高淀粉玉米籽粒蛋白质含量基本无影响。
- 3.4 施氮能增加高油和高淀粉玉米籽粒氨基酸和必需氨基酸含量，使高油玉米分别增加 0.83 和 0.41 个百分点，使高淀粉玉米分别增加 1.18 和 0.36 个百分点。施磷或施钾能增加高油玉米籽粒氨基酸及必需氨基酸含量，施磷分别增加 1.23 和 0.40 个百分点，施钾分别增加 1.12 和 0.36 个百分点。而施磷或施钾对高淀粉玉米籽粒氨基酸含量影响不大。
- 3.5 施氮能增加高油和高淀粉玉米籽粒油分含量，使高油玉米增加 0.83 个百分点，使高淀粉玉米增加 0.34 个百分点。而施磷或施钾对两品种籽粒油分含量的影响不明显。
- 3.6 施氮、施磷和施钾，使高淀粉玉米分别增加淀粉 0.9、1.3 和 2.5 个百分点；使高油玉米分别增加淀粉 0.8、1.0 和 1.6 个百分点。

有机-无机肥料配施在蔬菜上的效果

周柳强 谭宏伟 黄美福

广西农科院土肥研究所 南宁 530007

黄恒掌 韦正宝

广西来宾县农业技术推广站 来宾 546100



周柳强先生

现代农业给人类提供了丰富食物的同时,同时也因农资使用不当造成了环境污染的问题。近年来,对使用现代农业所需的主要生产资料无机肥料(化肥)与农药等常被误解。认为在提倡绿色或有机农产品生产时,不应该施用农药和化肥。

如果农业生产不施用化肥,能维持农业持续发展吗?广西农科院土肥研究所于2000年进行蔬菜的有机-无机肥配施试验研究结果或许能给广大绿色食品生产者提供参考。

一、 试验材料和方法

试验设在广西来宾县桥巩乡硅质岩母质发育的赤红土上,设NP、NPK、有机肥、NPK+有机肥四个处理,四次重复,每亩肥料用量为:尿素32.6公斤、氯化钾20公斤、钙镁磷肥55.6公斤、有机肥为1000公斤土杂肥作基肥另加1000公斤人粪尿分三次追施(小苗期、采收1、3次后,化肥用尿素追施,磷钾肥在移栽前全部基施),土杂肥和人粪尿均取样分析养分含量。供试品种为当地大面积当家品种。2000年4月6日移栽,5月24日初收,8月2日采收完毕。

供试土壤农化性状为:PH 5.6,有机质2.16%,碱解氮(N)116毫克/公斤,有效磷(P)34毫克/公斤,有效钾(K)96毫克/公斤,交换性阳离子(CEC)15.23 cmol/kg。

二、 结果与讨论

1. 有机-无机配施对蔬菜产量的影响

表1 钾肥与有机肥配施对蔬菜产量的影响 单位:(公斤/亩)

项目 \ 处理	NP	NPK	有机肥	NPK+有机肥
重复1	1040	2500	1200	2595
重复2	920	2350	1515	2860
重复3	1070	2535	1340	2900
重复4	970	2820	1205	2725
平均产量	1000	2551	1315	2770
施钾肥增产		1551**		
%		155.1		
在有机肥基础上施NPK增产				1455**
%				110.7
在NPK基础上施有机肥增产				219
%				8.6

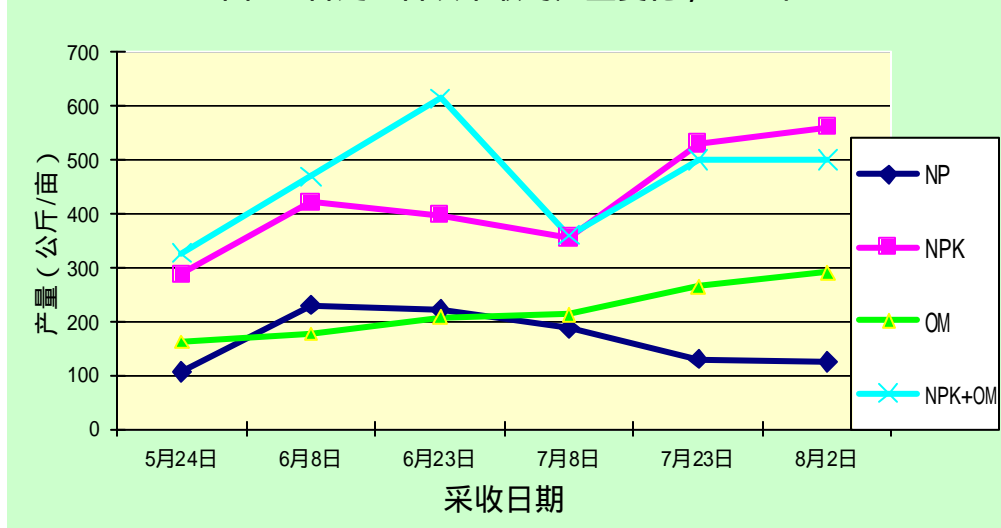
$F=128.62$ ** $LSD_{0.05}=248.7$ $LSD_{0.01}=357.4$

从表 1 可看出，产量最高的为化肥与有机肥配施的处理，达 2770 公斤/亩，比单施化肥的处理增产 219 公斤/亩，增幅 8.6%，但未达 5% 的显著水平；比单施有机肥处理的增产 1455 公斤/亩，增 110.7%，达 1% 的极显著水平。钾肥的肥效也很显著，施钾肥增产 1551 公斤/亩，增 155.1%，达 1% 的极显著水平。单施有机肥处理比 NP 处理增产 315 公斤/亩，达 5% 的显著水平。这些结果说明，在该地土壤缺钾是蔬菜生长的主要养分限制因子，增施钾肥，不管是来至化学钾肥还是有机肥中的钾，均获得显著的增产效果。但有机肥的供肥能力比不上化肥，在高产栽培中，单施有机肥是无法满足作物对养分的需求。有机肥配合平衡的氮、磷、钾肥施用，可充分提高产量和效益。

2. 各处理每次采收的产量变化情况

试验在蔬菜基本封行后，分 3—4 节收割，并验收产量，共采收 6 次，各次采收的产量结果变化见图 1。由图可看出，NP（不施钾）处理从第二次收获后，产量逐步下降，而单施有机肥处理的产量是逐步增加。这说明在该地种植蔬菜，土壤的主要限制因子为钾养分，缺钾处理的产量比其它处理明显为低，另一方面也说明有机肥的养分较齐全，在产量水平不高的情况下，其肥效发挥是持续提高的。但在配施化肥的情况下，有机肥的肥效高峰在第二、三次收获期间，其产量比单施化肥（NPK）处理明显提高，到第三次收获后，其产量水平与单施化肥处理差异不大。该结果也说明，在高产栽培条件下，有机肥的肥效并不一定比化肥的肥效长，当有机肥释放的养分不足够平衡持续供给蔬菜生长发育需求时，其短缺的养分（如氮）就限制了蔬菜产量进一步提高，产量在低水平上徘徊，无法获取更高的产量和效益。

图1 各处理各次采收的产量变化，2000年



3. 各施肥处理的养分盈亏情况

在收获的盛期（第三次收获），取蔬菜样进行养分分析，同时采各次施用的有机肥进行养分分析，算出各处理的养分盈亏状况，结果见表 2。可看出，增施钾肥或有机肥后，蔬菜的钾含量明显提高，说明该土壤是缺钾，蔬菜施钾后产量明显提高。不施钾肥

处理的钾吸收量为 2.63 公斤/亩。每亩施 K_2O 12 公斤后，蔬菜的吸钾量提高到 13.3 公斤/亩，但该处理的钾素仍亏损 1.3 公斤/亩。

该结果还显示，有机肥处理的实物用量为每亩土杂肥 1000 公斤，人粪尿亦 1000 公斤，但所供给的养分为氮 (N) 6.1 公斤、磷 (P_2O_5) 4.2 公斤、钾 (K_2O) 6.6 公斤，与单施化肥 (NPK) 处理吸收的养分相比，短缺近 50%，因而其产量只相当于单施化肥处理的 51.5%，养分供给不足是单施有机肥处理可提高产量主要因子。而在劳动力价格逐渐提高的现代农业生产中，靠每亩施肥 2000 公斤的有机肥，来获取 1315 公斤的收获量，显然，有机肥是无法满足需求，也无法大面积推广。

表 2 各处理的养分平衡状况，单位：(公斤/亩)

项目 \ 处理	NP	NPK	有机肥	NPK+有机肥	
生物量	干物质	10.94	10.53	10.63	9.81
蔬菜的养分含量 (%)	N	4.49	4.33	4.39	4.63
	P	0.7	0.62	0.88	0.71
	K	2	4.11	3.6	5.64
养分吸收量 (公斤/亩)	N	4.92	11.64	6.13	12.59
	P_2O_5	1.75	3.82	2.81	4.40
	K_2O	2.63	13.30	6.06	18.45
施肥量 (公斤/亩)	N	15.00	15.00	6.10	21.10
	P_2O_5	10.00	10.00	4.23	14.23
	K_2O	0.00	12.00	6.58	18.58
养分盈亏 (公斤/亩)	N	10.08	3.36	-0.03	8.51
	P_2O_5	8.25	6.18	1.42	9.83
	K_2O	-2.63	-1.30	0.52	0.13

4、在高产栽培中，单施有机肥难以维持蔬菜对养分的旺盛需求

比较分析 NP、NPK、有机肥、NPK+有机肥处理的施钾量、蔬菜含钾量和吸钾量的变化：可看出，有机肥处理的施钾量为 6.58 公斤/亩（分析测定值），蔬菜的含钾量(K)为 3.60%，比 NP 处理的含钾量(2.00%)提高 1.60%(绝对值，下同)，产量提高了 31%。当施钾量提高到 12 公斤/亩时（NPK 处理），蔬菜的含钾量为 4.11%，比有机肥处理的含钾量提高了 0.52%，产量提高 94.0%。当施钾量提高到 18.58 公斤/亩时（NPK+有机肥处理），蔬菜的含钾量为(5.64%)，又比 NPK 处理的含钾量提高了 1.52%，产量提高 8.6%。随着施钾量提高，蔬菜的产量及钾的吸收量都相对的增加。但是在施用量过高时，蔬菜会吸收过量的钾造成奢侈吸收的现象。

5、各施肥处理的肥料利用率

增施钾肥后，蔬菜对钾(K_2O)的吸收量比缺钾处理增加 10.67 公斤/亩(表 2)，增幅为 406%，钾肥的利用率高达 89% (表 3)，氮、磷的吸收也大为增加，分别比缺钾处理提高 137%和 118%。

有机、无机肥料配合施用处理的氮、磷、钾吸收总量比单施有机肥的增加 20.43 公斤/亩，增 136%，化肥的利用率为 55%；比单施化肥处理的增加 6.66 公斤/亩，增 23%，有机肥的利用率为 39%。这说明合理配施有机、无机肥料可提高肥料的利用率。

表 3 施肥后的化肥利用率

项目 \ 处理	增施钾肥后	增施有机肥后
钾肥利用率%	89	
化肥利用率%		55
氮 (N) 吸收量提高(%)	137	105
磷 (P ₂ O ₅) 吸收量提高(%)	118	56
钾 (K ₂ O) 吸收量提高(%)	406	205

三、小结

1、在来宾县硅质岩母质的旱地种植蕹菜，土壤缺钾是蕹菜生长的主要养分限制因子。单施有机肥，蕹菜产量提高 315 公斤/亩，达 5% 的显著水平。由于氮素的供给不足，产量难进一步提高，只有与平衡的氮、磷、钾化肥配合施用，蕹菜产量可提高 2770 公斤/亩，比单施有机肥处理提高 111%。结果说明了，有机肥的供肥能力比不上化肥，在高产栽培中，单施有机肥是无法满足作物对养分的需求。

2、施肥量足够，才能维持高产。但施钾量过多时，蕹菜会吸取过量的钾。

3、基于本试验的结果，该地蕹菜高产栽培的合理施肥推荐为：每亩用 1000 公斤土杂肥与 20--25 公斤氯化钾、55.6 公斤钙镁磷肥混合作基肥，用 32.6 公斤尿素在小苗期、采收第 1、第 3 次后，分三次兑水追施。肥料浓度不超过 1%。蕹菜的采收期约为 2 个月。

4、有机肥与平衡的氮、磷、钾配合施用，可提高蕹菜对肥料的利用率。钾肥的利用率为 89%，化肥的利用率为 55%，有机肥的利用率为 39%。

5、现代农业没有科学平衡的施用化肥，就无法满足人们生活水平日趋提高需求，更谈不上绿色或有机农业的发展。



作者（周柳强）在农民小组会议上，讲述蕹菜平衡施肥技术。2000 年 5 月 18 日。

平衡施肥在油菜生产中的应用

李月梅 陈占全 高旭升

青海省农林科学院土壤肥料研究所 西宁 810016



李月梅

青海省地处我国西北部，是“世界屋脊”青藏高原的一部分，境内地形差异大，平均海拔在 3000 米以上。其农业区主要分布在青海东部地区，且以旱作农业为主。雨热同季，降雨集中在 7-9 三个月，年降雨量 17.6—764.4 毫米。全年气候冷凉，适宜种植的作物主要为春小麦、油菜、蚕豆（豌豆）、马铃薯。

施肥是作物产量提高的主要措施，但是青海省长期以来较注重于氮肥、磷肥的投入，而忽略了钾肥。在最近几年，蚕豆、油菜、马铃薯和蔬菜等经济作物的种植面积不断增大，肥料施用量也大幅度增加。随之出现一些问题，如蔬菜产区 N、P 较多而 K 不足，马铃薯产区偏施磷肥，极少施用钾肥等现象。因而，钾素已日渐成为农业生产的限制因子。为此，在加拿大钾磷研究所北京办事处的资助下，青海省农科院土肥所在油菜等作物上开展了相关的平衡施肥技术试验及示范工作。

1. 材料和方法

1.1 地点及土壤类型

油菜示范田布置在互助县台子乡台子村。土壤类型为栗钙土，质地为壤土。海拔 2613 米。供试油菜品种互丰 010。土壤基本养分状况如表 1。

表 1 供试土壤类型与养分状况 单位：毫克/公升

土类	OM %	pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	B
栗钙土	0.64	7.9	14	14	160	2405	209	68	1.9	1.2

注：土壤样品由中加合作土壤测试实验室分析

1.2 处理及肥料用量

油菜示范田总面积为 100.2 亩。设置 4 个主要示范点分别为 (L1、L2、L3、L4)，每个点面积 2 亩。示范包括 2 个处理：平衡施肥 (N 7.6 -P₂O₅ 4.6- K₂O 6 kg/亩)，习惯施肥 (N 7.6 -P₂O₅ 4.6 kg/亩-不施钾)。示范所用肥料为尿素 (N 46%)、磷酸二铵 (P₂O₅ 44%，N 18%) 和氯化钾 (K₂O 60%)，肥料均在播前一次性施入。田间管理采用当地习惯。

2. 结果与讨论

2.1 平衡施肥与油菜经济性状

由表 2 可知，在平衡施肥条件下，油菜株高、有效分枝、主序果数、单株果数、千粒重等指标要优于习惯施肥处理。由于钾对蛋白质和脂肪的合成有重要的影响，因而油料作物的需钾量较高。试验也进一步说明，在油菜生育期，施用适量的钾肥可促进油菜植株生长正常，使油菜分枝数增加，使充足的营养向生殖器官转移。

表 2 平衡施肥对油菜主要经济性状的影响

地点	施肥处理	株高 (厘米)	分枝高 (厘米)	有效分枝		主序果数 (个)	单株果数 (个)	每角粒数 (个)	千粒重 (克)
				一次	二次				
L1	习惯	172	37	6	5	41	178	25	3.5
	推荐	184	44	5	7	46	218	22	4.1
L2	习惯	159	38	5	6	30	175	24	3.5
	推荐	167	43	7	11	50	226	25	3.7
L3	习惯	157	21	5	4	37	187	25	3.9
	推荐	170	32	6	7	37	237	25	3.8
L4	习惯	168	25	6	4	41	174	25	3.5
	推荐	172	26	6	3	42	194	25	3.6

2.2 平衡施肥对油菜产量的影响及经济效益分析

钾素的缺乏影响到油菜生长上必需养分的平衡供应，作物的产量和品质由于钾素营养供应不足而受到很大的影响。因而在此地区施用钾肥是一种降低作物生产成本、增加创收的重要投入。

表 2 钾肥对油菜产量的影响及经济效益分析

地点	K ₂ O 用量 (公斤/亩)	产量 (公斤/亩)		施钾增产 %	施钾净收益 元/亩
		平衡施肥	习惯施肥		
L1	6	153.1	132.9	15.2	36.5
L2	6	144.1	122.1	18.0	39.6
L3	6	134.9	108.4	24.4	47.7
L4	6	185.7	142.1	30.6	78.4

注：氯化钾-1400元/吨，油菜籽市场价格2.2元/kg。

以上结果表明，互助县钾肥示范田施用钾肥后油菜产量均较习惯施肥为高，增产幅度在 15.2%—30.6%。说明在青海省冷凉气候条件下施用钾肥有很大的增产潜力。增施钾肥每亩在扣除钾肥价格后，可增收 36.5~78.4元（表 2）。说明了在施用适量氮、磷肥的基础上，施用钾肥可明显的提高油菜产量，增加农民收益。

3 . 小结

钾素是油菜生长发育中不可缺少的养分之一。在青海高原旱地上施钾可明显提高油菜产量和增加农民收益。试验示范结果表明，互助县台子村油菜施肥用量为 N 7.6 -P₂O₅ 4.6- K₂O 6kg/亩时，油菜增产可达 30%以上，每亩净增纯收益可达 78 元。

许多地区属于贫困或较贫困地区，施用钾肥后可获得的较高的经济收益。所以如果能在青海省多种作物上平衡施用所有作物必需有的养分，将可大幅度的提高作物的产量，提高经济收益，并对脱贫致富的工作起到发挥出重要的作用。

藜蒿施肥与增产效果



熊桂云女士

熊桂云 刘冬碧 胡时友
湖北省农科院植保土肥所 430064

杜华清 肖习明 田仕平
湖北省荆门市农业局 434500

藜蒿的学名叫蒹蒿，别名也叫水蒿、芦蒿、香艾蒿等，是菊科蒿属多年生草本植物，富含多种维生素和钙、磷、铁、锌等多种营养元素。其根或嫩茎炒食清香可口，风味独特，且具有健脾胃、祛风湿、化痰、助消化之功效，为冬季餐桌上的一道时令蔬菜。

现在很多地方都将藜蒿作为一年生蔬菜进行大面积生产和推广，具有很高的经济效益。随着农业种植结构的调整和市场的需要，湖北省的藜蒿种植面积越来越大，仅湖北省荆门市沙洋县就有7000亩，其它县市也有种植。沙洋县光芒村有1100亩，占该村耕地面积的40%，是该村的主要经济作物。

为了当地藜蒿的生产，以及配合土壤养分管理项目的实施，湖北省农科院和荆门市农业局从2001年起在藜蒿上开展了平衡施肥及效益研究。

1、试验设计与方法

试验于2001年和2002年9月在荆门市沙洋镇光芒村进行。9月份扦插，次年元月份收产，收获部位为鲜根产量（食用根）。供试土壤为灰潮土，质地为轻壤。土样由中加北京实验室分析化验，结果为：pH7.5，有机质0.45%，NH₄ 14.9毫克/公斤，P 9.3毫克/公斤，K 32.5毫克/公斤。

2001年的设计为藜蒿氮磷钾肥用量及肥效试验。设7个处理，4次重复，随机区组排列。小区面积为10平方米。NPK养分用量为公斤/亩。处理内容为：

处理 \ 养分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	12	4	0
2	12	4	5
3	12	4	10
4	18	8	0
5	18	8	5
6	18	8	10
7	18	8	15

2002年的设计为藜蒿氮肥品种及氮磷肥施用效果试验。设4个处理，4次重复，随机区组排列。小区面积8平方米。NPK养分用量为公斤每亩。处理内容为：

处理 \ 养分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
PK	0	10	15
NK	24	0	15
NPK 尿素	24	10	15
NPK 碳铵	24	10	15

肥料品种及施肥方法为：氮肥用尿素（碳铵处理除外），60%基施，40%分2次追施。磷肥用普钙，全部基施。钾肥用氯化钾，全部基施。

2、试验结果与分析

2.1 氮磷钾肥的施用量与增产效果及经济效益

氮磷钾肥施用量试验的产量结果及增产效益（表1）结果表明：

在施用氮磷肥的基础上施用钾肥，无论施用水平的高低，施用钾肥均表现出明显的增产效果和较好的经济效益。在低 NP 肥用量（亩施 N 12， P_2O_5 4 公斤）的基础上增施钾肥 K_2O 5 公斤，可增收藜蒿鲜根 317 公斤，达极显著水平，增产率达 24.2%。可增收 222 元/亩，扣除肥料投入成本，净增收 212 元。在该氮磷肥施用水平的基础上继续增施 K_2O 至每亩 10 公斤，增产率为 32.5%，每亩净增收 278 元，说明在低氮磷肥施用水平的基础上，钾肥施用量每亩 K_2O_5 10 公斤可获得较高的产量和效益。



钾肥的增产效果

在高 NP 肥用量（亩施 N 18， P_2O_5 8 公斤）基础上增施低量钾肥 K_2O 5 公斤/亩的情况下，虽可增产但不显著，增产率只有 5.6%。当施钾量增加至 K_2O 10 公斤/亩后，增产效果明显提高，每亩增产藜蒿鲜根 325 公斤，达极显著水平，增产率达 19.9%。可增收 228 元/亩，扣除肥料投入成本，净增收 208 元。再继续增加施钾量至每亩 K_2O 15 公斤，产量和净收入继续增加。施钾量每亩 K_2O 15 公斤的净收入可比 10 公斤时多收 65 元/亩（273 元-208 元）。说明在高氮磷水平基础上，钾肥的施用量以 K_2O 15 公斤/亩为合算。

高氮磷施肥水平的养分投入（亩施 N 18， P_2O_5 8， K_2O 10 公斤），藜蒿的产量（1959 公斤/亩）比低氮磷水平的养分投入（亩施 N12， P_2O_5 4， K_2O 10 公斤）的产量（1734 公斤/亩）增加了 225 公斤，达到极显著水平，增产率为 13.0%，增收 158 元，每亩净增收 130 元，说明氮磷肥的施肥量以高水平即亩施 N18、 P_2O_5 8 公斤为宜。

表 1 藜蒿氮磷钾用量试验产量结果及经济效益

NPK 养分量 公斤/亩	产量 公斤/亩	显著性检验		增产 公斤/亩	增产率 %	增收 元/亩	净增收 元/亩
		5%	1%				
12-4-0	1309	d	D	-	-	-	-
12-4-5	1626	c	C	317	24.2	222	212
12-4-10	1734	c	BC	425	32.5	298	278
18-8-0	1634	c	C	-	-	-	-
18-8-5	1726	c	BC	92	5.6	64	54
18-8-10	1959	ab	A	325	19.9	228	208
18-8-15	2068	a	A	434	26.5	303	273

注：肥料价格按尿素 1.2 元/公斤（含 N46%）、普钙 0.36 元/公斤（含 P_2O_5 12%）、KCl 1.2 元/公斤（含 K_2O 60%）计。藜蒿鲜根按均价 0.70 元/公斤计，收获时地上茎已近枯死，故无生物学产量。

以上结果说明藜蒿在氮磷钾养分的供应量高时可获得较高的产量，钾肥的施用量要根据氮磷肥的施用水平而定。在高 NP 肥施用水平基础上，配合施用较多的钾，才

能发挥氮磷钾养分的最大增产效果，获得高产及较高的施肥效益。从本试验结果来看，氮磷钾肥的施用量以亩施 N 18、 P_2O_5 8、 K_2O 15 公斤为适宜。

2.2 氮肥品种及氮磷肥施用效果

藜蒿氮肥品种及氮磷肥施用效果试验的产量结果及增产效益，结果(表 2)表明：

藜蒿上施用氮磷肥均表现出较好的增产效果，NPK 肥平衡施用才能使藜蒿获得高产，不施或少施任何一种肥料均使藜蒿减产；

亩施尿素 N 24 公斤可使藜蒿增产 469 公斤，增产率达到 40.9%，亩增收 328 元，净增收 265 元；若按当地习惯用碳铵作基肥，其增产效果不明显，比施尿素减产 27.7%，主要原因为：当地种藜蒿是在 8-9 月份，气温很高，施用碳铵极易挥发，造成养分浪费利用率降低，因此种藜蒿在氮肥品种上提倡使用尿素作基肥，不宜使用碳铵。

藜蒿上施用磷肥也有很好的增产效果，亩施 P_2O_5 10 公斤可增加藜蒿鲜根 437 公斤，增产率为 37.2%，增收 306 元，每亩净增收 276 元。

表 2 藜蒿氮肥品种及氮磷肥效试验产量结果及经济效益分析

NPK 养分量 及 N 肥品种	产量 公斤/亩	显著性检验		增产 公斤/亩		增产率 %		增收 元/亩		净增收 元/亩	
		5%	1%	N	P	N	P	N	P	N	P
0-10-15	1146	b	B	—	—	—	—	—	—	—	—
24-0-15 尿素	1178	b	B	—	—	—	—	—	—	—	—
24-10-15 尿素	1615	a	A	469	437	40.9	37.2	328	306	265	276
24-10-15 碳铵	1167	b	B	21	—	1.8	—	15	—	—	—

注：尿素 1.2 元/公斤，碳铵 0.4 元/公斤（含 N 17%），普钙 0.36 元/公斤（含 P_2O_5 12%），KCl 1.2 元/公斤（含 K_2O 60%）。藜蒿鲜根按均价 0.70 元/公斤计。

三、结语

通过两年的试验结果表明：（1）藜蒿是经济效益高的特色作物，施用氮磷钾肥均可获得很好的增产效果和较大的经济效益，但要掌握氮磷钾养分的平衡施用，才能使藜蒿获得高产并获得较大的经济回报。（2）藜蒿对 NPK 养分的需求量较大，当地条件下以亩施 N18、 P_2O_5 8、 K_2O 15 公斤较为适宜。（3）在氮肥品种上宜选择尿素而不宜使用挥发性较强的碳铵，避免在种植藜蒿的高温季节造成养分的挥发损失，导致氮肥利用率降低，增产效果不佳。（4）藜蒿的销售是以质论价，其价格波动范围为 0.5—1.0 元。

平衡施肥处理的藜蒿根嫩白，看相好卖价高。而不施氮或不施磷或不施钾的处理，其藜蒿根较老，颜色发黄，销价较低。

近两年来我们在试验的基础上还开展了藜蒿平衡施肥示范推广，深受当地农民的欢迎。通过平衡施肥技术宣传和推广提高了农民的科学施肥水平，克服了藜蒿施肥的盲目性。2003 年元月还在该村开展了藜蒿高产竞赛和验收活动，通过示范现场验收和宣传进一步促进了科技知识的普及，调动了农民科学种田的积极性，推进了平衡施肥技术和农业生产的发展。

施肥对优质稻米产量和品质的影响

杨金良

綦江县农业局 重庆市 401420

綦江横山大米，以其独特的色、香、味、形而享有盛誉，早在康熙年间，横山大米就被纳为进贡米。常年种植优质稻15万亩，其中达到国标二级以上的优质稻米基地1.5万亩。施肥对品质的影响是客观存在的，探索施肥对优质稻产量和品质的影响，为制定优质稻生产技术体系提供科学依据，特进行此项试验研究。



1. 材料与方法

1.1 方案设计

本试验设计氮素两水平，磷素三水平，钾素五水平，同时设计了80%无机氮与20%有机氮配施和加锌共11个处理（表1）。处理2为最佳施肥水平处理。

表1 施肥试验方案 单位：公斤/亩

处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	0	7	9	2.5	6
2	9	5	6	8	9	7.5	6
3	9	5	0	9	12	5	6
4	9	5	3	10	7.2+1.8	5	6
5	9	5	9	11	9	5	6
6	9	5	12				

注：处理10中N的数字分别为无机氮与有机氮，处理11加锌肥。参试肥料为含N 46%的尿素、P₂O₅ 12%过磷酸钙、K₂O 60%氯化钾、锌肥为七水硫酸锌、有机氮为精致有机肥，含氮9%。

田间设计采用随机区组排列，三次重复。小区面积20平方米，为防止养分串流引起的人为误差，处理间筑单埂，重复间筑双埂隔开。

供试水稻品种为杂交优质稻E优540。

1.2 试验地点及基本情况

为了探索不同气候和土壤条件对优质稻品质的影响，本试验在倒置低山上的横山镇和丘陵河谷区古南镇两个点同时进行。横山镇海拔680m，8月最高气温摄氏27.9度，昼夜温差大；古南镇海拔250m，8月最高气温摄氏29.3度，昼夜温差较小。供试土壤在横山镇为侏罗系上统蓬莱镇组沙泥岩互层发育的潜育型水稻土，古南镇为侏罗系中统沙溪庙组的紫色泥岩发育的淹育型水稻土，土壤理化性状分析结果见表二。除试验处理外，其它管理与大田相同。

表2 土壤理化性状分析结果

试验点	pH	有机质 %	速效氮 毫克/公斤	速效磷 毫克/公斤	速效钾 毫克/公斤	有效锌 毫克/公斤
横山	4.3	0.74	32.7	5.5	49.0	4.2
古南	4.6	0.62	21.9	3.4	41.0	4.1

2 结果与分析

2.1 施肥对产量的影响

各处理实收产量（表3）两个点均以处理10为最高，其次是处理2，以未施任何肥料的处理1产量为最低。如果将处理2的相对产量定为100%，不施肥处理稻谷相对产量仅为处理2的66.7%—83.0%。经LSD比较，处理2的产量极显著地高于其它处理。说明试验条件下，亩施N 9公斤、P₂O₅ 5公斤和K₂O 6公斤能够获得高产。

2.1.1 氮肥对产量的影响

一般来说，施氮能提高水稻产量，但当施氮量超过一定水平后继续增施氮肥，产量反而降低。从表3看出，以N 9公斤/亩处理的产量最高，在此基础上继续增加施N量（处理9），产量分别为处理2的94.9%（横山试验点）及93.3%（古南试验点），降低了5.1及6.7个百分点，差异达到1%显著水准。有机氮20%与无机氮80%配合施用（处理10），比施纯无机氮处理的产量提高13公斤/亩（横山试验点）及12.9公斤/亩（古南试验点），分别增产3.0%及3.5%。表明在9公斤N/亩的基础上有机氮与无机氮配合施用效果更佳。

表3 横山及古南试验点水稻产量（平均产量，公斤/亩）

处理	横山试验点		古南试验点	
	平均产量	相对产量（%）	平均产量	相对产量（%）
1. N ₀ P ₀ K ₀	246.4	66.7* *	353.0	83.0* *
2. N ₉ P ₅ K ₆	369.6	100.0	425.2	100.0
3. N ₉ P ₅ K ₀	272.8	73.8* *	382.0	89.8* *
4. N ₉ P ₅ K ₃	345.3	93.4* *	386.3	90.9* *
5. N ₉ P ₅ K ₉	333.6	90.3* *	419.7	98.7
6. N ₉ P ₅ K ₁₂	323.6	87.6* *	376.8	88.6* *
7. N ₉ P _{2.5} K ₆	306.3	82.9* *	382.4	89.9* *
8. N ₉ P _{7.5} K ₆	341.0	92.3* *	416.6	98.0*
9. N ₁₂ P ₅ K ₆	351.4	94.9* *	396.7	93.3* *
10. N _{7.2+1.8} P ₅ K ₆	382.6	103.5*	438.1	103.0* *
11. N ₉ P ₅ K ₆ Zn ₂	354.3	95.9* *	420.3	98.8

注：LSD_{0.05}=13.5, LSD_{0.01}=15.1；LSD_{0.05}=8.4, LSD_{0.01}=12.7。处理中的下标为每亩养分施用量(表5相同)

2.1.2 磷肥对产量的影响

在处理2的基础上，将磷肥用量减少50%（处理7），相对产量分别只有82.9%和89.9%。当磷肥用量增加到处理2的1.5倍时（处理8），产量降低28.6公斤/亩（横山试验点）及8.6公斤/亩（古南试验点）。说明杂交优质稻E优540的施磷（P₂O₅）水平在5公斤/亩为适宜。

2.1.3 钾肥对产量的影响

两地试验点的施钾效果都十分显著。施钾0水平的产量仅为处理2的73.8%及89.9%，差异达极显著。施钾量提高到最佳用量的50%时，相对产量亦同步上升到处理2的93.4%及90.9%。当钾肥用量继续增加至处理2的2倍时，产量显著下降。

经统计分析，水稻施钾肥的效应模型为：横山试验点 $y=278.8+24.4538x-1.7881x^2 \pm 15.15$ 公斤/亩，方程检验 $F>F_{0.01}$ ，复相关系数 $R=0.86$ ，最佳施钾量为6.8公斤/亩，水稻产量可达362.4公斤/亩；古南试验点 $y=373.57+13.9857x-1.10159x^2 \pm 14.42$ 公斤

/亩，方程检验 $F > F_{0.05}$ ，复相关系数 $R=0.81$ ，最佳施钾量为 6.32 公斤/亩，水稻产量可达 468.9 公斤/亩。

从效应模型看出，在不同气候、土壤条件下，钾肥的增产效果不一样，横山试验点的钾肥肥效较高，在最佳施钾水平下，钾肥的增产效果为 16.1 公斤/公斤 K_2O 。古南试验点肥效较低，在最佳施钾水下，钾肥的增产效果为 7.2 公斤/公斤 K_2O 。钾肥与水稻产量的关系图 1。

2.1.4 气候对钾肥效应的影响

在低山区和丘陵河谷区之间，施用钾肥对水稻的产量存在着一定的差异。低山区的横山点，不施钾肥的处理 3，产量仅为处理 2 的 73.8%，施钾的肥料报酬为 16.12 公斤/公斤 K_2O ；丘陵河谷区古南点，无钾处理产量为处理 2 的 89.84%，钾肥的报酬为 7.2 公斤/公斤 K_2O 。无肥处理相对于处理 2 的产量，低山区仅为 66.7%，丘陵河谷区为 83.0%。说明在丘陵河谷区气候和土壤肥力对水稻产量的影响比施肥的增产效果为大。而低山区水稻产量对肥料的依赖性较大，施肥的增产潜力更大。

2.1.5 钾肥对水稻病虫发生的影响

据横山试验点 7 月 15 日田间调查结果，水稻施用钾肥后，稻瘟病的病株率和稻飞虱的虫口密度都有所降低。稻瘟病发病率和稻飞虱虫口密度经方差分析，差异均达极显著水平（表 4）。

表 4 稻瘟病、稻飞虱发生情况调查表

施钾量，公斤/亩	0	3	6	9	12
稻瘟病病株率（%）	23.7	18.9	12.4	6.7	7.3
稻飞虱百窝虫量（头）	15798	11430	9108	4871	5036
稻瘟病： $F=56.74 > F_{0.01}(52.9)$ ；					稻飞虱 $F=29.86 > F_{0.01}(28.7)$

2.2 施肥对稻米品质的影响

水稻施肥处理不同，稻米品质也不一样，蛋白质和淀粉含量随试验处理的变化而变化（表 5）。

2.2.1 施磷对品质的影响

在氮钾用量一致的基础上，施 P_2O_5 7.5 公斤/亩范围内，稻米的蛋白质含量随施磷量的增加而增加（表 5），在施 P_2O_5 2.5 公斤/亩时，稻米蛋白质含量为 8.63%（横山，处理 7）及 7.32%（古南，处理 7），当 P_2O_5 施用量为 5 公斤/亩时，蛋白质含量为 8.80%（横山，处理 2）及 7.85%（古南，处理 2）， P_2O_5 施用量为 7.5 公斤/亩时，稻米的蛋白质含量达 9.52%（横山，处理 8）及 7.91%（古南，处理 8），横山点的差异尤为明显。施用 P_2O_5 7.5 公斤/亩的处理虽然蛋白质含量最高，但由于稻米的产量低，单位面积蛋白质总产量反到不高。从稻谷产量和蛋白质产量两个目标考虑，以施 P_2O_5 5 公斤/亩最佳。

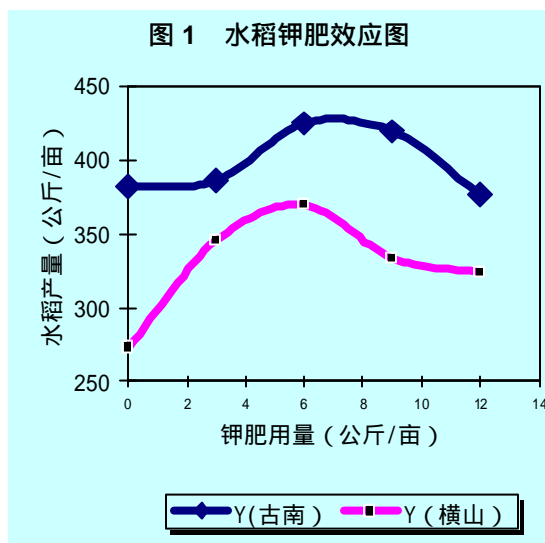


表 5 谷粒蛋白质淀粉含量 (%) 及产量 (公斤/亩)

处理	横山			古南		
	蛋白质含量	蛋白质产量	淀粉含量	蛋白质含量	蛋白质产量	淀粉含量
1. N ₀ P ₀ K ₀	6.78	16.7	61.5	7.20	25.4	64.1
2. N ₉ P ₅ K ₆	8.80	32.5	65.3	7.85	33.4	66.3
3. N ₉ P ₅ K ₀	8.09	22.1	65.0	7.14	27.3	66.1
4. N ₉ P ₅ K ₃	10.35	35.7	66.5	8.15	31.5	64.8
5. N ₉ P ₅ K ₉	8.57	28.6	66.1	7.44	31.2	64.0
6. N ₉ P ₅ K ₁₂	8.03	26.0	66.8	6.96	26.2	63.0
7. N ₉ P _{2.5} K ₆	8.63	26.4	65.4	7.32	28.0	64.9
8. N ₉ P _{7.5} K ₆	9.52	32.5	66.1	7.91	23.0	65.2
9. N ₁₂ P ₅ K ₆	8.81	30.9	64.6	7.14	28.3	64.4
10. N _{7.2+1.8} P ₅ K ₆	9.28	35.5	63.8	7.26	31.8	64.2
11. N ₉ P ₅ K ₆ Zn ₂	8.45	30.0	62.4	7.50	31.5	63.7

2.2.2 施钾对品质的影响

在两个试验点上,施钾对水稻蛋白质的合成均有显著影响(表5)。在施N 9 公斤/亩和P₂O₅ 5 公斤/亩的基础上,两个点均以施K₂O 3 公斤/亩处理的蛋白质含量最高,分别达到8.15%及10.35%,而未施钾肥的3 处理蛋白质含量低于施钾的任何处理,分别只有7.14%及8.09%。但当施钾量超过3 公斤/亩时,蛋白质含量随施钾量的增加而降低,当施钾量达12 公斤/亩时,蛋白质含量降低到6.96%及8.03%,表明钾素过量对水稻蛋白质合成有不良影响,详见图2。

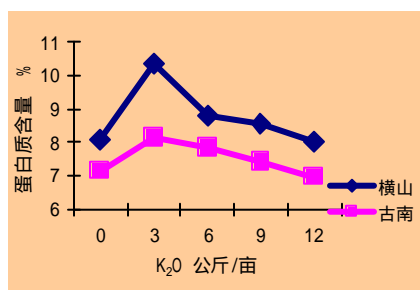


图 2 施钾量与蛋白质含量

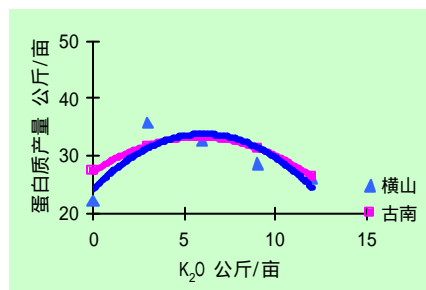


图 3 施钾量与蛋白质产量

如果将籽粒蛋白质含量与产量之乘积作为蛋白质产量,则可看出,横山试验点以施K₂O 3 公斤/亩的处理最高,达35.7 公斤/亩;古南试验点以施K₂O 6 公斤/亩的处理最高,达33.4 公斤/亩,未施钾肥的处理蛋白质产量最低。在施K₂O 3 公斤/亩或6 公斤/亩范围内,蛋白质产量随施钾量的增加而增加,施K₂O 量超过3 公斤/亩或6 公斤/亩后,蛋白质产量随施钾量的增加而减少。说明在氮磷肥基础上施用适量的钾肥,能促进蛋白质的合成,提高品质,当施钾量超过一定的量时,蛋白质的合成反而受阻。

施钾量与蛋白质产量间的关系符合二次多项式方程,经统计分析,两个试验点的回归方程分别为:横山试验点 $y=24.094+3.1898x-0.2639x^2 \pm 3.46$ 公斤/亩,对回归方程显著性检验,回归 $F>F_{0.01}$,复相关系数 $R=0.91$,最高蛋白质产量的施钾量为(K₂O) 6.04 公斤/亩,蛋白质产量可达33.7 公斤/亩;古南试验点 $y=27.175+2.061x-0.17825x^2 \pm 0.46$ 公斤/亩,复相关系数 $R=0.99$,最高蛋白质产量施钾量为(K₂O) 5.78 公斤/亩,蛋白质产量可达45.0 公斤/亩。水稻施钾蛋白质产量效应见图3。

结合图1、图2、图3分析可以看出,钾肥对水稻产量和品质的影响是不尽相同的,获得最佳品质和最佳产量所需的钾肥用量并不完全一致,根据此情况,以单位面积蛋白

质产量作为最佳施钾量的依据,本试验研究结果,钾肥的合理施用量为 K_2O 4 公斤/亩(横山)或6 公斤/亩(古南)。

另外,在氮磷钾一致的基础上,采用有机氮与无机氮配合施,无论是低山试验点还是丘陵河谷试验点,均能促进水稻蛋白质的合成,显著提高稻米的蛋白质含量。

2.2.3 米粒外观品质

从米粒的外观上看,两试验点均以施 K_2O 3 公斤/亩—6 公斤/亩的米粒外观透明有光泽,垩白度小,垩白率低,整米率高,所煮饭香而食口性好,其中横山点优于古南点,这与稻米在抽穗扬花期的气候条件有关。

3 结论

水稻品质受气候、土壤和施肥的多重影响,其中土壤和气候对水稻品质的影响大于肥料。

氮磷钾肥对水稻产量和稻米品质都有影响,从单位面积产量和稻米蛋白质含量两个因子综合考虑,优质稻基地水稻的氮磷钾最佳施用量为:N 8—9 公斤/亩, P_2O_5 4—5 公斤/亩, K_2O 4—6 公斤/亩。有机肥与无机肥配合施最佳。

低山区水稻扬花至灌浆成熟期,气温相对较低,无高温逼熟现象,加之昼夜温差大,产量虽不高(最高产量仅24.2 公斤/亩),但品质却很好(蛋白质含量可达10.35%)。河谷丘陵区水稻扬花至灌浆成熟期,气温相对较高,加之昼夜温差小,虽产量高(最高产量达31.3 公斤/亩),但品质相对较差(蛋白质最高含量却只有8.15%)。



綦江作为重庆市的优质水稻基地县,探索气候和土壤条件对优质稻品质的影响试验田。
照片为田间考察会时所摄(李伟提供)

香蕉平衡施肥技术研究

姚丽贤 周修冲 蔡永发 陈婉珍

广东省农科院土壤肥料研究所 广州 510640

谭涛立

广东中山市黄圃镇横档村农办 中山 528429



姚丽贤女士

面积占全国的四成，产量约占全国总产的45%。在广东中山、湛江、茂名等地区，香蕉是当地种植业的支柱产业，香蕉树被亲切地叫做“招（蕉）财树”，因种植香蕉致富而盖起的楼房也被自豪地称为“香蕉屋”。

目前，广东省的香蕉以北运至其它地区销售为主。我国人口众多，对香蕉的消费潜量大，目前每年每人香蕉消耗量尚不足2千克。随着运输、保鲜技术的改进及人们生活水平的提高，对香蕉的需求量仍会继续增加。因此，相对于国内有限面积的香蕉产地来说，香蕉消费市场仍然有非常巨大的发展空间。

香蕉是需钾量极大的一种作物。在整个生长周期中，吸收钾养分的量是一般作物的数倍。目前在广东省的香蕉主产区，农民常用肥料的N:K₂O比例为1:1~1.67。然而，根据我们的试验，过量施用钾肥不但降低香蕉产量，而且在一定程度上降低香蕉的品质。因此，本文对香蕉氮钾肥不同施用配比试验进行了总结，期望为高产、优质、高效的香蕉生产提供科学施肥的依据。



一、 材料和方法

试验于2002年在广东省中山市黄圃镇横档村老蕉园进行。试验土壤为水稻土类型，质地为粘壤土。土壤基本性状经中-加实验室分析为：土壤速效N 10.6毫克/公斤、P 52.5毫克/公斤、K 212.1毫克/公斤、Mg 291.6毫克/公斤、S 60.5毫克/公斤，土壤肥力属较高类型。

试验设4个处理，分别为1、当地施肥；2、NPK_{1.15}；3、NPK_{1.4}；4、NPK_{1.7}。（下标数字是表示该处理K₂O:N的比例）。每个处理重复3次，随机区组排列，每个小区

有 10 株香蕉。除当地施肥处理外，其它处理均施用等量的镁、硫肥。试验用肥为香蕉专用肥（13-5-15）、氯化钾、碳酸镁及硫磺，施肥量见表 1。

表 1 不同处理的养分施用量（单位：公斤/亩）

处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S
当地施肥	63.4	30.8	75.9	-	-
NPK _{1.15}	70.4	27.1	81.2	9.7	19.4
NPK _{1.4}	70.4	27.1	98.6	9.7	19.4
NPK _{1.7}	70.4	27.1	119.7	9.7	19.4

试验香蕉品种为巴西 2 号，试管蕉苗于 2002 年 1 月 5 日按 2.32m x 2.39m 的规格种植（密度为 120 株/亩），于 2002 年 11 月 6 日-12 月 20 日期间收获。分别在孕蕾期、抽蕾期及果实膨大期调查香蕉生长状况，在成熟期采样进行外观调查及品质分析。

二、结果与分析

2.1 香蕉的生长

对香蕉不同生育期的生长状况进行了调查，结果见表 2。改进的三个施肥处理均比当地施肥促进香蕉的营养生长，明显增加了香蕉的株高、茎围及青叶片数。然而，随着施钾比例的增加，抽蕾期植株的株高、茎围及青叶片数并没有随之增加，有些反而有下降的趋势。

比较抽蕾前后蕉株的茎围差，处理 NPK_{1.15} 的茎围差最大，表明抽出的蕾最为粗壮。另外，不同处理间的抽蕾率差别较大，处理 NPK_{1.15} 和 NPK_{1.4} 的植株抽蕾较早且均匀，这对于香蕉的提前收获以避免年末的冷空气冻害有极大的好处。当氮、钾肥施用比例高达 1:1.7 时，抽蕾率明显低于氮钾施用比例为 1:1.15 及 1:1.4 的。

表 2 不同处理香蕉在不同生育期的生长状况

处理	孕 蕾 期			抽 蕾 期				果 实 膨 大 期		
	株高 厘米	茎围 厘米	青叶片/ 株	株高 厘米	茎围 厘米	青叶片/ 株	抽蕾率 %	株高 厘米	茎围 厘米	青叶片/ 株
当地施肥	228	68.0	14.0	240	66.3	16.0	60	242	64.0	11.5
NPK _{1.15}	239	71.3	15.8	252	69.7	17.2	100	250	65.1	13.0
NPK _{1.4}	239	68.7	14.8	255	69.5	17.2	90	253	65.6	13.7
NPK _{1.7}	231	68.7	15.9	240	66.5	17.2	70	253	65.4	13.6

2.2 香蕉产量

由于改进的三个施肥处理的植株抽蕾较早，因此蕉果的收获也提前了近 2-3 个星期，避开了 12 月下旬的强冷空气，也有利于次年第 2 造蕉的提前收获。表 3 的产量数据表明，这三个处理都比当地施肥处理显著提高产量，其中，处理 NPK_{1.15} 产量最高。

随着施钾比例的提高，产量有所下降，处理 NPK_{1.4} 比处理 NPK_{1.15} 显著降低了产量，处理 NPK_{1.7} 产量与处理 NPK_{1.15} 的差异没有达到显著水平。

表 3 不同处理的香蕉产量

处理	产量		增产			
	公斤/小区	公斤/亩	公斤/亩	%	公斤/亩	%
当地施肥	248.5 c	2990	-	-	-	-
NPK _{1.15}	289.8 a	3487	497	16.6	-	-
NPK _{1.4}	276.7 b	3330	340	11.4	-157	-4.5
NPK _{1.7}	283.3 ab	3409	419	14.0	-78	-2.2

$LSD_{0.05}=12.972$ 公斤/小区, $LSD_{0.01}=19.655$ 公斤/小区

2.3 香蕉的农艺性状及品质

根据成熟期香蕉农艺性状的调查,改进的三个施肥处理都在一定程度上增加蕉果的指长、指围及单果重,明显提高梳重,改善了香蕉的商品外观。另外,这三个处理的固形物、可溶糖及Vc都明显高于当地处理的,但当氮钾施用比例达到1:1.7时,香蕉的固形物、可溶糖及Vc都比氮钾比例为1:1.15及1:1.4的有所下降。

表 4 不同处理香蕉的农艺性状及品质

处理	指长	指围	指数	单果重	梳重	固形物	可溶糖	Vc
	厘米	厘米	个/梳	克	克	%	%	毫克/公斤
当地施肥	25.9	12.3	18	177	3190	21.0	16.2	66
NPK _{1.15}	28.1	12.7	18	214	3850	21.8	16.8	70
NPK _{1.4}	28.3	12.9	18	209	3762	22.0	16.9	71
NPK _{1.7}	27.9	12.4	18	208	3740	21.3	16.3	66

2.4 香蕉种植效益比较

由于本试验香蕉收获较早,香蕉收购价较好。比较不同处理的种植效益(表5),扣除肥料及其它所有成本后,处理NPK_{1.15}获得最高利润,比当地施肥增收575.1元/亩,增收率达29.1%,处理NPK_{1.4}和NPK_{1.7}分别增收15.8%、20.1%。本实验结果表明,钾肥用量和氮钾比例要合理,以N:K₂O 1:1.15产量最高,经济效益最好,过量的增施钾肥使成本增加,相应的经济效益下降。

表 5 不同处理的香蕉种植效益

处理	产量 (公斤/亩)	产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	利润* (元/亩)	增收	
					元/亩	%
当地施肥	2990	4485	810	1975	-	-
NPK _{1.15}	3487	5230.5	980.4	2550.1	575.1	29.1
NPK _{1.4}	3330	4995	1007.7	2287.3	312.3	15.8
NPK _{1.7}	3409	5113.5	1040.7	2372.8	397.8	20.1

*利润=产值-肥料成本-其它成本。蕉苗、竹杉、农药、灌溉、地租、整地等其它成本约为1700元/亩。香蕉收购价:1.5元/公斤;肥料价格(元/吨):尿素1310、氯化钾1300、香蕉专用肥(33%)1400、进口复合肥(45%)2420、碳酸镁4800、硫磺1700。

三、小结

3.1 在土壤钾素丰富的条件下，氮钾施用比例 $N:K_2O$ 为 1:1.15 时，明显促进香蕉植株的营养生长，抽蕾提早约 3 个星期。随着钾肥施用比例的增加，株高及茎围的营养生长被限制。

3.2 氮钾施用比例 $N:K_2O$ 为 1:1.15 时，获得第一造香蕉最高产量为 3487 公斤/亩，利润 2550 元/亩，比当地施肥增收 29.1%。进一步增加钾肥用量没有显示出增产作用，但是成本增加，相应的经济效益下降。

3.3 合理施用钾肥明显改善果实品质，但是过量施用钾肥使香蕉果实品质降低。在本试验条件下，氮钾施用比例 $N:K_2O$ 为 1:1.15 时，香蕉果实商品外观及内在品质较好， $N:K_2O$ 增加到 1:1.7 时香蕉品质有所下降。



香蕉平衡施肥