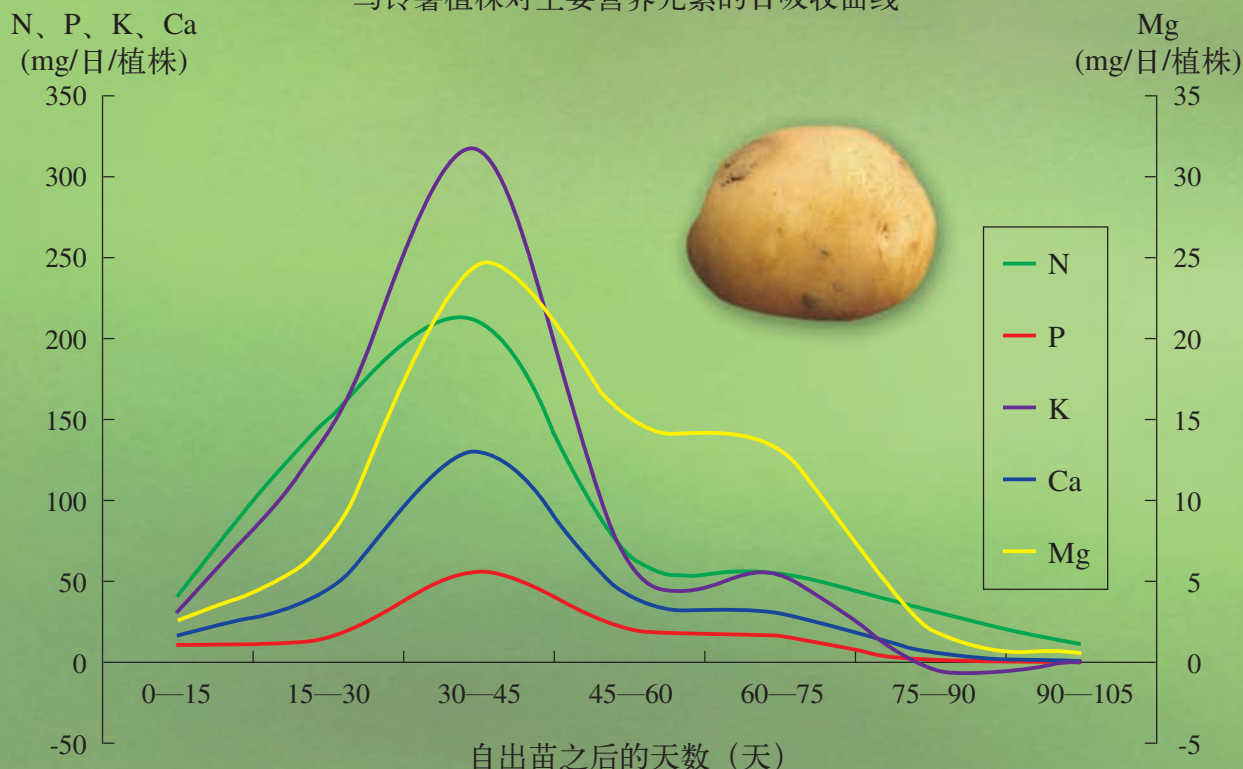


# 高效施肥



马铃薯植株对主要营养元素的日吸收曲线



## 本期提要

中国的平衡施肥示范项目

水稻超高产栽培与平衡施肥

钾对白浆土水稻产量及品质的影响

ASI法与常规分析方法的相关性研究

平衡施肥对云南曲靖小麦生产的影响

平衡施肥在云南茶叶生产上的应用研究

烤烟的养分精准管理与品质影响研究

有机肥和化肥对草坪径流量的影响

作物残茬类型对钾释放的影响

莲藕钾肥用量及其施用效应

磷肥中铀对农田的污染

香蕉钾源的选择

钾肥在农作物上应用

# 高效施肥 2006年5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 (16)	1
李 伟—水稻超高产栽培平衡施肥试验研究	3
李玉影—钾对白浆土水稻产量及品质的影响	8
熊桂云—ASI 法与常规分析方法的相关性研究	13
陈 华—平衡施肥对云南曲靖小麦生产的影响	16
付利波—平衡施肥在云南茶叶生产上的应用研究	20
谢玲译—磷肥中铀对农田的污染	25
苏 帆—烤烟的养分精准管理与品质影响研究	26
谢玲译—有机肥和化肥对草坪径流量的影响	31
谢玲译—作物残茬类型对钾释放的影响	33
刘冬碧—莲藕钾肥用量及其施用效应的初步研究	35
姚丽贤—香蕉钾源的选择	38
周春玉—钾肥在农作物上应用研究	41

### 《高效施肥》

为 PPI/PPIC 中国项目部的出版物，  
每年五月及十月各出一期  
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、成都办事处索取

网页：<http://www.ppi-ppic.org>  
<http://cclab.caas.ac.cn>

#### 邮件地址：

主编：金继运 [jjjin@ppi-ppic.org](mailto:jjjin@ppi-ppic.org)  
编辑：陈 防 [fchen@ppi-ppic.org](mailto:fchen@ppi-ppic.org)  
涂仕华 [stu@ppi-ppic.org](mailto:stu@ppi-ppic.org)  
李书田 [sli@ppi-ppic.org](mailto:sli@ppi-ppic.org)  
何 萍 [phe@ppi-ppic.org](mailto:phe@ppi-ppic.org)  
梁鸣早 [mzliang@ppi-ppic.org](mailto:mzliang@ppi-ppic.org)

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。

主编：金继运

编辑：陈 防、涂仕华、李书田、何萍、  
梁鸣早

**国际项目总部**— Saskatoon, Saskatchewan, 加拿大  
Adrian M. Johnston, President, PPIC and Asia  
Program Coordinator

#### 理事会

William J. Doyle, Chairman of the Board,  
PotashCorp  
Fredric W. (Friz) Corrigan, Vice Chairman of the Board, Mosaic  
William J. Whitacre, Chairman Finance  
Committee, Simplot  
Terry L. Roberts, President and Ex Officio Member of the Board  
Michael M. Wilson, Agrium Inc.  
Robert P. Jornayvaz, III, Intrepid Mining, LLC

**行政办公室**— Norcross, Georgia, 美国  
Terry L. Roberts, President, PPI

**北美项目总部**— Brookings, South Dakota, 美国  
Paul E. Fixen, Senior Vice President, PPI, Americas  
Program Coordinator, and Director of Research

#### 中国项目部

金继运主任 北京办事处  
李书田副主任 北京办事处  
何萍副主任 北京办事处  
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.  
Intrepid Mining, LLC  
Mosaic  
PotashCorp  
Simplot



## 加拿大钾肥公司在中国的平衡施肥示范项目报告 (16)

### ——土壤养分综合系统评价法与测土配方施肥

金继运

PPI/PPIC 中国项目部, 北京

党的十六届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》(以下称“建议”), 明确了今后5年我国经济社会发展的奋斗目标和行动纲领, 提出了建设社会主义新农村的重大历史任务, 为做好当前和今后一个时期的“三农”工作指明了方向。“建议”明确指出, 要“加快农业科技进步, ……。稳定发展粮食生产, 实施优质粮食产业工程, 建设大型商品粮生产基地, 确保国家粮食安全。……。积极推行节水灌溉, 科学使用肥料、农药, 促进农业可持续发展。”

当前在全国范围内逐步展开的测土配方施肥工作, 是科学使用肥料的关键, 也是党中央国务院推动农业技术革命和支农惠农的一项重要措施。国家测土配方施肥行动的目的是应用相对成熟的测土推荐施肥技术, 通过土壤测试对土壤养分供应能力有快速准确的评价, 在此基础上为农民提出科学施肥配方, 保证作物优质高产, 提高肥料利用率, 建立资源节约型和环境友好型作物生产体系。因此, 一定要充分利用已有的工作基础, 选用有完整技术体系和充分田间试验基础的测土配方施肥方法, 提供快速准确的土壤测试和保证作物优质高产的施肥配方。

国内在测土配方施肥方面有多年研究基础和很好的技术储备, 这也是我农业部建议国家开展本次测土配方施肥行动的基础。其中, “土壤养分状况综合系统评价法”(简称ASI方法), 有多年研究和大量田间试验基础, 形成了从土壤测试到推荐施肥的一整套技术体系, 包括: 批量化的前处理技术、专业化的检测技术、自动化的数据采集技术和网络化的推荐施肥技术, 为测土配方施肥行动提供了切实可行的测土推荐施肥技术体系。

ASI方法是我国农业部领导的国际合作项目一项重要成果。该方法1989年通过中国—加拿大(PPIC)合作项目引入我国, 同时在中国农业科学院建立了“中国—加拿大(CAAS—PPIC)合作土壤植物测试实验室”, 2005年命名为“中国农业科学院国家测土施肥中心实验室”。16年来, 中国农业科学院和全国44个科研、教学和技术推广部门组成的合作研究网络, 在31个省(市、自治区)范围内开展了深入系统的研究, 共分析土壤样品30,000多个, 进行了7,000多个田间试验和500多个盆栽试验, 形成了完整的土壤养分评价指标和推荐施肥指标体系。在此基础上, 针对我国主要土壤类型和作物, 研制出测土推荐施肥指标体系和推荐施肥模型, 形成了一整套测土推荐施肥的方法与技术体系。目前可对我国主要土壤类型和130多种作物进行测土推荐施肥。

ASI方法是一套用于土壤养分测试和推荐施肥的完整方法, 分析项目包括了土壤碱溶性有机质、pH、交换性酸、土壤铵态氮、速效磷、速效钾, 速效钙、镁、硫、铁、铜、锰、锌、硼共14个指标, 可以对土壤大中微量营养元素供应能力进行全面评价, 不仅可以对大量元素进行推荐施肥, 而且对微量元素也可进行定量化推荐施肥。它对查找当地土壤养分障碍因子, 指导科学施肥具有重要意义。

该方法在测土配方施用的各个环节上均形成了较为完整的系统, 从测试方法、测试设备、养分丰缺指标到推荐施肥模型均形成体系。该方法应用联合浸提剂, 以四种浸提剂提取11种营养元素, 不仅考虑到了不同营养元素在土壤中化学行为的相似性, 则且也考虑到了与国际上和我国常用方法的接轨与可比性。其中铵态氮、有效钙、镁、硫和硼的浸提方法与常规方法基本相同。

ASI方法有配套的批量化的测试设备: 全套设备包括土壤样品风干设备、土样粉碎机、土样量样器、样品盘、样品车、加液稀释器、土样搅拌器、样品盘冲洗器、泵吸式分光光度计、原子吸收分光光度计、搅拌式酸度计、纯水制备装置等。该方法在土壤样品分析过程中, 采用一系列先进的操作技术: 土壤风干盘避免了常规土样风干占地大、易污染的缺点; 专用土壤样品粉碎机采用锤片式结构, 不会破坏土壤的微团聚性能; 体积量样, 便捷快速而且更符合作物生长实际; 批量加液稀释器的使用, 能完成批量加液, 同时还能使加液和稀释一次完成, 大大节约了土壤分析过程中移液、稀释、显色、定



容等繁琐的手续；样品盘冲洗器可一次冲洗十一个容器，并能一次完成自来水和去离子水的冲洗。在分析过程中，土壤搅拌器代替了传统的振荡机，避免了样品易溢出和容器易碎的缺点；在比色分析中，采用了泵吸流动进样，使比色分析的效率大为提高；土壤酸度测定中，采用了自动搅拌技术，使搅拌和测定同时进行，大大简化了测定程序。

该方法是在国际上土壤测试和推荐施肥的基础上逐步发展起来的，一方面考虑到了与其它方法的接轨，另一方面兼顾了各种土壤，所适应的土壤 pH 范围宽，适合于中性、酸性、碱性和石灰性土壤。在我国，目前所采用的土壤速效磷的测定，基本上都是以 0.5mol/L 的  $\text{NaHCO}_3$  为主浸提的，而 ASI 方法中的 P、K、Cu、Fe、Mn、Zn 联合浸提剂的主要成份为  $\text{NaHCO}_3$ 、EDTA、 $\text{NH}_4\text{F}$  和 Superfloc127。浸提液 pH 值与 Olsen 浸提液的 pH 值相同，根据我国目前的实际情况，Olsen 法在土壤速效磷的测定中无论在酸性还是石灰性土壤上均被采用。所以，ASI 方法适合于我国各主要土壤类型。其中的  $\text{HCO}_3^-$  离子，是石灰性土壤中有效 Ca-P 的理想提取剂，也能提取部分 Fe-P 和 Al-P；F 离子，是 Al-P 的强力提取剂，其次是 Fe-P，再次才是 Ca-P。可见 ASI 浸提剂对不同形态的速效 P 皆有提取作用。 $\text{NH}_4^+$  可有效提取土壤中的  $\text{K}^+$ 。在浸提剂中的 Superfloc127 可有效阻止土壤颗粒的过度分散，使浸提溶液容易过滤澄清。EDTA 作为螯合剂可把 Cu、Zn、Mn、Fe 浸提出来，然后用 AA 测定。该方法测定的结果与我国土壤测定的常规化学方法呈显著相关。

通过 16 年在我国的研究和推广，在主要作物上表现效果明显，采用 ASI 方法进行测土配方施肥平均较传统的施肥方法增产在 11.2—16.2% 之间，不同作物对测土配方施肥的表现不太一致，大田作物一般在 10% 左右，而蔬菜与水果等经济作物一般在 15% 左右。

综上所述，ASI 方法有多年研究和大量田间试验基础，已形成了批量化的前处理技术、专业化的测试技术、自动化的数据采集技术和网络化的推荐施肥技术等一整技术体系，通过有关项目正在全国范围内应用，并且在我国很多地方都建立了相应的技术示范区，在全国测土配方施肥行动中发挥重要作用。

上接 40 页：



图1、2全部施用氯化钾的香蕉果色比部分施用硫酸钾鲜艳



图3调查香蕉茎围和株高



## 水稻超高产栽培平衡施肥试验研究

李伟<sup>1</sup> 戴亨林<sup>1</sup> 游国玲<sup>2</sup> 罗孝华<sup>3</sup>

1: 重庆市农业技术推广总站;

2: 梁平县土壤肥料站;

3: 南川市土壤肥料站

**摘要:** 在海拔 500 米~700 米范围内进行的水稻超高产栽培试验表明, 中等肥力水平土壤上, 施 12 公斤 N/亩, 8 公斤 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/亩和 12 公斤 K<sub>2</sub>O/亩, 可望获得 701.8 公斤/亩~771.0 公斤/亩的高产, 在此基础上继续增加肥料用量, 其产量反而下降。充足的氮、磷、钾用量和比例, 促进了有效分蘖, 提高成穗率和结实率, 是实现高产的重要原因。

稻米是我国南方主要的口粮。水稻产量对于粮食安全具有十分重要的意义。当前市场上销售的高产种子不少, 就其自身的特征而言, 单产水平可以达到 800 公斤/亩甚至更高, 但是在大面积生产实践中, 良种的优良品性并没有得到充分发挥, 就重庆水稻主产区而言, 其单产水平通常在 500 公斤/亩~600 公斤/亩徘徊。除了栽培技术不到位外, 肥料的施用量、施用比例和方法不当, 也是造成“育种高产, 推广低产”的重要原因。为了探索重庆水稻主产区 750 公斤/亩产量水平的施肥量和施肥方法, 在钾磷研究所的资助下, 结合重庆市科委科技攻关项目“水稻超高产栽培技术研究推广”, 在南川市、梁平县开展了水稻超高产栽培平衡施肥研究。

### 一、材料与方法

#### 1. 试验地点

试验地点选择在南川市大观镇中江村 2 社, 梁平县屏锦镇和睦村 6 社。南川市大观镇是重庆市确定的优质稻生产基地, 生态条件良好, 海拔高度 760 米左右, 中丘陵地貌, 丘陵中上部为茂密的松树林, 稻田则分布于宽谷和坝地。梁平县缓丘平坝地貌约占幅员面积的 40%, 屏锦镇位于平坝地区, 海拔高度 450 米, 相对高差小于 20 米。坝上稻田鳞次栉比, 阡陌纵横, 是重庆水稻主产区。

#### 2. 供试土壤

南川市大观镇的土壤为侏罗系中统沙溪庙组紫色沙页岩发育的淹育型水稻土, 多为一季中稻, 少有稻一油(菜籽)两熟。梁平县屏锦镇为第四纪再积台地上发育的潜育型水稻土, 一熟制。供试土壤养分状况见表 1。

表 1 供试土壤养分状况 (ASI)

地 点	土壤类型	pH	MO	NH <sub>4</sub> -N	P	K	Ca	Mg	Zn
			%	毫克/升					
南 川	大眼泥田	6.8	1.56	35.2	10.5	78.5	506	132	1.0
梁 平	白鳞泥田	4.5	1.20	11.4	6.9	40.3	301	113	0.8
施肥推荐值		—	—	50	12	78	400	122	1.5

#### 3. 供试作物品种

南川为 Q 优 6 号, 梁平为准两优 527。

#### 4. 试验处理

根据土壤供肥能力和施肥推荐值,同时参考国内有关报道,以12公斤N/亩、8公斤 $P_2O_5$ /亩、12公斤 $K_2O$ /亩为最佳施肥处理(OPT),在此基础上,设计了2个氮素水平、3个磷素水平和4个钾素水平,同时设计了硅肥和锌肥处理<sup>[1]</sup>(表2)。

#### 5. 试验实施

表2 试验处理

序号	试验处理	施肥量(公斤/亩)
1	OPT	12-8-12
2	OPT - 1/4P	12-6-12
3	OPT - 1/2P	12-4-12
4	OPT - 1/2K	12-8-6
5	OPT - 1/3K	12-8-8
6	OPT - 1/6K	12-8-10
7	OPT - 1/6N	10-8-12
8	OPT+1/6N	14-8-12
9	OPT+SiCa肥 + $ZnSO_4$	12-18-12-50-1
10	OPT+1/6N+1/4P+1/6K	14-10-14

试验于2005年3月开始,至9月结束。栽秧前3天整田划小区,第一次筑埂,处理之间筑单埂,重复之间筑双埂,双埂间距50厘米。2天后待浮泥沉实第二次筑埂,确保泥埂高出水面10厘米,防止各小区间田水互串。

试验小区面积统一为20平方米(4米×5米)。随机区组排列,三次重复。

秧苗栽插密度为1.28万窝/亩,基本苗为2.56万苗/亩。

具体农事操作见表3。

表3 试验实施情况

地点	播种时间	移栽时间	栽插规格	病虫害防治	收割时间	底肥时间	第一次追肥	第二次追肥
南川	3月16日	4月26日	32×16厘米	后期少量纹枯病、 穗颈瘟发生	9月5日	4月25日	5月8日	7月17日
梁平	3月8日	5月1日	32×16厘米		8月24日	4月30日	5月10日	7月12日

试验用肥料为尿素、磷酸一铵和氯化钾,硅用重庆南江化工厂的硅钙肥,锌为农用硫酸锌。不用有机肥料。硅肥(硅钙肥,有效 $SiO_2$ 20%)用量50公斤/亩,锌肥(农用硫酸锌, $Zn$ 21.8%)用量1公斤/亩。磷、硅和锌肥全部作底肥。氮肥、钾肥60%作基肥,40%作追肥。底肥在播种前一天施用。第一次追肥在移栽后10天左右(施分蘖肥),氮肥、钾肥用量均为总量的30%。余下10%的氮、钾肥在孕穗期追施。

待水稻成熟后,分区收割计产同时考种。

## 二、结果与分析

### 1. 施肥对水稻产量的影响

两个试验点的产量列于表4。从表4可以看出,试验条件下养分投入总量达到32公斤/亩,且N: $P_2O_5$ : $K_2O$ 比例达到1.5:1:1.5时,水稻可实现701.8公斤/亩~771.0公斤/亩的产量,也即是说,试验

追求的目标产量在梁平点还没有实现,这可能与梁平点土壤的基础肥力低有关<sup>[2]</sup>。当养分投入量继续增加时,产量不再同步增加。

表4 不同处理水稻产量表(公斤/亩)

处理 序号	南川				梁平				
	I	II	III	平均	I	II	III	平均	
1	783.3	753.3	776.6	771.0	692.7	677.7	735.1	701.8	
2	709.9	693.3	686.6	696.6	560.0	676.7	668.7	635.1	
3	673.3	613.3	693.3	659.9	558.4	603.4	600.6	587.4	
4	666.6	703.3	713.3	694.4	609.1	650.0	623.4	627.5	
5	726.6	696.6	753.3	725.5	623.4	663.4	655.0	647.2	
6	783.3	753.3	766.6	767.7	645.0	648.4	686.7	660.0	
7	716.6	659.9	716.6	697.7	610.1	643.4	643.4	632.3	
8	736.6	746.6	806.6	763.3	680.0	633.4	671.7	661.7	
9	716.6	699.9	706.6	707.7	675.0	630.1	680.0	661.7	
10	669.9	659.9	726.6	685.5	563.4	626.7	595.0	595.0	
F=9.414, F <sub>0.01</sub> =3.6				F=4.770, F <sub>0.01</sub> =3.6					

## 2. 不同养分的增产效应

**磷肥** 两个点的试验结果一致,当磷肥施用量为OPT的1/2时,产量仅相当于OPT产量的83.7%~85.6%(图1),是所有处理中最低的,当磷肥施用量提高到2/3OPT水平时,其相对产量也提高到90.3%~90.5%,但与OPT的产量相比,差异仍然达到1%显著水平(表5)。结合表1数据分析,即使土壤供磷强度处于中等水平,高密度栽培下的水稻对磷素的有效供给更加敏感。与OPT-1/2P相比,OPT条件下,每公斤P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>可增产27.8公斤~28.6公斤稻谷,其增产效果十分显著。

表5 不同处理平均产量多重比较(LSD法)

试验处理	南川			梁平			
	平均产量 (公斤/亩)	差异显著性 5% 1%		试验处理	平均产量 (公斤/亩)	差异显著性 5% 1%	
12-8-12 (OPT)	771.0	a	A	12-8-12 (OPT)	701.8	a	A
14-8-12	769.9	a	A	12-8-12+Si+Zn	661.7	ab	AB
12-8-10	756.6	ab	AB	14-8-12	661.7	ab	AB
12-8-8	725.5	abc	AB	12-8-10	660.0	ab	AB
14-10-14	718.8	bc	ABC	12-8-8	647.2	b	ABC
12-8-12+Si+Zn	707.7	c	ABC	12-6-12	635.1	bc	BC
10-8-12	697.7	cd	BC	10-8-12	632.3	bcd	BC
12-6-12	696.6	cd	BC	12-8-6	627.5	bcd	BC
12-8-6	694.4	cd	BC	14-10-14	595.0	cd	C
12-4-12	659.9	d	C	12-4-12	587.4	d	C

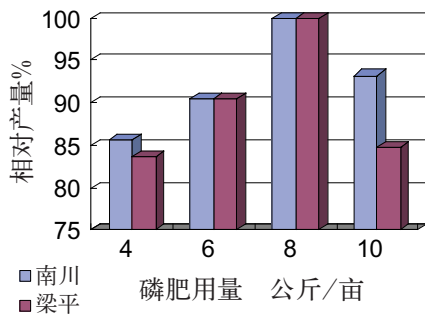


图1 不同磷肥用量与相对产量

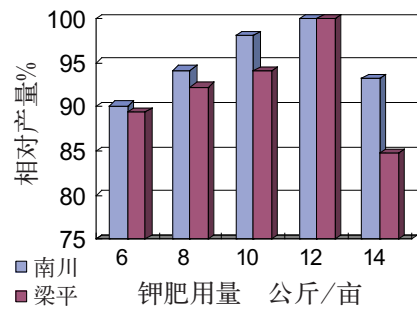


图2 不同钾肥用量与相对产量

**钾肥** 钾肥对产量的影响程度远不及磷肥。当减少三分之一的钾肥用量时，仅梁平产量与OPT的差异达到5%显著水平，减少一半的钾肥用量，其相对产量两个点都仍然能够达到近90%OPT产量（图2）。与OPT-1/2K相比，OPT水平下每公斤K<sub>2</sub>O可增产稻谷12.4公斤~12.8公斤。

**氮肥** 当减少三分之一的氮肥用量，其相对产量下降至90%，差异达到1%显著水平，表明在高产栽培条件下应当首先保证充足的氮素供给，否则产量将会受到严重影响。氮肥用量超过12公斤/亩后，水稻产量明显下降。

**硅肥和锌肥** 试验条件下，硅肥和锌肥基本上没有增产效果。

### 3. 施肥对产量构成因素的影响

随着施氮量的增加，群体结构表现出穗多穗大，产量增加。合理的磷肥用量，促进了有效分蘖，提高成穗率和结实率。钾肥对产量的影响主要表现在增加实粒数（表6），同时还表现出抗倒伏。

表6 不同处理对产量构成因子的影响

处理	施肥水平 (公斤/亩)	最高苗 (万/亩)	有效穗 (万/亩)	成穗率 (%)	实粒数 (粒/穗)	结实率 (%)
N	10	24	14	58.5	183.2	86.1
	12	24	15	67.4	189.5	85.4
P	4	23	14	62.4	190.1	79.3
	6	23	14	58.5	186.8	79.2
	8	24	15	67.4	189.5	85.4
K	6	22	15	68.6	167.5	85.1
	8	21	14	66.9	177.6	79.6
	10	18	13	72.5	189.5	83.4
	12	24	14	67.4	195.7	85.4

### 4. 施肥对水稻品质的影响

合理的磷、钾肥用量对于提高稻米的蛋白质含量是有利的，随着磷、钾肥用量的增加，其粗蛋白含量也随之增加（图3），但是当超过OPT水平后继续增加磷、钾施用量，则粗蛋白含量反而下降，这可能是由于过量的磷、钾供给导致作物正常生长受到影响。



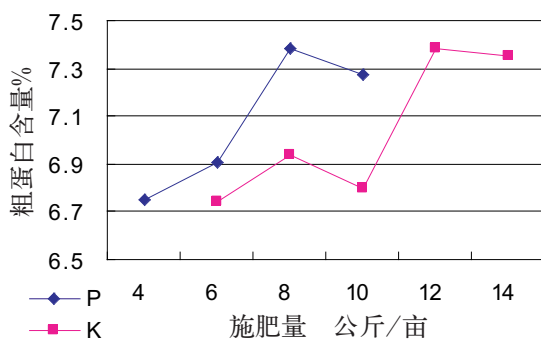


图3 磷肥、钾肥对稻米粗蛋白含量的影响

### 三、讨论

#### 1. 水稻高产与常规产量需肥量的比较

根据在梁平监测村连续5年的定位试验结果,当N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O肥料养分投入总量为21公斤/亩时,其水稻产量可达533.3公斤/亩左右,也即是说每生产100公斤稻谷,需投入4.94公斤肥料养分。在相同的气候、土壤条件下,实现704公斤/亩的产量,每100公斤稻谷投入的肥料养分为4.15公斤,肥料报酬提高了5%。出现这种现象可能与供试作物品种特性有关,前者每100克籽粒中含N1.02克(OPT处理,下同),而后者达到1.18克,表明其对养分的吸收利用率更高。

2. 从磷、钾肥不同施用量水稻产量的变化幅度来看,梁平明显地大于南川,这可能与两种土壤的缓冲性有关,紫色母质上发育的水稻土其缓冲性高于再积台地冲积物上发育的水稻土。

3. 试验处理中硅和锌的效果在梁平点不显著,锌肥与碱性硅钙肥同时施用可能降低了锌的有效性,使其肥效难以表现出来。在南川施用硅肥和锌肥表现出明显减产,这可能是因为在中性土壤上使用碱性硅钙肥降低了磷素的有效性之故。

4. OPT+1/6N+1/4P+1/6K处理在水稻生长后期出现倒伏,且产量低于OPT处理,是否表明在试验区的气候条件下,水稻单产难以实现800公斤/亩,希望在明年的试验中得到印证。

#### 参考文献

- [1] 高井康雄, 施肥原理与技术, 农业出版社, 1982.85.
- [2] 周鸣铮, 土壤肥力学概论, 浙江科学技术出版社, 1985.5~15.



试验最佳处理苗期长势健壮



示范田测产情况



重庆市农技总站李伟在超高产平衡施肥现场会上接受重庆电视台记者采访

## 钾对白浆土水稻产量及品质的影响



李玉影<sup>1</sup> 刘双全<sup>1</sup> 刘颖<sup>1</sup>

赵金满<sup>2</sup> 邢精贵<sup>2</sup> 刘京阁<sup>2</sup> 张金玲<sup>2</sup> 仲淑华<sup>3</sup>

1: 黑龙江省农科院土肥所, 哈尔滨, 150086

2: 黑龙江省桦川县农业技术推广中心, 桦川, 154300

3: 黑龙江省集贤县农业技术推广中心, 集贤, 154900

**摘要:** 白浆土是黑龙江省主要农田土壤类型, 土壤瘠薄, 同时具有障碍性白浆层, 是典型的中低产土壤。试验结果表明, 钾对黑龙江省白浆土水稻产量和品质有显著的正效应。三个试验点示范结果表明, 每亩施  $K_2O$  6 公斤, 较对照平均增产 58.7 公斤, 增产率 12.0%, 增收 71 元。施钾肥稻米蛋白质含量平均增加 0.28%, 直链淀粉含量平均降低 0.51%。适量施用钾肥对提高白浆土水稻产量、改善稻米品质有显著效果。

**关键词:** 白浆土, 水稻, 产量, 品质

黑龙江省位于北纬  $43^{\circ} 25' \sim 53^{\circ} 33'$ , 东经  $121^{\circ} 11' \sim 135^{\circ} 5'$  之间, 属寒温带大陆性气候, 无霜期平均 127 天, 降水量平均 502.9 毫米。全省总耕地面积 1.73 亿亩, 主要土壤类型为黑土、草甸土、黑钙土、白浆土和暗棕壤。白浆土耕地面积 1745.4 万亩, 占全省耕地面积的 10.1%<sup>[1]</sup>, 该土壤主要分布在三江平原, 种植水稻是主要的利用方式。黑龙江省是我国粮食生产和绿色食品生产基地, 尤其是绿色东北大米享誉全国。水稻是黑龙江省主要粮食作物之一, 年种植面积 2299.5 万亩<sup>[2]</sup>。水稻产量和品质主要是品种的遗传特性决定的, 但环境条件对其影响也较大, 尤其是施肥。

### 1、材料与方法

水稻钾肥小区试验设 2 个试验点, 分别为桦川县创业乡丰年村和方正县方正镇建国村, 供试土壤分别为白浆土和草甸白浆土。桦川县白浆土有机质含量 1.8%, 速效 N 10.4 毫克/公斤, 速效 P 4.8 毫克/公斤, 速效 K 86 毫克/公斤, 有效 S 2.1 毫克/公斤, 有效 B 2.6 毫克/公斤, 有效 Zn 1.4 毫克/公斤; 方正县草甸白浆土有机质含量 5.1%, 速效 N 40.6 毫克/公斤, 速效 P 16.6 毫克/公斤, 速效 K 74.3 毫克/公斤, 有效 S 29.2 毫克/公斤, 有效 B 0.9 毫克/公斤, 有效 Zn 1.5 毫克/公斤 (ASI 分析方法)。

小区试验设 5 个处理, 3 次重复, 小区面积 30 平方米, 随机区组排列。氮肥 50% 作基肥, 50% 作追肥; 磷、钾及其它肥料全部作基肥耙地时施入。桦川县水稻供试品种为龙粳 8 号, 方正县水稻供试品种莎莎妮。插秧密度为  $9 \times 4$  寸。单排单灌, 正常田间管理, 试验处理见表 1。

水稻钾肥大面积示范试验设 3 个点, 分别为桦川县创业乡、方正县宝兴乡和集贤县丰乐镇。采用大区对比形式进行, 设 2 个处理, 施钾和不施钾, 每个点设 2 户, 每户施钾处理面积不小于 15 亩, 对照区面积不小于 2 亩, 不设重复, 按生产田正常管理。试验处理见表 2。

表 1 水稻钾肥试验处理 (公斤/亩)

处理	N	$P_2O_5$	$K_2O$	石膏*	硫酸锌*
1. NP	10	5	0	9	1.3
2. NPK1	10	5	3	9	1.3
3. NPK2	10	5	6	9	1.3
4. NPK3	10	5	9	9	1.3
5. NPK4	10	5	12	9	1.3

\* 石膏含 S23%, 硫酸锌含 Zn35%

表2 水稻钾肥示范处理 (公斤/亩)

处理	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	石膏*	硫酸锌*
1. 常规施肥	10	5	0	0	0
2. 推荐施肥	10	5	6	9	1

\* 石膏含 S23%，硫酸锌含 Zn35%

## 2、结果与分析

### 2.1.1 小区试验条件下钾对水稻生长发育的影响

田间小区和示范试验结果表明，在方正白浆土上钾对水稻生长发育和产量有明显的促进作用。施钾处理较对照株高平均增加 4.3 厘米，穗长增加 0.6 厘米，穗粒数增加 6.3 个，空瘪率下降 3.9 个百分点，千粒重增加 0.7 克。在桦川县白浆土上施钾较对照株高平均增加 3.8 厘米，有效穗数增加 4.5 个/穴，穗长增加 0.8 厘米，穗粒数增加 4.4 个，空瘪率下降 2.8 个百分点，千粒重增加 0.8 克 (表 3)。

表3 小区试验钾对水稻生长发育的影响

地点	处理	株高 (厘米)	有效穗数 (个/穴)	穗长 (厘米)	穗粒数 (个)	空瘪率 (%)	千粒重 (克)
方正	1. NP	98.2	17.4	16.6	90.2	12.8	23.7
	2. NPK1	99.6	19.1	17.1	92.6	10.7	24.0
	3. NPK2	103.4	22.6	17.3	98.1	9.1	24.3
	4. NPK3	104.5	21.3	17.2	100.3	7.4	24.7
	5. NPK4	102.7	20.7	17.2	95.2	8.5	24.5
桦川	1. NP	89.4	20.2	15.2	82.6	9.8	22.4
	2. NPK1	91.7	23.5	15.6	84.2	8.2	22.8
	3. NPK2	93.2	25.1	16.4	87.0	7.0	23.1
	4. NPK3	94.6	25.8	16.1	91.2	6.1	23.5
	5. NPK4	93.5	24.2	15.8	85.7	6.7	23.3

### 2.1.2 大区示范条件下钾对水稻生长发育的影响

方正县水稻示范结果表明，推荐施肥较对照株高平均增加 4.8 厘米，有效穗数平均增加 4.7 个/穴，穗长增加 1.3 厘米，穗粒数增加 5.9 个，结实率增加 4.3 个百分点，千粒重增加 0.8 克。桦川县水稻示范推荐施肥较对照株高平均增加 3.3 厘米，有效穗数平均增加 3.5 个/穴，穗长增加 0.6 厘米，穗粒数增加 4.5 个，结实率增加 2.5 个百分点，千粒重增加 0.7 克。集贤县水稻示范推荐施肥较对照株高平均增加 5.3 厘米，有效穗数平均增加 2.8 个/穴，穗长增加 1.6 厘米，穗粒数增加 7.5 个，结实率增加 3.3 个百分点，千粒重增加 1.1 克 (表 4)。

## 2.2 钾对水稻产量的影响

### 2.2.1 小区条件下钾对水稻产量的影响

方正白浆土施钾肥对水稻有较明显的增产作用，处理间差异显著。施钾增产 8.0%—16.0%，平均 12.5%，从增产效果和经济效益看，K3 用量最好，较对照增产 16.0%，增收 75.9 元/亩；其次是 K2 用量，较对照增产 12.3%，增收 73.4 元/亩，这两个处理产量统计结果差异不显著。低量施肥风险小，因此，该地区草甸化白浆土区种植水稻钾的适宜用量为 K<sub>2</sub>O 6—9 公斤/亩。桦川县白浆土施钾肥对水稻有较明显的增产作用，处理间差异显著。施钾增产 9.2%—21.0%，平均 13.9%，从增产效果和经济效益看，K3 用量最好，较对照增产 21.0%，增收 137.7 元/亩，在该地区白浆土区种植水稻钾的适宜用量为 K<sub>2</sub>O 9 公斤/亩 (表 5)。

表4 大区示范钾对水稻生长发育的影响

地点	农户	处理	株高 (厘米)	有效穗数 (个/穴)	穗长 (厘米)	穗粒数 (个)	结实率 (%)?	千粒重 (克)?
方正	王立民	1. 常规施肥	97.9	17.2	15.0	78.1	90.7	24.1
		2. 推荐施肥	103.5	21.3	16.2	82.8	94.3	25.2
	赵长江	1. 常规施肥	96.7	16.8	15.3	83.5	91.3	24.5
		2. 推荐施肥	100.6	22.0	16.8	90.6	96.2	25.0
	平均	1. 常规施肥	97.3	17.0	15.2	80.8	91.0	24.3
		2. 推荐施肥	102.1	21.7	16.5	86.7	95.3	25.1
桦川	李士平	1. 常规施肥	86.4	21.6	16.2	88.4	91.7	23.9
		2. 推荐施肥	89.8	25.7	16.8	93.5	94.9	24.7
	程俊	1. 常规施肥	89.3	22.0	16.6	91.2	90.8	24.4
		2. 推荐施肥	92.6	24.8	17.1	95.0	92.6	24.9
	平均	1. 常规施肥	87.9	21.8	16.4	89.8	91.3	24.2
		2. 推荐施肥	91.2	25.3	17.0	94.3	93.8	24.8
集贤	高玉富	1. 常规施肥	92.4	23.7	14.7	92.4	91.6	23.7
		2. 推荐施肥	97.2	26.2	16.2	99.7	94.3	24.8
	陈德路	1. 常规施肥	87.9	21.0	15.2	86.5	91.2	25.2
		2. 推荐施肥	93.7	24.1	16.9	94.3	95.0	26.3
	平均	1. 常规施肥	90.2	22.4	15.0	89.5	91.4	24.5
		2. 推荐施肥	95.5	25.2	16.6	97.0	94.7	25.6

表5 水稻钾肥小区试验统计结果\*

地点	处理	产量 (公斤/亩)	增产 (公斤/亩)	增产 (%)	增产 (kg/kg K <sub>2</sub> O)	效益 (元/亩)	差异显著性	
							0.05	0.01
方正	1. NP	491.4	—	—	—	—	c	B
	2. NPK1	528.6	37.2	8.0	12.4	47.3	b	AB
	3. NPK2	551.7	60.3	12.3	10.0	73.4	ab	A
	4. NPK3	560.7	67.6	16.0	7.5	75.9	a	A
	5. NPK4	532.0	40.6	13.8	3.4	26.9	b	A
桦川	1. NP	518.1	—	—	—	—	b	A
	2. NPK1	565.9	47.7	9.2	15.9	63.1	ab	A
	3. NPK2	570.7	52.5	10.1	8.8	61.8	ab	A
	4. NPK3	626.9	108.8	21.0	12.1	137.7	a	A
	5. NPK4	596.6	78.5	15.1	6.5	83.7	a	A

\*注：2004年水稻 1.50 元/公斤，氯化钾 1700 元/吨

### 2.2.2 大区示范条件下钾对水稻产量的影响

方正县草甸化白浆土大面积示范结果表明，在生产条件下，钾肥在水稻上表现稳定的增产效果，施氯化钾 10 公斤/亩，平均增产水稻 51.4 公斤/亩，增产率 10.8%，增收 60.1 元/亩。桦川县白浆土大



面积示范结果表明,施氯化钾 10 公斤/公顷,平均增产水稻 71.1 公斤/亩,增产率 14.3%,增收 89.6 元/亩。集贤县草甸化白浆土钾肥大面积示范结果表明,施氯化钾 10 公斤/亩,平均增产水稻 53.5 公斤/亩,增产率 10.9%,增收 63.3 元/亩(表 6)。三个试验点示范结果表明,施钾肥较对照平均增产 58.7 公斤/亩,平均增产率 12.0%,增收 71 元/亩。可见,钾肥对黑龙江省白浆土水稻有显著的增产增收效果。

表 6 水稻示范结果及经济效益分析\*

地点	农户	处理	产量 (公斤/亩)	增产 (公斤/亩)	增产 (%)	增产 (公斤/每公斤 K <sub>2</sub> O)	经济效益 (元/亩)
方正	王立民	1. 常规施肥	481.3	—	—	—	—
		2. 推荐施肥	528.3	46.9	9.8	7.8	53.4
	赵长江	1. 常规施肥	472.0	—	—	—	—
		2. 推荐施肥	527.8	55.8	11.8	9.3	66.7
	平均	1. 常规施肥	476.7	—	—	—	—
		2. 推荐施肥	528.1	51.4	10.8	8.6	60.1
桦川	李士平	1. 常规施肥	502.2	—	—	—	—
		2. 推荐施肥	582.7	80.5	16.0	13.4	103.7
	程俊	1. 常规施肥	493.8	—	—	—	—
		2. 推荐施肥	555.4	61.6	12.5	10.3	75.4
	平均	1. 常规施肥	498.0	—	—	—	—
		2. 推荐施肥	569.1	71.1	14.3	11.8	89.6
集贤	高玉富	1. 常规施肥	474.8	—	—	—	—
		2. 推荐施肥	537.5	62.7	13.2	10.4	77.0
	陈德路	1. 常规施肥	508.7	—	—	—	—
		2. 推荐施肥	553.0	44.3	8.7	7.4	49.5
	平均	1. 常规施肥	491.7	—	—	—	—
		2. 推荐施肥	545.3	53.5	10.9	8.9	63.3

\*注:2004 年水稻 1.50 元/公斤,氯化钾 1700 元/吨。

### 2.3 钾对水稻品质的影响

蛋白质和直链淀粉含量是评价水稻品质的重要指标。蛋白质含量高说明稻米营养品质好,直链淀粉含量低说明稻米蒸煮品质好,不易回生。分析结果表明,施钾肥具有增加蛋白质含量,降低直链淀粉含量的趋势,对改善稻米品质有重要意义。桦川县白浆土施钾肥处理稻米粗蛋白含量较对照平均增加 0.23%,直链淀粉含量平均降低 0.41%;方正县草甸化白浆土施钾肥处理较对照稻米粗蛋白含量平均增加 0.33%,直链淀粉含量平均降低 0.61%。两个试验点平均结果显示,施钾肥较对照稻米蛋白质含量平均增加 0.28%,直链淀粉含量平均降低 0.51%。可见,适量施用钾肥对提高水稻产量,改善稻米品质有显著效果。(表 7 见下页)

## 3、小结

3.1 小区试验结果明确了黑龙江省白浆土水稻钾肥效果和适宜用量,方正县白浆土施钾处理较对照增产 8.0%—16.0%,平均 12.5%,钾的适宜用量为 K<sub>2</sub>O 6—9 公斤/亩,增产 60.3—67.6 公斤/亩,增收 73.4—75.9 元/亩。桦川小区试验结果显示,施钾处理较对照增产 9.2%—21.0%,平均 13.9%,钾的适宜用量为 K<sub>2</sub>O 9 公斤/亩,增产 108.8 公斤/亩,增收 137.7 元/亩,经济效益显著。

3.2 三个试验点示范结果表明，施钾肥  $K_2O$  6 公斤/公顷，较对照平均增产 58.7 公斤/亩，平均增产率 12.0%，增收 71 元/亩。可见，钾肥对黑龙江省白浆土水稻有显著的增产增收效果。

3.3 蛋白质和直链淀粉含量是评价水稻品质的重要指标。两个试验点平均结果表明，施钾肥稻米蛋白质含量平均增加 0.28%，直链淀粉含量平均降低 0.51%。可见，适量施用钾肥对改善稻米品质有显著效果。

#### 参考文献

[1] 黑龙江省土地管理局，黑龙江省土壤普查办公室编.农业出版社，北京，1992，124

[2] 黑龙江省统计局编.黑龙江统计年鉴.中国统计出版社，北京：2004，235

表7 水稻品质分析

处理	桦川试验点		方正试验点	
	粗蛋白(%)	直链淀粉(%)	粗蛋白(%)	直链淀粉(%)
1. NP	6.11	18.32	6.83	18.06
2. NPK1	6.03	18.13	7.04	17.6
3. NPK2	6.64	17.6	7.36	17.45
4. NPK3	6.47	17.82	7.13	17.13
5. NPK4	6.38	18.09	7.09	17.62



水稻钾肥示范



水稻钾肥小区试验



## ASI 法测定土壤有效 P、K 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 与常规分析方法的相关性研究\*

熊桂云, 刘冬碧, 范先鹏, 张继铭, 胡小燕

(湖北省农业科学院植保土肥研究所, 武汉 430064)

**摘要:** 用 ASI 法测定了土壤有效 P、K 和铵态 N, 并与我国常规分析方法进行了相关性比较。结果表明: (1) 按土壤 pH 值范围分段分析, ASI-P 与 Olsen-P 呈极显著线性正相关, 随着土壤 pH 值升高, 两者之间的相关系数降低; 在水作条件下, 两者之间的线性相关性比在旱作条件下要好。(2) 当土壤  $\text{pH}<6.5$  时, ASI-K 与  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  之间不存在线性相关性,  $\text{pH}>6.5$  时, ASI-K 与  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  之间呈极显著线性正相关, 且 ASI-K 比  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  稍高; 在水作和旱作条件下, ASI-K 与  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  都呈极显著线性正相关, 旱作条件下两种方法测定的有效 K 相关性更好。(3) 水作条件下, ASI-N 与碱解 N 呈极显著线性正相关, 且下层土壤 ASI-N 在碱解 N 中所占比例比上层土壤高。

**关键词:** ASI 法; 常规分析方法; 有效养分; 相关性

土壤养分状况系统研究法 (以下简称 ASI 法), 系由美国国际农化服务公司 Dr. Hunter 提出<sup>[1]</sup>, 通过中国—加拿大钾肥合作项目引进我国, 并在 20 世纪 90 年代初以该方法为基础在中国农科院土肥所建立了中加合作土壤植物测试实验室, 为全国中加合作项目提供测试分析和施肥推荐服务<sup>[2,3]</sup>。由于 ASI 法全面考虑了土壤大、中、微量元素状况及主要营养元素在土壤中的吸附固定特点, 测定时采用了联合浸提剂和系列自动配套设施, 因而具有快速、高效和准确的优点<sup>[4]</sup>。有关研究表明, ASI 方法的 P、K 测定值与作物产量具有良好的相关性<sup>[3,5]</sup>, 在土壤养分状况综合评价和平衡施肥技术的应用推广方面起了积极有效的作用<sup>[4]</sup>。ASI 法测定的有效 N 素, 实际上为  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ , 因此对于大多数旱地土壤来说, 它难以作为作物施肥推荐的参考指标。目前在我国大部分土壤常规分析室和科研单位, 土壤有效养分的测定方法采用的仍然是我国常规分析方法, 而且关于 2 种分析方法相关性研究的报道较少<sup>[3]</sup>。本研究对取自湖北省内的 101 个 (灰) 潮土及相应的水稻土样品, 分别用 2 种方法测定土壤有效 P 和 K, 探讨它们在不同条件下的相关性, 为今后在工作中将 2 种方法的分析结果有机地统一起来、以及进一步推广 ASI 法提供理论依据, 同时也探讨 ASI 法测定的  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  与常规法测定的碱解 N 之间的相互关系, 以期能在特定的条件下将  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  作为推荐施氮的一个重要参考指标。

### 1、材料与方 法

供试土壤为取自湖北省沙洋、仙桃、潜江、汉川、云梦、团风、武汉蔡甸和东西湖等多个县 (市、区) 的耕层土壤 (7 个藕田样品有下层土壤), 土壤类型为河流冲积物或湖积物母质发育而成的 (灰) 潮土或相应的水稻土, pH 值 5.1-8.2。土壤样本共 101 个。

ASI 法对土壤有效养分的测定<sup>[2,3]</sup>: P 和 K 用联合浸提剂 (0.25mol/L  $\text{NaHCO}_3$ -0.01mol/L EDTA-0.01mol/L  $\text{NH}_4\text{F}$ ) 浸提, P 用钼锑抗比色法测定, K 用原子吸收分光光度计测定;  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  用 1mol/L KCl 溶液浸提, 靛酚蓝比色法测定; 土壤 pH 值水土比 2.5:1, 复合电极测定 (同常规法)。

我国土壤常规分析方法<sup>[6]</sup>: 碱解 N 用扩散皿法; 有效 P 用 Olsen 法, 即 0.5 mol/L  $\text{NaHCO}_3$  溶液浸提, 钼锑抗比色法测定; 速效 K 采用 1mol/L 中性  $\text{NH}_4\text{OAc}$  提取, 火焰光度计测定。

### 2、结果与分析

#### 2.1 不同条件下 2 种方法测定土壤有效 P 的相关性

ASI 法测定的土壤有效 P (ASI-P) 为 2.3~56.8mg/L, 常规法测定值 (Olsen-P) 为 2.3~52.4mg/kg。

表 1 列出了不同条件下 ASI 法测定值与我国常规分析方法测定值之间的相关系数。对全部样本进行统计分析, ASI-P 与 Olsen-P 之间并不存在线性相关性。若按土壤 pH 值范围进行分段分析, 当 pH

<6.5时, ASI-P与Olsen-P之间的相关系数为 $R=0.7558^{**}$ , 线性相关方程为 $Y=0.9351x+7.7032$ (见图1, Y为常规法测定值, x为ASI法测定值, 下同), 达到极显著相关( $p<0.01$ )水平; 当pH值在6.5-7.5之间时, ASI-P与Olsen-P之间的相关系数为 $R=0.6068^{**}$ , 线性相关方程为 $Y=0.6827x-0.2856$ ; 当 $pH>7.5$ 时, ASI-P与Olsen-P之间的相关系数为 $R=0.3413^{**}$ , 线性相关方程为 $Y=0.1723x+5.4127$ 。从线性相关方程可知, 在本研究条件下, 当 $pH<6.5$ 时, ASI-P比Olsen-P稍低; 当 $pH>6.5$ 时, ASI-P比Olsen-P高, 以 $pH>7.5$ 时更为突出。以上结果表明, 在供试土壤pH范围, ASI-P与Olsen-P呈极显著线性正相关, 但随着土壤pH值升高, 两者之间的相关系数降低。

表1 不同条件下2种方法测定有效P、K和N的相关系数

条件	样品数	P	K	N
全部土样	101	0.1343	0.7742**	-
pH<6.5	19	0.7558**	0.3178	-
6.5-7.5	19	0.6068**	0.8473**	-
pH>7.5	63	0.3413**	0.8685**	-
水作样	29	0.6106**	0.6850**	0.8658**
旱作样	72	0.3735**	0.8362**	-0.08745

表1中结果还表明, 无论是在水作(种植水稻、莲藕等)或是在旱作(种植旱地作物)条件下, ASI-P与Olsen-P之间的相关系数都达到极显著水平, 其线性相关方程分别为 $Y=0.6623x+8.4844$ 和 $Y=0.1947x+4.7622$ , 但在水作条件下, 两者之间的线性相关性更好, 测定值也更接近。

## 2.2 不同条件下2种方法测定土壤有效K的相关性

ASI法测定的土壤有效K(ASI-K)为26.0~140.8mg/L, 常规法测定值( $NH_4OAc-K$ )为22.0~156.0mg/kg。

对全部样本进行统计分析, ASI-K与 $NH_4OAc-K$ 之间呈极显著线性正相关( $R=0.7742^{**}$ ,  $n=101$ )。进一步按土壤pH值范围分段分析发现, 与不同pH条件下两种方法有效P测定值的相关性趋势相反, 有效K的相关性随土壤pH升高而增强。当 $pH<6.5$ 时, ASI-K与 $NH_4OAc-K$ 之间不存在线性相关性; pH在6.5-7.5之间时, ASI-K与 $NH_4OAc-K$ 之间的相关系数为0.8473\*\*, 达极显著水平, 线性相关方程为 $Y=0.9083x-5.4446$ ; 当 $pH>7.5$ 时ASI-K与 $NH_4OAc-K$ 之间的相关系数更高, 为0.8685\*\*, 线性相关方程为 $Y=1.0219x-6.1883$ (见图1)。线性相关方程同时表明, 当 $pH>6.5$ 时, ASI-K比 $NH_4OAc-K$ 略高。

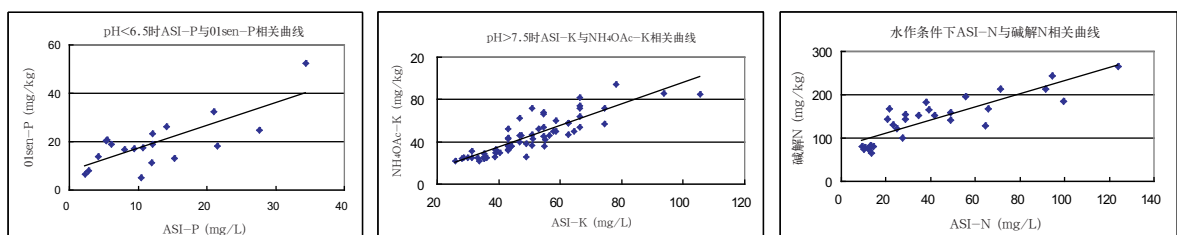


图1 不同条件下2种方法测定土壤有效P、K和N的部分相关曲线

在水作和旱作条件下, ASI-K与 $NH_4OAc-K$ 之间的相关系数分别为0.6850\*\*和0.8362\*\*, 相关方程分别为 $Y=0.9824x+16.725$ 和 $Y=1.0191x-6.5842$ , 都达到极显著相关水平。在水作条件下, ASI-K比 $NH_4OAc-K$ 低, 而在旱作条件下, ASI-K比 $NH_4OAc-K$ 稍高, 同时旱作条件下两种方法测定的有效K相关性更强。

## 2.3 不同水分条件下ASI法测定的 $NH_4^+-N$ 与常规法测定的碱解N的相关性

ASI法测定的土壤 $NH_4^+-N$ (ASI-N)为6.2~124.0mg/L, 常规法测定值(碱解N)为43.4~



266.0mg/kg。在旱作条件下, ASI-N 与碱解 N 之间不存在线性相关性。在水作条件下, ASI-N 与碱解 N 呈极显著正相关 ( $R=0.8658^{**}$ ,  $n=29$ ), 线性相关方程为  $Y=1.5113x+80.736$ 。ASI-N 在碱解 N 中所占的比例为 11.3-53.9%, 平均 25.9%; 在藕田土壤条件下, 下层土壤 ASI-N 在碱解 N 中所占比例较上层土壤高。

### 3、小结与讨论

3.1 全部样本的 ASI-P 与 Olsen-P 之间并不存在线性相关性, 若按土壤 pH 值的酸、中、碱性范围分段分析, ASI-P 与 Olsen-P 则分别呈极显著线性正相关, 但随着土壤 pH 值升高, 两者之间的相关系数降低。当  $\text{pH}<6.5$  时, ASI-P 比 Olsen-P 低; 当 pH 值在 6.5-7.5 时, ASI-P 比 Olsen-P 高; 当  $\text{pH}>7.5$  时, ASI-P 比 Olsen-P 更高。在水作条件下, 两者之间的线性相关性比在旱作条件下要好。

3.2 全部样本的 ASI-K 与  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  呈极显著线性正相关, 进一步按土壤 pH 值的酸、中、碱性范围分段分析发现, 当  $\text{pH}<6.5$  时, ASI-K 与  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  之间不存在线性相关性,  $\text{pH}>6.5$  时, ASI-K 与  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  之间呈极显著线性正相关, 相关系数在 0.84 以上, 且 ASI-K 比  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  稍高。在水作和旱作条件下, ASI-K 与  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  都呈极显著正相关, 旱作条件下两种方法测定的有效 K 相关性更好。

3.3 水作条件下, ASI-N 与碱解 N 呈极显著正相关, 且下层土壤 ASI-N 在碱解 N 中所占比例较上层土壤的高。

3.4 本研究结果表明, 在不同 pH 值范围和水分条件下, 2 种方法测定的土壤有效 P、K 的相关性并不相同。因此, 在有大量分析样本的情况下, 如需将 2 种方法的分析结果关联起来, 最好根据土壤样本的其他属性 (如 pH 值、水分条件、容重、土壤层次等) 分别处理。鉴于本研究中所用样本数量有限, 在各 pH 范围和水分条件下样本的分布也不均衡, 因此本研究结果还有待进一步证实。

#### 参考文献

- [1] Hunter A H. Laboratory and greenhouse techniques for nutrient survey to determine the soil amendments required for optimum plant growth [R]. Mineograph. Agro. Service International, Florida, USA. 1980.
- [2] 加拿大钾磷研究所北京办事处主编. 土壤养分状况系统研究法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1992.
- [3] 杨俐苹, 金继运, 梁鸣早, 程明芳, 黄绍文. ASI 法测定土壤有效 P、K、Zn、Cu、Mn 与我国常规化学方法的相关性研究. 土壤学报, 2000, 31(6): 277-279.
- [4] 杨俐苹, 金继运, 自由路, 黄绍文. 土壤养分综合评价法和平衡施肥技术及其产业化. 磷肥与复肥, 2001, 16(4): 61-63.
- [5] 成瑞喜, 刘景福, 朱端卫. 用 ASI 法测定中、酸性土壤有效磷结果比较[J]. 华中农业大学学报. 1993, 12(4): 343-346.
- [6] 中国土壤学会农业化学专业委员会主编. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983.



## 平衡施肥对云南曲靖小麦生产的影响

陈华 付利波 苏帆 洪丽芳

云南省农科院农业环境资源研究所

**摘要:** 本研究采用田间试验研究方法在小麦上进行了氮、磷、钾不同施用量和配比对产量、品质及其经济效益影响的研究。结果表明, N、 $P_2O_5$  和  $K_2O$  的用量分别为 10 公斤/亩、10 公斤/亩和 10 公斤/亩时, 小麦的产量和产值均有很大幅度的提高, 比不施磷、钾肥每亩增产 158.1 公斤和 91.6 公斤, 且更能有效地提高小麦中的蛋白质、氨基酸、湿面筋、沉淀值含量。

**关键词:** 小麦、平衡施肥

小麦是云南省主要粮食作物, 小麦种植土壤多属于红壤, 红壤养分严重失调, 对作物生长极为不利, 并且由于长期对氮肥投入的增加, 而磷、钾肥却相对较少的习惯施肥方法的原因, 造成了土壤氮、磷、钾比例的失调, 肥料经济效益下降, 已成为小麦增产、增收的主要限制因子。由于土壤养分对小麦生长影响极大, 施肥在小麦增产中就具有举足轻重的作用。根据土壤养分供应状况和作物吸收养分的特点, 进行平衡施肥, 是充分发挥肥料增产作用的一项关键措施。为了经济合理使用化肥, 提高肥料经济效益, 找出最佳施肥量和适宜配比, 提高小麦的产量和品质, 为实现高产、高效、优质的小麦生产提供科学的施肥依据, 本试验选取了具有代表性的曲靖地区的土壤进行平衡施肥试验, 从中总结施肥规律, 充分发挥肥料效应。

### 1、材料和方法

#### 1.1 供试材料

供试作物: 小麦, 品种为当地主栽品种绵阳 39 号, 亩播种量为 8 公斤。

供试土壤: 山原红壤

#### 1.2 样品的采集

土壤样品的采集于 2004 年 10 月 12 日从曲靖试验点不同处理分别采集。每个处理多点采集 (约 15~20 个点) 混合后留大约 5 公斤的耕层土壤, 风干, 研磨后通过 2 毫米孔径的筛子, 再从过筛的土壤中随机的多点采集 1.5 公斤的土样, 最后再从 1.5 公斤中选取具有代表性 500 克土壤在实验室进行分析。

#### 1.3 测定方法

土壤分析采用 ASI 分析法, 分析  $NH_4^+$  含量, 调节酸度。Ca 和 Mg 用 1N KCl 浸提, 有效 P、K、Cu、Fe 和 Zn 使用 ASI 浸提方法, 有效 S 和有效 B 用 0.08M  $CaH_4(PO_4)_2$  浸提, 有机质和 pH 值的测定也采用 ASI 法。土壤分析结果见表 1

#### 1.4 田间试验设计

该试验地由于经过了 3 年的平衡施肥试验, 土壤中 Mg、B 和 Zn 限制因子对作物生长的限制作用已经基本消除, 土壤中这些养分的含量提高到能满足当季作物的需要, 所以本年度在设计上不考虑这些养分的处理。

试验设 10 个处理, 4 次重复, 小区面积 26.7m<sup>2</sup>, 均为随机排列 (见表 2)。小麦试验于 2004 年 10 月 18 日播种, 2005 年 4 月 15 日收获, 分区计产, 同时取样作品质分析。肥料品种分别为尿素 (N 46%)、KCl ( $K_2O$  60%)、普钙 ( $P_2O_5$  17%)。PK 肥一次性作基肥施入, N 肥 40% 作基肥施入、60% 作追肥施用。

表1 供试土壤理化性质(播种前)

处理	pH	OM	Ca	Mg	K	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N P S B Cu Fe Mn Zn							
						微克/毫升土壤							
1. OPT (N2P2K2)	5.9	2.0	2251	151	148	19.1	30.1	14.9	0.1	3.1	25.9	7.6	2.3
2. OPT-N	6.5	1.9	2363	128	176	15.3	31.7	43.0	0.2	3.0	19.6	6.6	2.2
3. OPT-P	6.5	1.9	2410	111	100	13.9	21.8	62.2	0.2	2.6	17.0	6.5	2.1
4. OPT-K	6.4	2.1	2696	130	201	13.6	37.8	57.8	0.2	3.8	28.6	6.6	2.6
5. N1P2K2	6.8	2.0	2985	174	1962	15.0	38.6	12.7	0.4	3.4	21.2	8.5	2.3
6. N3P2K2	6.1	2.2	2583	141	212	12.5	31.5	44.8	0.3	4.3	33.9	8.9	2.7
7. N2P1K2	6.2	1.6	2331	140	178	11.5	42.6	10.1	0.3	4.3	32.7	13.6	2.7
8. N2P3K2	6.2	2.0	2169	124	171	11.2	33.4	8.6	0.2	3.5	26.5	9.4	2.4
9. N2P2K1	6.1	1.9	1978	120	171	10.8	29.3	42.3	0.2	3.3	31.4	8.6	2.3
10. N2P2K3	5.9	2.1	2229	136	138	11.2	16.4	55.6	0.2	3.1	32.7	6.2	1.8

表2 小麦的试验处理(公斤/亩)

处理	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. OPT(N2P2K2)	10	10	10
2. OPT-N	0	10	10
3. OPT-P	10	0	10
4. OPT-K	10	10	0
5. N1P2K2	7	10	10
6. N3P2K2	13	10	10
7. N2P1K2	10	7	10
8. N2P3K2	10	15	10
9. N2P2K1	10	10	7
10. N2P2K3	10	10	15

## 2、结果与分析

### 2.1 平衡施肥对小麦产量的影响

从表3可以看出,不同的施肥处理之间,小麦的产量也出现不同的差异。在增施氮肥10公斤/亩时,产量比不施N肥增加且差异达到极显著水平,继续增施则效果不是很明显。在磷肥的施用上也出现跟氮肥类似的差异。在增施钾肥7公斤/亩时,产量比不施钾肥增产达到极显著水平。

### 2.2 平衡施肥对经济效益的影响

从表4可以看出,施钾量在0—7公斤/亩范围时,随钾肥用量的增加,各处理小麦的产值和净收益都呈增加态势,当施钾量在7—15公斤/亩范围时,随钾肥用量的增加,产值和净收益反而有所下降;随着磷肥用量的增加,各处理产值也呈增加态势。但当磷肥用量超过10公斤/亩时,产值反而也出现下降。因此,掌握肥料的平衡施用是提高小麦产值量的关键。

表3 不同处理对小麦产量的影响

处理	产量(公斤/亩)	标准差	5%显著水平	1%显著水平
1. OPT(N2P2K2)	379.1	5.4	a	A
2. OPT-N	215.3	5.1	e	D
3. OPT-P	221.0	3.4	e	D
4. OPT-K	287.5	6.2	d	C
5. N1P2K2	295.3	0.8	c	C
6. N3P2K2	374.2	4.4	a	A
7. N2P1K2	360.8	5.3	b	B
8. N2P3K2	373.6	5.2	a	A
9. N2P2K1	376.7	6.5	a	A
10. N2P2K3	376.7	1.8	a	A

表4 不同处理对小麦产值的影响

处理	产量 公斤/亩	产值 元/亩	投入 元/亩	净收益 元/亩	与OPT比较收益 ±%
1. OPT(N2P2K2)	379.1	455.0	62.2	392.8	0.00
2. OPT-N	215.3	258.4	38.3	220.1	-43.96
3. OPT-P	221.0	265.1	48.1	217.1	-44.73
4. OPT-K	287.5	345.0	38.0	307.0	-21.84
5. N1P2K2	295.3	354.3	55.0	299.3	-23.80
6. N3P2K2	374.2	449.0	69.4	379.7	-3.34
7. N2P1K2	360.8	432.9	58.0	374.9	-4.53
8. N2P3K2	373.6	448.3	69.3	379.1	-3.48
9. N2P2K1	376.7	452.0	54.9	397.1	1.10
10. N2P2K3	376.7	452.0	74.3	377.7	-3.83

注: 小麦 1.2 元/公斤, 尿素 1.1 元/公斤, 普钙 0.24 元/公斤, 氯化钾 1.45 元/公斤。

### 2.3 平衡施肥对小麦品质的影响

蛋白质、氨基酸、湿面筋和沉淀值都是决定小麦内在品质的几个关键因素。通过对不同处理小麦品质的分析表明(表5), 不同的养分配比对小麦的蛋白质、氨基酸、湿面筋和沉淀值品质的影响也是很明显的。从试验数据分析可以看出, 钾肥用量在一定范围内增加, 小麦的蛋白质、氨基酸含量也有所增加。相反, 磷肥用量的增加对小麦质量上的影响不是很明显。

### 2.4 平衡施肥对小麦经济性状的影响

从对小麦经济性状的调查数据上看(表6), 在一定程度上增施钾肥、磷肥, 对小麦的株高、穗长、穗粒数、千粒重等经济性状都有明显的增长态势, 最终构成小麦生物产量的明显增加, 从而也就促使了产量的增加。



表5 不同处理对小麦品质的影响

处理	蛋白质 %	氨基酸 %	湿面筋 %	沉淀值 %
1. OPT(N2P2K2)	16.87	13.90	36.43	32.42
2. OPT-N	15.01	12.03	34.95	30.93
3. OPT-P	15.62	12.15	35.31	31.28
4. OPT-K	15.34	12.84	34.51	31.25
5. N1P2K2	15.15	12.45	37.71	32.08
6. N3P2K2	16.97	13.07	38.14	32.96
7. N2P1K2	16.91	13.9	37.83	32.88
8. N2P3K2	16.83	13.31	36.12	32.66
9. N2P2K1	16.76	13.88	37.86	33.37
10. N2P2K3	16.87	13.93	36.82	32.51

表6 不同处理对小麦经济性状的影响

处理	株高(厘米)	穗长(厘米)	籽粒数/穗	千粒重(克)
1. OPT(N2P2K2)	54.6	10.9	47.0	48.6
2. OPT-N	48.1	9.3	36.2	38
3. OPT-P	48.5	9.5	36.1	39.5
4. OPT-K	48.5	9.5	36.0	37.9
5. N1P2K2	50.3	9.7	44.5	41.4
6. N3P2K2	52.9	10.2	43.5	41.7
7. N2P1K2	52.5	10.2	45.2	43.7
8. N2P3K2	52.4	10.6	45.8	44.6
9. N2P2K1	52.7	10.8	43.8	45.8
10. N2P2K3	54.6	10.9	47.1	48.9

### 3、小结

从各项数据的分析上可以看出,任何一种养分的欠缺都会影响小麦的生长,最终影响小麦的产量和品质。因此,只有做到氮、磷、钾肥合理、平衡的配合施用,才能起到增产、增收的效果,并且最大限度地降低生产成本,提高经济效益。通过比较该试验各处理得出,在小麦生产上的最佳施肥组合为  $N-P_2O_5-K_2O$  用量为 10-10-7 公斤/亩。



# 平衡施肥在云南茶叶生产上的应用研究

付利波 苏帆 陈华 洪丽芳

云南省农业科学院农业环境资源研究所昆明, 650205

**摘要** 本试验采用大田试验研究方法研究平衡施肥技术对云南茶叶生产的影响。试验结果表明, 处理  $N_{20}$  公斤/亩,  $P_2O_5$  15 公斤/亩,  $K_2O$  20 公斤/亩 为最佳施肥处理。试验结果还表明, 合理施用氮、磷、钾肥, 不仅能有效提高茶叶中矿物质 N、P、K、S、Mg 及氨基酸、蛋白质、水浸出物的含量, 还能增加茶叶新梢长度、百芽重、芽头密度和经济效益。在固定其它营养元素用量的基础上, 分别增施氮、磷、钾三元素之一的处理与分别不施氮、磷、钾三元素之一的处理间茶叶产量增加, 达极显著水平, 但氮、磷、钾用量增加到  $N_{20}$  公斤/亩,  $P_2O_5$  15 公斤/亩,  $K_2O$  20 公斤/亩时, 产量不再增加, 反而有所下降。

**关键词:** 茶叶; 平衡施肥; 产量; 经济效益

据报导, 世界主要产茶国家茶叶的年增产幅度为 3.11%, 而肥料对茶叶生产的贡献率为 41%, 是增产影响最大的因素。茶叶优质高产, 不仅需要丰富的 N、P、K 等营养元素, 而且还要求这些营养元素比例协调。科学研究同时也证明, 肥料的合理施用可以明显提高土壤肥力和生产力, 改善农产品品质 and 环境质量。但是肥料资源的不科学利用则会引起农业生产效益、农产品品质和环境质量的下降。因此养分资源科学管理和肥料合理施用是农业也是云南茶叶生产实现可持续发展的关键。

云南作为一个产茶大省, 由于茶园大多分布在人少地多的山区、半山区, 拥有优越的自然环境条件, 但茶农缺乏平衡施肥的意识及相关知识, 长期以来养成偏施氮肥, 少施磷钾肥或者不施肥的习惯, 由于茶树在生长和鲜叶采摘过程中, 鲜叶逐年带走养分, 随着采摘轮次的增多, 造成茶园土壤养分的不平衡, 导致大部分茶叶产量及品质逐年下降, 同时这种生产现状也不利于云南茶叶生产的可持续发展, 为改善和提高云南茶叶的整体生产水平, 适应社会发展对农产品品质和环境质量所提出的高标准、严要求, 本文研究了平衡施肥对云南茶叶产量与品质的影响, 为云南茶叶平衡施肥生产技术体系的建立提供依据。

## 1、材料与方法

### 1.1 供试土壤养分状况及品种

试验于 2005 年布置在云南省孟连县勐柏茶园, 土壤类型为山原红壤。土壤养分状况如表 1 (ASI 法), 供试品种为云康 10 号。

### 1.2 试验设计

试验设 10 个处理 (处理设计及养分用量见表 2), 4 次重复, 随机排列, 小区面积 66 平方米。试验用氮肥为尿素, 磷肥为普通过磷酸钙, 钾肥为氯化钾, 锌肥为氯化锌 (Zn48%), 镁肥为硫酸镁 (MgO28%)。

### 1.3 施肥方法及样品采集

施肥方法条施, 施肥前在茶树两侧距茶树 20 厘米的地方开约 20 厘米深的沟, 将肥料均匀撒在沟内, 再用土回填覆盖。于 3 月上旬施春茶肥, 5 月中下旬施夏茶肥, 8 月上中旬施秋茶肥。具体施肥情况见表 3。

## 2、结果与讨论

### 2.1 平衡施肥对云南茶叶品质的影响

#### 2.1.1 平衡施肥对云南茶叶矿质养分吸收的影响

表1 供试土壤养分状况

试验地点	pH	O.M. %	Ca Mg K					N P S B Cu Fe Mn Zn							
			微克/毫升					微克/毫升							
勐柏茶园	4.8	3.4	555	68	180	8.16	0.38	77.4	56.3	11.7	1.7	7.7	124.2	47.5	2.0
临界值			401	122	78			50	12.0	12.0	0.2	1.0	10.0	5.0	2.0

注：土壤样品由中加合作土壤测试实验室分析

表2 试验设计中不同处理的肥料养分用量（公斤/亩）

处理	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Zn
OPT(N2P2K2)	20	15	15	2	0.27
OPT-N	0	15	15	2	0.27
OPT-P	20	0	15	2	0.27
OPT-K	20	15	0	2	0.27
N1P2K2	15	15	15	2	0.27
N3P2K2	25	15	15	2	0.27
N2P1K2	20	10	15	2	0.27
N2P3K2	20	20	15	2	0.27
N2P2K1	20	15	10	2	0.27
N2P2K3	20	15	20	2	0.27

表3 施肥方法及时期

肥料种类	春茶肥	夏茶肥	秋茶肥
尿素	40%	30%	30%
普钙	40%	30%	30%
氯化钾	40%	30%	30%
硫酸镁	50%	50%	
氯化锌	50%	50%	

从试验结果（表4）可看出，在不施N、P、K三种养分中任一种时，茶叶中的N、P、K、S、Mg含量均最低，固定其他养分的基础上，增施N、P、K三种养分中任一种时，茶叶中的N、P、K含量均随这种养分施用量的增加而有不同程度的增加，有利于茶叶品质的提高，但当N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O的施用量分别超过20公斤/亩、15公斤/亩、15公斤/亩时，茶叶中的K、S含量反而随该种肥料施用量的增加而有所下降

### 2.1.2 平衡施肥对云南茶叶中氨基酸、蛋白质和水浸提物含量的影响

试验结果（表5）显示，在不施N、P、K三种养分中任一种养分时，茶叶中的氨基酸、蛋白质、水浸出物含量均最低，固定其他养分的基础上，增施N、P、K三种养分中任一种时，茶叶中的氨基酸、蛋白质、水浸出物含量均随这种养分施用量的增加而有不同程度的增加，其中增施纯氮15公斤/亩~25公斤/亩茶叶中氨基酸含量增加10.35—24.63个百分点，蛋白质含量增加3.35—10.05个百分点，水浸出物含量增加2.58—5.67个百分点；增施纯磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)10公斤/亩~20公斤/亩，茶叶中氨基酸含量增加0.06—5.21个百分点，蛋白质含量增加3.02—3.65个百分点，水浸出物含量增加1.50—4.35个百分点；增施纯钾(K<sub>2</sub>O)10公斤/亩—20公斤/亩，茶叶中氨基酸含量增加5.23—8.27个百分点，蛋白质含量增加0.39—1.0个百分点，水浸出物含量增加2.19—4.53个百分点。

表 4 不同处理茶叶中主要矿质养分的含量

处理	N (%)	P (%)	K (%)	S (%)	Mg (%)
OPT (N2P2K2)	4.95	0.76	2.49	0.36	0.25
OPT-N	3.65	0.70	2.40	0.30	0.22
OPT-P	4.86	0.62	2.41	0.33	0.23
OPT-K	4.75	0.73	2.32	0.31	0.23
N1P2K2	4.93	0.75	2.40	0.36	0.23
N3P2K2	4.99	0.76	2.41	0.35	0.25
N2P1K2	4.92	0.75	2.37	0.34	0.25
N2P3K2	4.96	0.78	2.49	0.35	0.24
N2P2K1	4.92	0.74	2.35	0.36	0.24
N2P2K3	4.96	0.76	2.48	0.36	0.25

表 5 平衡施肥对云南茶叶中氨基酸、蛋白质和水浸提物含量的影响

处理	氨基酸 (%)	蛋白质 (%)	水浸出物 (%)
1. OPT(N2P2K2)	18.82	28.19	57.71
2. OPT-N	17.01	26.28	54.72
3. OPT-P	17.85	27.13	55.20
4. OPT-K	17.41	27.92	55.24
5. N1P2K2	18.77	27.16	56.13
6. N3P2K2	21.20	28.92	57.82
7. N2P1K2	17.86	27.95	56.03
8. N2P3K2	18.78	28.12	57.60
9. N2P2K1	18.32	28.03	56.45
10. N2P2K3	18.85	28.19	57.74

## 2.2 平衡施肥对云南茶叶生物性状的影响

试验结果 (表 6) 可得出, 在不施 N、P、K 任一种养分时, 茶叶的新梢长度、百芽重和芽头密度均最低, 固定其他养分的基础上, 增施 N、P、K 任何一种, 茶叶的新梢长度、百芽重和芽头密度均随这种养分施用量的增加而有不同程度的增加, 增施 N、P、K 新梢长度分别增加 0.18 厘米、0.15 厘米、0.15 厘米, 百芽重分别增加 4.05—17.42 克、1.16—14.18 克、4.29—14.97 克, 芽头密度分别增加 65.27—84.53 个、65.42—94.1 个、72.83—90.28 个; 但当 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的施用量分别超过 20 公斤/亩、15 公斤/亩时, 茶叶的新梢长度、百芽重反而随该种养分施用量的增加而有所下降, 值得一提的是, 当 P 的施用量超过 10 公斤/亩时, 茶叶的芽头密度随该种养分施用量的增加而有所下降。

## 2.3 平衡施肥对云南茶叶产量的影响

通过对茶叶产量进行方差分析, 在固定其它营养元素用量的基础上, 分别增施氮、磷、钾的处理与分别不施氮、磷、钾的处理间茶叶产量增加, 达极显著水平, 当氮、磷、钾用量增加达到一定水平 (N20 公斤/亩, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 15 公斤/亩, K<sub>2</sub>O 20 公斤/亩), 产量不再增加, 反而有所下降。增施 N、P、K 的处理比不施 N、P、K 的处理, 其茶叶产量分别增加 3.2%~22.5%、6.2%~21.7%、7.8%~22.1%。



表6 平衡施肥对云南茶叶生物性状的影响

处理	新梢长度(厘米)	百芽重(克)	芽头密度(个/平方米)
1. OPT(N2P2K2)	3.19	108.87	1639.26
2. OPT-N	3.01	91.45	1554.73
3. OPT-P	3.03	94.69	1557.29
4. OPT-K	3.04	94.05	1558.74
5. N1P2K2	3.14	95.50	1620.00
6. N3P2K2	3.19	98.05	1638.22
7. N2P1K2	3.17	95.85	1651.39
8. N2P3K2	3.18	99.2	1622.71
9. N2P2K1	3.19	98.34	1631.57
10. N2P2K3	3.19	109.02	1649.02

表7 平衡施肥对云南茶叶产量的影响

处理	平均产量 (公斤/亩)	标准差	与OPT处 理产量比(%)
1. OPT(N2P2K2)	786.8aA	12.7	100
2. OPT-N	646.2dD	2.6	82.13
3. OPT-P	648.6dD	9.0	82.44
4. OPT-K	649.5CD	6.7	82.54
5. N1P2K2	667.2cC	0.7	84.8
6. N3P2K2	791.5aA	3.4	100.6
7. N2P1K2	688.8bB	20.6	87.55
8. N2P3K2	788.7aA	5.8	100.24
9. N2P2K1	700.0bB	8.2	88.96
10. N2P2K3	793.2aA	4.6	100.81

注: \* -0.05% 显著水平      \*\* -0.01% 极显著水平

#### 2.4 平衡施肥对云南茶叶经济效益的影响

通过对试验一年来茶叶生产的投入产出进行分析(表8)可得出结论, N、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ 用量分别为20公斤/亩、15公斤/亩、20公斤/亩(即处理N2P2K3)时, 净收益最好, 达到2564.8元/亩, 其次为处理 $N_2P_2K_2$ ; 净收益最低的是缺磷的处理, 其次为缺钾的处理, 再其次为缺氮的处理。从表中数据还可以看出, 以OPT处理(N 20、 $P_2O_5$  15、 $K_2O$  15)的经济效益为基准, 固定其他元素肥料的基础上, 分别随着氮肥、磷肥、钾肥用量的减少, 其净收益相应降低15.8%、17.5%、16.6%, 同时氮肥用量从20公斤/亩增加到25公斤/亩时, 净收益降低0.2%, 磷肥用量从15公斤/亩增加到20公斤/亩时, 净收益也降低了0.2%, 然而值得注意的是钾肥用量从15公斤/亩增加到20公斤/亩时, 净收益增加了0.16%。

表8 平衡施肥对云南茶叶经济效益的影响

处理	产值 (元/亩)	投入 (元/亩)	净收益 (元/亩)	与OPT比较±%
1. OPT(N2P2K2)	2753.8	193.1	2560.7	0.00
2. OPT-N	2261.6	106.2	2155.5	-15.83
3. OPT-P	2270.2	157.8	2112.4	-17.51
4. OPT-K	2273.1	138.1	2135.0	-16.63
5. N1P2K2	2335.3	171.4	2163.9	-15.50
6. N3P2K2	2770.4	214.9	2555.5	-0.20
7. N2P1K2	2410.9	181.3	2229.5	-12.93
8. N2P3K2	2760.4	204.9	2555.5	-0.20
9. N2P2K1	2449.9	174.8	2275.1	-11.15
10. N2P2K3	2776.2	211.4	2564.8	0.16

注: 鲜茶叶: 3.5元/公斤 尿素: 2.0元/公斤 氯化钾: 2.2元/公斤 普通过磷酸钙: 0.4元/公斤  
硫酸镁: 2.0元/公斤 氯化锌 2.8元/公斤

### 3、结论

通过在云南孟连勐柏茶园进行的茶叶平衡施肥试验, 可以得出以下结论:

3.1 茶叶中矿物质 N、P、K、S、Mg 及氨基酸、蛋白质、水浸出物的含量均是衡量茶叶品质好坏的重要因子。在云南茶叶生产上, 合理施用氮、磷、钾肥, 能有效提高茶叶中矿物质 N、P、K、S、Mg 及氨基酸、蛋白质、水浸出物的含量, 有效提高云南茶叶品质。其中以 N20 公斤/亩, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>15 公斤/亩, K<sub>2</sub>O15 公斤/亩为最佳施肥处理。

3.2 新梢长度、百芽重, 芽头密度是构成茶叶产量的重要因素。试验结果表明, 适当增施氮、磷、钾肥, 对增加茶叶新梢长度、百芽重, 芽头密度效果明显, 通过对茶叶产量进行方差分析, 施氮、磷、钾的处理与不施氮、磷、钾的处理间茶叶产量增加达极显著水平, 当氮、磷、钾用量达到一定水平, 产量不再增加, 反而有所下降。从产量角度考虑, 以 N20 公斤/亩, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>15 公斤/亩, K<sub>2</sub>O20 公斤/亩为最佳施肥处理。

3.3 茶树作为一种经济作物, 最后是以其经济效益为目的。试验结果显示, 在施 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 分别低于 20 公斤/亩、15 公斤/亩、20 公斤/亩时, 固定其他养分用量的基础上, 增施 N、P 或 K 肥, 茶叶的经济效益随着这三种肥料之一的增加而明显提高。试验结果最后表明, 平衡施肥不但能改善茶叶品质, 提高茶叶产量, 最后还能有效提高茶叶生产的经济效益, 增加茶农收入, 保证云南茶叶的可持续发展。

## 磷肥中铀对农田的污染

原文自 <http://idw-online.de/pages/de/news124116>

对所有作物来说，磷（P）是一种必需的矿质元素。农田必须定期施肥补充P肥，才能为作物生长提供充足的P素营养。P肥是由磷矿加工而成，磷矿是由沉积作用（化石）或岩浆沉淀作用形成的。沉积性磷矿中其它元素含量很高，我们能在标准化肥中发现它们。

位于德国的不伦瑞克市的联邦农业研究中心的植物营养和土壤科学研究所的科学家们发现，商品P肥中同样含有有毒的放射性铀（U）。从他们自己的分析及大量资料查询已经发现由于U对P的高亲和力，在磷矿中U的初始含量为13~75毫克/公斤，在加工成过磷酸钙和重过磷酸钙后，U的含量增加到85~191毫克/公斤。含有两种养分（NP或PK）的肥料中U含量为89~96毫克/公斤，在NPK复合肥中，U的含量为14毫克/公斤。污水淤泥中U的含量范围为4~32毫克/公斤。在无P肥料中（N，K，NK，Mg，S肥料和石灰）U的含量超过了1毫克/公斤。但是，引人注目的是，尽管它们含P量很高，农家肥和污泥被U污染的情况却很轻微（U很少有超过2毫克/公斤）。

U为自然界最重的化学元素，是一种能放射 $\alpha$ -射线的有害重金属，它被认为危害人体健康和环境。德国科学家声称，直到现在，它这种增加的双重威胁才被人们所认识。

作为一种自然元素，U以不同的含量存在于生活中的各个领域，因此它是生活中基本危险之一。U主要积累在骨头中且可导致多种疾病如肾、肺及肝的机能性失调、癌症和各种突变。U对健康带来致命影响的概率是生物体吸收U量的函数，即这种危险是随着生物体对U吸收的时间越长和量越多而增加的。这就是为什么没有关于U污染对健康影响的明确限定。

在过去的50年里，人类活动导致U对环境的污染量大大增加，从而引起食物链中U的污染危害增加。导致U在农业土壤中释放的主要原因是含P矿质肥料的使用。联邦农业研究中心（FAL）的农业科学家们计算得出，一个典型的矿质P肥施用量22公斤P/公顷（这是国际《良好农业实践法规》中的施肥量）每年将在农田内施入10-22克U/公顷。但只有不到1克/公顷的U被作物产品、土壤淋溶和侵蚀所带走。

因此，当施入矿质P肥时，U在土壤中的积累是不可避免的。随着U在土壤中的积累量增加，食物链中植物对U的吸收量也增加，从而导致食物品质下降。

与此相对照，在P是以农家肥和污泥形式施入的地方，进入土壤的P几乎与自然过程带走的P量相等。从这一点出发，施用农家肥给作物提供P素营养比施用矿质肥料更可取。

要想获取更多的信息，请查询 <http://www.pb.fal.de/index.htm?page=/home.htm>

或是联系联邦农业研究中心（FAL）植物营养和土壤科学研究所的Ewald Schnug博士。

联系地址：Bundesallee 50,38116 Braunschweig, E-mail: [pb@fal.de](mailto:pb@fal.de)

加拿大钾磷肥研究所成都办事处 谢玲译 涂仕华校



## 养分精准管理对土壤—烤烟体系中的 NPK 养分利用率及产量品质的影响

(2005年曲靖养分监测村定位试验)

苏帆 付利波 陈华 洪丽芳

云南省农科院农业环境资源研究所

**摘要:** 本研究采用田间试验研究方法,对曲靖养分监测村植烟土壤进行NPK养分精准管理试验研究。试验结果表明,NPK三种元素中缺任何一种元素都会降低其它两种元素的肥料利用率。在一定的范围内,N肥利用率在施N量9公斤/亩、施 $P_2O_5$ 量16公斤/亩或施 $K_2O$ 量20公斤/亩范围内随施量的增加而提高,施用量在范围之外,N肥利用率下降。与N和K相比,烤烟对P肥的利用率较低,施N量9公斤/亩、P肥用量 $P_2O_5$ 10公斤/亩、K肥用量 $K_2O$ 16公斤/亩时,P肥利用率相对高些。烤烟对钾的需求量大于其它元素。施N9公斤/亩、施 $P_2O_5$ 13公斤/亩或施 $K_2O$ 16公斤/亩时,K肥利用率较高。

烤烟品质对NPK素营养相当敏感。缺N或施N过多导致烟叶体内化学物质的不平衡,降低烟叶总糖和蛋白质含量、提高烟碱、特别造成糖/碱比例的失调。烟叶缺P或缺K都会造成烟叶体内化学物质的失调,施P或K提高烟叶糖含量,但P或K与烟碱和蛋白质呈负相关关系。

从肥料利用率、烤烟化学品质以及烤烟经济效益综合考虑,适于曲靖养分监测村的烤烟N、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ 的用量分别7公斤/亩、13公斤/亩和16公斤/亩。

**关键词:** 养分管理 烤烟

烤烟是曲靖的主要经济作物,近四百万农民栽种烤烟。不过,大部分农民不知道怎样对烤烟进行科学的施肥管理。NPK的施用对烤烟的生产影响很大,科学的养分管理对提高烟叶的产量和品质有很大的作用。本文讨论了曲靖烤烟试验中不同养分用量和对比对三种大量元素NPK利用率的影响,目的是为烤烟的养分管理提供科学依据。

### 1、材料与方 法:

田间试验选在有代表性的曲靖新田村烟地进行。供试土壤为山原红壤。由于是曲靖养分监测村定位试验,试验前对每个处理都进行了取样分析。每个处理在耕层(15—20厘米)随机采集10公斤土样,再从中分出1.5公斤作实验室分析用。土样分析用ASI法(表1)。

除了大量元素外,其它的养分元素都在临界水平以上(表1)。从2003年起,试验结果就表明,微量元素对烤烟的生产无影响,因此,2004年和2005年在试验处理中都没有加入微量元素。为了找出N、P和K的最佳用量,在试验处理中对NPK采用了不同的配比和用量,具体肥料施用量见表2。

小区面积24平方米,试验设10个处理,四次重复,随机区组。供试肥料品种为尿素、普通过磷酸钙、氯化钾和硫酸钾,试验不用有机肥。NPK肥分两次施用(60%作基肥,40%在团棵期施用)。在所有施K的处理中,钾肥用量按1/4KCl和3/4 $K_2SO_4$ 配合施用。供试烤烟品种为云85,种植密度为1000株/亩(株距0.6米,行距1.1米),轮作方式为小麦-烤烟。其它栽培技术按当地推荐技术进行。

### 2、结果与分析

#### 2.1 养分精准管理对土壤—烤烟体系中的NPK养分利用率的影响

试验结果表明(表3),OPT-P处理和OPT-K处理的N肥利用率都很低,分别为8.67%和9.13%,说明缺P和缺K处理会影响烟株对N素的吸收。N1处理、N2处理和N3处理的N肥利用率分别为33.11%、38.10%和22.83%,说明施N量在6公斤/亩和9公斤/亩范围内,N肥利用率较高,但施N12公斤/亩时,N肥利用率会大大下降,其下降达15.27个百分点。P1处理、P2处理和P3处理



表 1 烤烟移栽前试验各处理土壤主要理化性状

处理	pH	OM	AA %	Ca	Mg	K	微克/毫升土							
							NH <sub>4</sub>	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1. OPT(N2P2K2)	6.0	4.9	0.0	2499	102.1	480.9	62.9	82.1	130.2	2.9	5.3	70.5	33.4	3.6
2. OPT-N	6.4	3.8	0.0	2689	138.5	328.4	25.9	78	171.5	3.0	4.8	59.2	28.8	3.8
3. OPT-P	5.8	4.4	0.0	2430	128.8	250.3	19.1	48.3	146.7	2.9	4.9	94.1	34.3	2.7
4. OPT-K	6.1	4.3	0.0	2729	124	222.9	29.8	102.3	137.7	2.7	4.9	86	44.5	3.8
5. N1P2K2	6.4	4.3	0.0	2785	138.5	297.2	9.1	70.2	133.9	1.4	5.4	73.6	27.7	3.8
6. N3P2K2	6.6	4.2	0.0	3056	156.8	371.5	6.5	89.0	176.2	2.4	5.2	62.2	32.6	4.6
7. N2P1K2	6.3	4.6	0.0	2817	141	293.3	20.5	81.3	127.4	2.0	6.0	83.3	32.2	4.2
8. N2P3K2	6.4	4.2	0.0	2987	137.3	332.3	31.2	108.4	252.2	2.4	5.2	76.9	43.7	5.3
9. N2P2K1	6.2	4.4	0.0	2765	137.3	262	17.8	86.7	147.9	1.6	6	88.8	31	6.4
10. N2P2K3	6.4	4.3	0.0	2849	132.5	355.8	27.3	100.1	230.4	2.4	5.6	82.5	34.5	7.7

表 2 曲靖烤烟试验 NPK 养分处理 (公斤/亩)

处理	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. OPT(N2P2K2)	9	13	16
2. OPT-N	0	13	16
3. OPT-P	9	0	16
4. OPT-K	9	13	0
5. N1P2K2	6	13	16
6. N3P2K2	12	13	16
7. N2P1K2	9	10	16
8. N2P3K2	9	16	16
9. N2P2K1	9	13	12
10. N2P2K3	9	13	20

的 N 肥利用率分别为 20.24%、38.10% 和 37.053%，说明在一定的范围内，施 P 对 N 素的吸收有促进作用，施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 量在 13 公斤/亩时，N 肥利用率较高，但施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 量过高（16 公斤/亩），对 N 肥利用率的促进作用消失。K1 处理、K2 处理和 K3 处理的 N 肥利用率分别为 19.68%、38.10% 和 38.42%，施 K 对 N 素的吸收也有促进作用，但施 K 量超过 20 公斤/亩，对 N 素的吸收促进不大。

烤烟的烟叶和茎对磷的需求量相对较低，导致烟株对磷的低吸收率，P 肥的利用率也就相应较低（表 4）。缺 N 和缺 K 同样影响烟株对 P 素的吸收，P 肥利用率仅为 2.10% 和 1.17%。施 N 过低、过高都不利于提高 P 肥的利用率，施 N 量 9 公斤/亩时，P 肥利用率在所有处理中的值最高（4.89%）。施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10 公斤/亩和 13 公斤/亩时，P 肥利用率分别为 4.84% 和 4.89%，施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 达 16 公斤/亩时，P 肥利用率反而下降至 3.97%。为了维持烟株对 P 的低吸收率，避免 P 肥不必要的浪费，P 肥用量不宜超过 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10 公斤/亩。施 K<sub>2</sub>O 12 公斤/亩、16 公斤/亩和 20 公斤/亩时，P 肥利用率分别为 3.55%、4.89% 和 4.8%，施 K 对 P 的吸收有一定的影响。

不同处理中施入钾和吸收钾间的关系见表 5。施 N 对 K 肥利用率影响很大，施 N 过高或过低对提高 K 肥利用率都不利，缺 N（OPT-N）处理 K 肥利用率仅为 16.67%，施 N 9 公斤/亩的处理 K 肥利用率高达 35.76%，施 N 12 公斤/亩处理 K 肥利用率为 28.45%。

施 P 对 K 肥利用率也有积极的影响，缺 P（OPT-P）处理 K 肥利用率仅为 17.66%，施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 13 公斤/亩的处理 K 肥利用率高达 35.76%，施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 16 公斤/亩处理 K 肥利用率为 33.99%。其趋势与 N 肥

表3 养分精准管理对土壤—烤烟体系中的N素利用率的影响

处理	烟叶重 公斤/亩	烟茎重 公斤/亩	总N含量%		地上部N吸收量 公斤/亩	施N量 公斤/亩	N肥 利用率%
			烟叶	烟茎			
1. OPT(N2P2K2)	184.4	50.3	2.52	1.66	5.5	9.0	38.10
2. OPT-N	113.8	34.8	1.45	1.16	2.1	0.0	0
3. OPT-P	119.0	40.1	1.88	1.49	2.8	9.0	8.67
4. OPT-K	119.5	40.4	1.89	1.53	2.9	9.0	9.13
5. N1P2K2	168.3	44.6	2.04	1.36	4.0	6.0	33.11
6. N3P2K2	161.8	45.3	2.5	1.65	4.8	12.0	22.83
7. N2P1K2	164.6	42.2	1.95	1.58	3.9	9.0	20.24
8. N2P3K2	185.5	48.4	2.48	1.63	5.4	9.0	37.05
9. N2P2K1	159.3	43.3	1.98	1.55	3.8	9.0	19.68
10. N2P2K3	187.9	50.1	2.49	1.66	5.5	9.0	38.42

注：某元素当季肥料利用率 = (施肥区烟株地上部分吸收该元素的量 - 该元素空白区烟株地上部分吸收该元素的量) / 施肥肥料中该元素的量 × 100%

表4 养分精准管理对土壤—烤烟体系中的P素利用率的影响

处理	烟叶重 公斤/亩	烟茎重 公斤/亩	总P含量%		地上部P吸收量 公斤/亩	施P量 公斤/亩	P肥 利用率%
			烟叶	烟茎			
1. OPT (N2P2K2)	184.4	50.3	0.36	0.22	0.8	13.0	4.89
2. OPT-N	113.8	34.8	0.31	0.17	0.4	13.0	2.10
3. OPT-P	119.0	40.1	0.10	0.05	0.1	0.0	0
4. OPT-K	119.5	40.4	0.19	0.16	0.3	13.0	1.17
5. N1P2K2	168.3	44.6	0.26	0.17	0.5	13.0	2.88
6. N3P2K2	161.8	45.3	0.26	0.19	0.5	13.0	2.83
7. N2P1K2	164.6	42.2	0.32	0.23	0.6	10.0	4.84
8. N2P3K2	185.5	48.4	0.36	0.22	0.8	16.0	3.97
9. N2P2K1	159.3	43.3	0.32	0.21	0.6	13.0	3.55
10. N2P2K3	187.9	50.1	0.35	0.21	0.8	13.0	4.80

对K肥利用率的影响一致。

在K<sub>2</sub>O16公斤/亩以内，K肥利用率随施K量的提高而提高。施K量超过20公斤/亩，K肥利用率下降。

## 2.2 养分管理对烤烟品质的影响

为了评价不同处理对烟叶品质的影响，试验对不同处理烟叶中糖、烟碱和蛋白质含量进行了分析(表9)。

烤烟品质对N素营养相当敏感，N通过影响烟叶里的糖、烟碱和蛋白质来影响烤烟的品质。与OPT处理相比，OPT-N处理(缺N)和N过多(12公斤/亩)分别降低烟叶总糖含量8.66和1.09个百分点、分别提高烟碱0.42和1.46个百分点、OPT-N处理降低蛋白质含量1.32个百分点，但施N12公斤/亩提高蛋白质的含量1.32个百分点，缺N和施N过多导致烟叶体内化学物质的不平衡，特别造成糖/碱比例的失调。同样，P和K也是通过烟株体内的一些重要生物化学因子(如糖、烟碱和蛋白质)来影响烟

表 5 养分精准管理对土壤-烤烟体系中的 K 素利用率的影响

处理	烟叶重 公斤/亩	烟茎重 公斤/亩	总 K 含量 %		地上部 K 吸收量 公斤/亩	施 K 量 公斤/亩	K 肥 利用率 %
			烟叶	烟茎			
1. OPT(N2P2K2)	184.4	50.3	3.14	2.42	7.0	16.0	35.76
2. OPT-N	113.8	34.8	2.87	1.98	4.0	16.0	16.67
3. OPT-P	119.0	40.1	2.82	1.89	4.1	16.0	17.66
4. OPT-K	119.5	40.4	0.82	0.76	1.3	0.0	0
5.N1P2K2	168.3	44.6	2.76	2.38	5.7	16.0	27.63
6. N3P2K2	161.8	45.3	2.95	2.35	5.8	16.0	28.45
7. N2P1K2	164.6	42.2	2.75	2.29	5.5	16.0	26.27
8. N2P3K2	185.5	48.4	2.99	2.44	6.7	16.0	33.99
9. N2P2K1	159.3	43.3	2.74	1.91	5.2	12.0	32.54
10. N2P2K3	187.9	50.1	3.13	2.41	7.1	20.0	29.02

叶的品质。烟叶缺 P 或缺 K 都会造成烟叶体内化学物质的失调,OPT-P 处理降低总糖含量 3.18 个百分点,提高烟碱 1.4 个百分点, OPT-K 处理降低总糖含量 3.75 个百分点,提高烟碱 1.23 个百分点。施 P 提高烟叶糖含量 1.99~3.23 个百分点,施 K 提高烟叶糖含量 2.03~4.04 个百分点。但 P 或 K 与烟碱和蛋白质呈负相关关系,施 P 降低烟碱含量 0.06~0.97 个百分点,施 K 降低烟碱含量含量 0.02~1.12 个百分点。施 P 降低蛋白质含量 0.05~0.29 个百分点,施 K 降低蛋白质含量 0.01~0.37 个百分点。

表 6 不同 NPK 用量对烤烟品质的影响

处理	总糖 %	烟碱 %	蛋白质 %	糖 / 碱
1.OPT(N2P2K2)	27.61	3.10	11.24	8.91
2.OPT-N	18.95	3.52	9.92	5.38
3.OPT-P	24.43	4.50	11.33	5.43
4.OPT-K	23.86	4.33	11.69	5.51
5.N1P2K2	27.38	3.82	11.15	7.17
6.N3P2K2	26.52	4.56	12.56	5.82
7.N2P1K2	26.42	4.44	11.28	5.95
8.N2P3K2	27.66	3.53	11.04	7.84
9.N2P2K1	25.89	4.32	11.59	5.99
10.N2P2K3	27.90	3.21	11.32	8.69

### 2.3 养分管理对烤烟经济效益的影响

烤烟是高投入、高产出的经济作物。对农民来说,烤烟的产值比产量更重要。表 7 对烤烟的产量、产值和成本进行了统计。由于每个处理肥料用量不同,所以成本也不一样,每个处理最后的经济效益是扣除各自的成本后的净收益。同最佳处理相比(N2P2K2),缺 N 处理的净收益下降了 47.98%,缺磷处理下降了 5.82%,缺钾处理下降了 23.53%。N1 和 N3 处理净收益分别下降 14.7%和 6.71%,P1 处理净收益下降 3.99%,但 P3 处理净收益提高 6.52%,K1 和 K3 处理净收益分别提高 1.07%和 6.86%。由此可见,施 N 量在 9 公斤/亩比较合适,过低或过高都会影响烤烟的经济效益;施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (10 公斤/亩) 过低没有经济效益,施磷量在 13~16 公斤/亩间经济效益较好,施钾量 13 公斤/亩效益最高。

表7 养分管理对烤烟经济效益的影响

处理	产量			产值			成本 元/亩	净收益 (元/亩)	比OPT ± %
	公斤/亩	5% dif.	1% Dif.	元/亩	5% dif.	1% Dif.			
1. OPT(N2P2K2)	184.4	a	A	1394.2	abc	AB	181.9	1212.3	0
2. OPT-N	113.8	d	C	781.2	e	D	150.6	630.7	-47.98
3. OPT-P	119.0	d	C	1290.4	bc	ABC	148.7	1141.8	-5.82
4. OPT-K	119.5	d	C	1051.6	d	C	124.5	927.1	-23.53
5. N1P2K2	168.3	b	B	1205.6	cd	BC	171.4	1034.1	-14.70
6. N3P2K2	161.8	bc	B	1323.2	abc	AB	192.3	1130.9	-6.71
7. N2P1K2	164.6	bc	B	1338.1	abc	AB	174.2	1163.8	-3.99
8. N2P3K2	185.5	a	A	1480.8	ab	A	189.5	1291.3	6.52
9. N2P2K1	159.3	c	B	1392.8	abc	AB	167.5	1225.3	1.07
10. N2P2K3	187.9	a	A	1491.7	a	A	196.2	1295.5	6.86
方差分析	F 处理间 =129.243**			F 处理间 =10.403**					
	F 区组间 =1.8			F 区组间 =2.004					

注:烟价(按烟叶部位):上二12.6元/公斤 上三8.30元/公斤 上四5.10元/公斤 中三13.6元/公斤 中四11.2元/公斤 下二10.00元/公斤 下三8.3元/公斤 下四4.6元/公斤

尿素价格:1.6元/公斤;普钙:0.46元/公斤;氯化钾:1.4元/公斤;硫酸钾:2.0元/公斤;烘烤及薄膜成本:900元/公顷

### 3、结论

3.1 缺P或缺K处理会影响烟株对N素的吸收,处理中N肥利用率很低。施N量在9公斤/亩范围内,N肥利用率随施N量的增加而提高,但施N12公斤/亩时,N肥利用率会大大下降。在一定的范围内,施P对N素的吸收有促进作用,施P量在13公斤/亩时,N肥利用率较高,但施P量过高(16公斤/亩),对N肥利用率的促进作用消失。施K对N素的吸收也有促进作用,但施K量超过20公斤/亩,对N素的吸收促进不大。

3.2 烤烟的烟叶和茎对磷的需求量相对低,导致烟株对磷的低吸收率,P肥的利用率也就相应低。缺N和缺K同样影响烟株对P素的吸收。施N过低、过高都不利于提高P肥的利用率,施N量9公斤/亩时,P肥利用率在所有处理中的值最高;为了维持烟株对P的低吸收率,避免P肥不必要的浪费,P肥用量不宜超过10公斤/亩;施钾16公斤/亩,P肥利用率最高。

3.3 烤烟是钾的指示性作物,烤烟对钾的需求量大于其它元素。施N对K肥利用率影响很大,施N过高或过低对提高K肥利用率都不利,施N9公斤/亩的处理K肥利用率最高(35.76%)。施P对K肥利用率也有积极的影响,施P13公斤/亩的处理K肥利用率最高。在16公斤/亩范围内,K肥利用率随施K量的提高而提高。施K量超过20公斤/亩,K肥利用率下降。

3.4 烤烟品质对N素营养相当敏感,N通过影响烟叶里的糖、烟碱和蛋白质来影响烤烟的品质。合理施N(9公斤/亩)提高蛋白质的含量,缺N或施N过多导致烟叶体内化学物质的不平衡,降低烟叶总糖和蛋白质含量、提高烟碱、特别造成糖/碱比例的失调。同样,P和K也是通过烟株体内的一些重要生物化学因子(如糖、烟碱和蛋白质)来影响烟叶的品质。烟叶缺P或缺K都会造成烟叶体内化学物质的失调。施P或施K都会提高烟叶糖含量。但P或K与烟碱和蛋白质的关系呈负相关。

3.5 施N量在9公斤/亩比较合适,过低或过高都会影响烤烟的经济效益;施P(10公斤/亩)过低没有经济效益,施P量在13公斤/亩~16公斤/亩间经济效益较好,施钾量13公斤/亩效益最高。

综上所述,从肥料利用率、烤烟化学品质以及烤烟经济效益综合考虑,适于曲靖养分监测村的烤烟N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O的用量分别为9公斤/亩、13公斤/亩和16公斤/亩。为了保持植烟土壤养分收支平衡,提高烤烟的品质,增加农民的收入,促进曲靖农业的可持续发展,养分的精准管理是非常必要的。



## 有机肥和化肥对草坪径流量的影响

Z.M.Easton 和 A.M.Petrovic 著



草坪合理施肥最终结果是减少水污染

草皮是一种有效的过滤器，它可以减缓径流速度并减少泥沙流失。草坪合理施肥可降低径流中的养分流失量。

根据最近的一项调查，住宅草坪占纽约州草坪总面积（2064万亩）的82%。居民们在这些草地上的肥料投入平均为6.7元/亩，这似乎远低于维持最佳草坪生长的肥料推荐量。

过量施肥，尤其是氮（N）和磷（P）过量，会破坏水质。然而，当草坪施用了这两种必要养分后，人们通常并不清楚它对地表水和地下水的实际影响。尽管施肥增加了投入，但施肥能促进草对养分的吸收，加速草坪生长，从而减缓径流速度，减少养分流失。

我们通过试验比较了三种有机源养分和两种矿质养分对草坪径流中养分流失的影响。这5种肥料的年施入量均为19.5克N/平方米（见表1）。肥料分4次施入，于2000年7月18日播种。试验处理安排在纽约州的Arkport，小区面积为1.62平方米（0.9米×1.8米），土壤为沙质粘土，我们监测了草坪立苗年及随后一年的径流情况，共收集了33次降水后的径流样品。分析表明土壤含P丰富。

表1 草地草的施肥量及草的总修剪量

肥料	来源	养分含量 (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	修剪量为对照的 %
		N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	克/平方米/年	
有机肥料				
堆制猪粪	生物技术	4.25-2-0	9.3	210
堆制牛粪	生物技术	0.8-0.3-0	7.3	160
生活垃圾肥	活性淤泥肥料	6-2-0	6.8	190
矿质肥料				
控释肥 <sup>2</sup>	SCU+ 尿素 +MAP+MOP <sup>1</sup>	24-5-11	4.4	300
液体肥	尿素 +MAP+MOP <sup>1</sup>	35-3-5	2.0	240

<sup>1</sup>MAP= 磷酸一铵；MOP= 氯化钾；SCU= 硫包裹尿素

<sup>2</sup>控释肥中有45%的N与硫包裹尿素一样

我们的研究发现施肥增加了草密度。当草密度增加到2倍时，水的渗透性增加，径流量减少3倍。因此，在草坪立苗后，凡是能提高草密度的肥料处理都能够减少径流量。与无肥处理相比，施肥还能增加草的修剪量，从而增加草对养分的吸收利用（见表1）。

草坪立苗时，所有处理的径流因含泥沙而浑浊。立苗后，我们的定期观察发现，只有对照处理的径流中才有泥沙。由于径流水样是通过2微米纤维素滤纸过滤的，对P的测定结果并不包括所有可能从小区流失的微粒P，因此我们可能低估了无肥处理中P的总流失量。

在播种后的头5个月中，径流中的P含量与施P量成正比（见表2），在施用可溶性N源（尿素）的地方，硝酸盐的流失是最大的。

草坪立苗后的一年里，NO<sub>3</sub><sup>-</sup>流失明显减少（表2）。2001年25次径流中的NO<sub>3</sub><sup>-</sup>流失总量比2000年8次的流失总量还要少，并且施肥处理与对照处理之间没有什么区别。然而，对照小区径流中P的流失量不但增加了，而且还超过了所有施肥小区。

表2 径流中P和NO<sub>3</sub>-N的流失量

肥料	流失总量 (公斤/公顷)			
	2000年7-12月 (8次流失)		2001年1-11月 (25次流失)	
	P	N	P	N
堆制猪粪	0.8	7.9	1.0	3.4
推制牛粪	0.4	2.2	0.7	3.4
生活垃圾肥	0.4	9.0	1.0	4.5
控释肥	0.4	7.9	0.6	4.5
液体肥	0.2	11.2	0.6	3.4
对照	0.2	5.6	1.3	3.4

有机肥源—尤其是堆制猪粪及生活垃圾肥导致了P的最大流失。这并不奇怪，因为这些有机肥中所含的P比无机肥高得多。如果草地管理的目标是尽可能减少养分流失，那么，有机肥料具有较低的N:P比例则成为在草地上使用的缺陷。

由于我们测量的径流来自坡度为7-9%的一些小块草坪，所以不能以此推测所有的草坪都会产生相同的径流量而进入地表水。地形作用可以改变养分流失。与河道的坡度及距离也是十分重要的因素。

我们的研究结果说明在草坪立苗时施肥会对水质产生最大的破坏。在这期间最为重要的是草地的施肥量能刚好满足快速生长草地的需求，从而提高渗透力，减少泥沙和径流流失。

我们应当选择符合所需比例的养分资源。如果P不足不但会阻碍草坪生长速度，而且会增加泥沙和径流中养分的流失。另一方面，施P过多也会导致P的流失增加。

通过施肥可使草地繁茂，从而减少N和P对水的污染。目前，有利于环境保护的草坪肥力精准管理正在得到重视和加强。

Easton 先生 (e-mail:zme2@cornell.edu) 纽约州伊萨卡市康奈尔大学植物科学系。

Petrovic 博士 (e-mail:amp4@cornell.edu) 纽约州伊萨卡市康奈尔大学草皮研究教授。

#### 参考及更多信息：

Easton, Z.M和A.M.Petrovic.2004 Fertilizer source effect on ground and surface water quality in drainage from turfgrass. *Journal of Environmental Quality* 33(2):645-655

原文自 *Better Crops with Plant Food*, 2005(3) 16-17,

加拿大钾磷肥研究所成都办事处 谢玲译 涂仕华校

## 作物残茬类型对钾释放的影响

N.Z.Lupwayi, G.W.Clayton, K.N.Harker, T.K.Turkington

和 A.M.Johnston 著

在加入土壤的一年内,作物残茬中有>90%的钾(K)被释放出来。耕作方式对作物残茬中K的释放没有任何影响。

人们通常认为作物残茬在免耕条件下比在传统耕作中分解得更慢。由于分解速度变慢,在一定时间内释放的养分量就会更少。然而,这种假定可能并不总是正确的。假如从作物残茬中释放的养分量不仅取决于分解速度,而且还取决于作物残茬中养分的初始含量。作物类型对残茬分解的影响远比任何一种耕作模式大得多。

针对这些问题,我们开展了长期耕作和轮作试验研究。目的是定量研究传统和免耕模式下红三叶草、紫花豌豆、油菜及春小麦残茬中K的释放量。

试验于1998-1999年和1999-2000年在加拿大阿尔伯达省西北部的Fort Vermilion实施,用一项已建立的研究来评估2种耕作制,传统耕作(CT)和免耕耕作(NT),以及4种不同的作物轮作方式,包括红三叶草绿肥(GM)、紫花豌豆、油菜和小麦。1998-1999年,由于红三叶草没能越冬而用了紫花豌豆绿肥来代替。供试土壤速效钾的含量为150毫克K/公斤(0.5M NaHCO<sub>3</sub>-提取),未施用K肥。收获时,分别收集并称量了各试验小区绿肥、紫花豌豆、小麦和油菜残茬的重量,测定了各种残茬的含K量,用于计算归还到田间的K量。把这些残茬分别置入孔径为1毫米的抗降解网袋中,然后埋入翻耕(CT)后的土壤中或置于免耕(NT)的土壤表面。在12个月的试验中,定期取样分析不同分解阶段残茬中的含K量,计算与残茬初始含K量的差值,得到释放出的K量。

1999-2000年归还到田间的作物残茬量比1998-1999年高得多,表明1999年作物生产产量很大(表1和表2)。然而,作物残茬量的差异导致了两个试验期内归还到田间的K量的较大差异。虽然作物残茬归还到田间K的总量因作物种类不同而不同,但在52周内所有类型作物田内的残茬都释放了90%的K。在两年中,小麦生产的残茬量最少,归还到田间K量也最低。不同耕作处理产生和归还到土壤中的残茬数量没有明显差异,耕作方式与作物残茬干物量或归还的钾之间没有明显的交互作用(数据没有在此列出)。

在试验残茬样品分解监测的52周期间,K的释放量与输入残茬中K的含量十分相似(表1和表2)。与磷(P)的释放不同,在试验的残茬中,绿肥残茬释放出了最大比例的P(70-80%),而所有作物残茬都释放出90%或>90%的残茬K。导致这种区别的原因是,与N和P不同,K不是植物组成成分,因此K的释放很快,只要在施入后的5周内绝大多数的K就会归还到田间。无论残茬是埋在传统耕作(CT)土壤中或是留在免耕耕作(NT)的土壤表面,记录表明这两种放置方式对K的释放没有影响。然而,

表1 1998-1999年前茬作物对绿肥、紫花豌豆、油菜和小麦残茬中K的输入和释放的影响。

作物残茬	输入残茬量		K 释放量			K 释放率
	DM	K	2周	5周	52周	%
公斤/公顷						
紫花豌豆绿肥	3483a <sup>1</sup>	36.3a	34.0a <sup>2</sup>	33.2a	33.9a	93
紫花豌豆	2312bc	31.7a	14.5b	24.1a	29.8a	94
油菜	2928ab	40.3a	19.5c	32.1b	38.4a	95
小麦	1636c	25.6a	9.3b	20.6a	23.4a	92

<sup>1</sup> 对输入残茬(干物质和K)量,列中数据后字母相同时表示处理间差异不显著。

<sup>2</sup> 对K释放量,列中数据后字母相同时表示处理间差异不显著。

表2 1999-2000年前茬作物对绿肥、紫花豌豆、油菜和小麦作物残茬中含K量及释放量的影响。

作物残茬	输入残茬量		K释放量			K释放率
	DM	K	2周	5周	52周	%
公斤/公顷						
紫花豌豆绿肥	5371a <sup>1</sup>	105.7a	36.0b <sup>2</sup>	90.9a	102.5a	97
紫花豌豆	6108a	82.8ab	42.3b	50.6b	74.4a	90
油菜	5139a	59.8bc	43.5b	48.8ab	55.1a	92
小麦	2201b	35.3c	14.6b	18.4b	33.7a	95

<sup>1</sup> 对输入残茬（干物质和K）量，列中数据后字母相同时表示处理间差异不显著。  
<sup>2</sup> 对K释放量，列中数据后字母相同时表示处理间差异不显著。

1998-1999年间油菜残茬以及1999-2000年间豌豆残茬在耕作方式与取样时间表现出了明显的交互作用（交互作用数据没有在此列出）。在这两个例子里，在分解的前五周内免耕比传统耕作释放的K要多些。这是由于1998-1999年免耕种植的油菜残茬中K的含量较传统耕作中多，1999-2000的豌豆也是一样。

这项研究结果说明，所研究的作物残茬在52周内释放了>90%的K。残茬K大量快速的释放被认为是由于这些农田被再次种植时残茬钾供给了植物生长。假定收获时作物从田间带走了极少K，这里显示的所归还的残茬K将有利于维持土壤K的测试水平。与传统耕作方式相比，使用免耕对作物残茬K的释放没有影响。然而，有时免耕条件下归还到土壤中的残茬K比传统耕作要多。

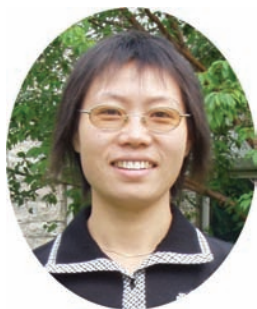
原文自 Better Crops with Plant Food, 2005(3) 14-15,  
加拿大钾磷肥研究所成都办事处 谢玲译 涂仕华校

Lupwayi 博士 (e-mail: LupwayiN@agr.gc.ca)，阿尔伯达省 Beaverlodge 试验站加拿大农业及农产品 (AAFC) 研究农场研究人员。Clayton、Harker 和 Turkington 博士，阿尔伯达省 Lacombe 市加拿大农业及农产品 (AAFC) 研究中心的研究人员。Johnston 博士，钾磷肥研究所/加拿大钾磷肥研究所 (PPI/PPIC) 加拿大北方大平原项目部主任。

上接 37 页：







## 莲藕钾肥用量及其施用效应的初步研究

刘冬碧, 熊桂云, 张继铭

(湖北省农业科学院植保土肥研究所, 武汉 430064)

**摘要:** 研究了钾肥用量对莲藕生长发育、产量、经济效益、商品品质和养分吸收的影响, 结果表明: (1) 钾素促进荷叶的形成并使之宽大、健壮; (2) 每亩施用  $K_2O$  24 公斤, 莲藕产量比对照增产 44.1%, 每公斤  $K_2O$  增产莲藕 27.8 公斤, 每亩增收 1000 余元,  $K_2O$  产投比高达 12.2; (3) 钾肥能明显增加每支莲藕的藕节数、增加单支藕的长度和重量, 从而提高产量并改善莲藕的商品品质; (4) 钾肥能明显提高莲藕对磷和钾的吸收量, 莲藕对钾的吸收量明显高于氮, 说明莲藕属喜钾作物, 在生产中应加强钾肥的投入。

**关键词:** 钾肥用量; 生长发育; 产量; 经济效益; 商品品质; 养分吸收; 莲藕

莲藕在我国主要分布在长江中下游地区, 是种植面积最大、经济价值最高的水生蔬菜品种<sup>[1]</sup>。十多年来, 湖北省莲藕生产发展很快, 据不完全统计, 目前湖北省莲藕种植面积接近 100 万亩, 占全省水生经济作物面积的 60—70%, 莲藕产量约占全国莲藕总产量的三分之一。然而莲藕单产并不高, 近几年湖北省莲藕平均单产一直在 800—1300 公斤/亩范围内徘徊, 并且各产地之间参差不齐, 差异很大<sup>[2]</sup>。经初步调查, 湖北省莲藕单产较低, 除品种、气候等原因外, 氮磷钾肥料施用不平衡, 尤其是钾肥施用量不足也是其中的一个重要原因。鉴于目前湖北省关于莲藕方面的研究主要侧重于品种选育、栽培技术及栽培模式探索等方面<sup>[3-7]</sup>, 莲藕营养特性及平衡施肥方面的研究极少<sup>[8]</sup>, 我们开展了相关方面的研究, 以下是莲藕钾肥用量及其效应研究的结果。

## 1、材料与方法

### 1.1 供试土壤

供试土壤为武汉市洪山区由长江冲积物母质发育的潮土性水稻土, 采用土壤养分状况系统研究法分析的土壤养分含量如下<sup>[9]</sup>: pH 值 7.1, 有机质 0.8%, 有效  $K$  75.2 毫克/升(单位下同),  $NH_4^+-N$  28.0, 有效  $P$  5.5, 有效  $B$  0.8, 有效  $Zn$  1.55。

### 1.2 供试莲藕品种

鄂莲五号

### 1.3 试验方法

试验设 5 个处理: 1.K0, 2.K6, 3.K12, 4.K18, 5.K24, 数字表示每亩施用  $K_2O$  的公斤数, 每处理均施用  $N$  20 公斤/亩,  $P_2O_5$  8 公斤/亩, 其中  $N$  肥用尿素, 60% 基施, 40% 分二次追施,  $P$  肥用过磷酸钙 (12%), 100% 基施,  $K$  肥用加拿大生产的红色钾肥 (60%), 70% 基施, 30% 与第二次尿素追肥同施。每小区 30 平方米, 重复三次, 随机区组排列。

2003 年 4 月 13 日栽种, 每小区用种量 33 公斤, “头对头”种三列二行, 及时“转藕”、除病虫害, 2004 年 1 月 10-12 日收获。

## 2、结果与讨论

### 2.1 钾肥施用量对莲藕生长发育的影响

表 1 中是不同时期对莲藕生长发育状况的调查, 结果表明: (1) 钾肥施用量对莲藕萌芽早期的水面浮叶数和立叶数没有明显的影响, 但可以看出, 浮叶数越多, 立叶数也越多。这主要是因为藕种量较大, 其带入的养分能够满足莲藕早期萌芽和抽生初生叶片的需要。(2) 在莲藕茎叶旺盛生长期, 最大荷叶直径有随着钾肥用量增加而增大的趋势。(3) 在莲藕茎叶旺盛生长后期, 成熟荷叶的叶柄直径

明显随着钾肥用量的增加而增加。由此可见,由于莲藕采用的是藕种无性繁殖,在萌芽生长期和茎叶生长初期对钾肥的需求并不强烈,但随着生育时期的推进,钾肥的作用越来越明显,它可使荷叶长得宽大、健壮,对于充分利用光源增强光合作用、后期形成高产和有效抵抗病虫害无疑具有重要意义。

表1 钾肥施用量对莲藕生长发育的影响

处理	早期浮叶数 (5月13日,片/小区)	早期立叶数 (5月13日,片/小区)	最大荷叶直径 (6月4日,厘米)	成熟荷叶叶柄直径 (7月17日,厘米)
K0	72	18	52.5	1.25
K6	68	17	56.5	1.45
K12	75	19	55.0	1.60
K18	65	16	56.5	1.75
K24	73	18	60.0	1.85

## 2.2 钾肥施用量对莲藕产量和经济效益的影响

由表2可见,(1)莲藕产量随着钾肥用量的增加而增加,在 $K_2O$ 的用量为24公斤/亩产量达最高值,亩产量为2179公斤,比对照不施钾增产667公斤/亩,增产幅度44.1%。(2)在最高产量时每公斤 $K_2O$ 增产莲藕27.8公斤,每亩增收1000余元, $K_2O$ 产投比高达12.2。因此,莲藕增施钾肥可以获得较好的经济效益,从试验结果趋势看,钾肥的用量还可以再适当增加。

表2 钾肥施用量对莲藕产量和经济效益的影响

处理	产量 (公斤/亩)	显著性检验		增产 (公斤/亩)	增产 (%)	增收 (元/亩)	$K_2O$ 产投比
		5%	1%				
K0	1512	d	D	-	-	-	-
K6	1653	cd	CD	141	9.31	211	10.3
K12	1853	bc	BC	341	22.5	511	12.4
K18	2038	ab	AB	526	34.8	789	12.8
K24	2179	a	A	667	44.1	1001	12.2

注:尿素1.90元/公斤,过磷酸钙0.38元/公斤,氯化钾2.06元/公斤,莲藕1.50元/公斤。

## 2.3 钾肥施用量对莲藕外观品质的影响

表3中结果显示了钾肥施用量对莲藕外观品质的影响。可以看出,增施钾肥能明显增加每支莲藕的藕节数、增加单支藕长度,通过提高单支藕重量从而提高产量。但在本试验条件下,钾肥用量对提高最大藕节的大小没有明显影响。

表3 钾肥施用量对莲藕外观品质的影响

处理	平均藕节数 (节)	单支藕长 (厘米/支)	单支藕重 (公斤/支)	最大藕节断面直径 (厘米)
K0	4.2	83.5	1.05	5.8
K6	4.5	92.0	1.42	5.7
K12	4.7	98.5	1.63	5.6
K18	4.7	99.5	1.68	5.6
K24	5.0	106.5	1.95	5.8

注:从每处理选取10支中等大小的莲藕进行外观品质考察。

## 2.4 钾肥施用量对莲藕养分吸收的影响

表4中结果表明：(1)从养分含量来看，不施钾肥的处理其莲藕氮、磷、钾养分含量最高，钾肥用量的高低对莲藕氮和磷的含量没有明显的影响，但对钾的含量有明显影响，施钾量越高，莲藕含钾量反而越低，可能是由于稀释效应引起的。(2)从养分吸收量来看，钾肥用量的增加明显提高了莲藕对磷和钾的吸收量，这主要是产量增加的结果。莲藕对钾的吸收量明显大于对氮的吸收量，进一步说明莲藕属喜钾作物，在生产中应加强钾肥的投入。钾肥用量对氮的吸收影响规律不明显，值得进一步研究。(3)从钾的吸收量和钾肥施用量的比较可以初步看出，钾肥用量越高，其利用率就越低，因此莲藕施用钾肥的后效也值得研究。

表4 钾肥施用量对莲藕养分吸收的影响

处理	养分含量 (克/公斤)			养分吸收量 (公斤/亩)		
	N	P	K	N	P	K
K0	16.0	2.98	17.1	6.00	1.12	6.41
K6	14.2	2.68	16.4	5.82	1.10	6.71
K12	10.5	2.53	16.9	4.83	1.16	7.78
K18	11.3	2.58	15.6	5.71	1.31	7.86
K24	12.6	2.67	14.9	6.81	1.44	8.07

## 3、结语

由于在生产上常采用无性繁殖且用种量较大，莲藕在早期对钾素的需求并不大，随着生育时期的推进，钾素的作用越来越明显，钾素促进荷叶的形成并使之宽大、健壮。每亩施用 $K_2O$ 24公斤时，莲藕产量比对照增产44.1%，每公斤 $K_2O$ 增产莲藕27.8公斤，每亩增收1000余元， $K_2O$ 产投比高达12.2。增施钾肥能明显增加每支莲藕的藕节数、增加单支藕的长度和重量，从而提高产量并改善莲藕的商品品质。增施钾肥能明显提高莲藕对磷和钾的吸收量，莲藕对钾的吸收量明显大于对氮的吸收量，说明莲藕属喜钾作物，在生产中应加强钾肥的投入。

### 参考文献

- [1] 李双梅, 李峰, 黄新芳, 柯卫东. 主藕、整藕和子藕作种的繁殖效果. 中国蔬菜, 2003 (5): 15-17
- [2] 湖北农村统计年鉴. 中国统计出版社, 1992-2003.
- [3] 沈康荣、李家军、汪晓春、吴伶、刘军、曹峻. 莲藕覆膜厢作增温节水高效栽培技术研究. 湖北农业科学, 2001 (4): 57-60
- [4] 曹国松、徐国祥、计三香、刘红久. 莲藕高产优质栽培技术初探. 长江蔬菜, 2003 (4): 43-44
- [5] 柯卫东. 武汉市蔬菜科学研究所水生蔬菜学科研究进展. 中国蔬菜, 2003 (3): 59
- [6] 沈康荣、李家军、吴伶. 莲藕覆膜厢作湿润栽培试验. 湖北农业科学, 2000 (4): 53-55
- [7] 黄立青. 莲藕田套种晚稻双高产栽培技术. 中国蔬菜, 2000 (1): 35-36
- [8] 李贵宝、孙克刚、焦有、王英、梁国林. 莲藕氮、钾、硼配合施用效果. 中国蔬菜, 1998 (1): 12-14
- [9] 加拿大钾磷肥研究所北京办事处主编. 土壤养分状况系统研究法. 北京: 中国农业科技出版社, 1992.

图见34页。



## 香蕉钾源的选择

姚丽贤 李国良 周修冲

(广东省农科院土壤肥料研究所)

**摘要:** 肥料支出是香蕉最主要的生产成本。在广东省香蕉主产区, 种植户较普遍认为香蕉施用硫酸钾优于氯化钾。本文对不同施钾水平下氯化钾及硫酸钾在香蕉的施用效应进行了比较研究, 结果显示, 部分施用硫酸钾和全部施用氯化钾处理对香蕉叶片营养、植株生长、果实品质、产量都基本没有差别, 硫酸钾由于价格较高反而有降低种植效益的趋势。因此, 就香蕉生长而言, 氯化钾及硫酸钾都是良好的钾源, 施用氯化钾更能够降低成本, 增加收益。

**关键词:** 香蕉; 氯化钾; 硫酸钾

香蕉是典型的嗜肥嗜钾作物, 肥料成本约占总生产成本的 1/3~2/3。在目前香蕉施肥上, 较普遍存在着一种观点, 即施用硫酸钾比氯化钾有利于香蕉生长。由于香蕉种植效益相对较高, 种植户普遍或多或少地施用价格昂贵的进口等氮磷钾硫酸钾型复合肥, 有些甚至整个生育期都施用进口等氮磷钾硫酸钾型复合肥, 致使生产成本提高, 在较大程度上限制了香蕉种植效益的进一步提高。另一方面, 根据我们近年来对香蕉果园土壤养分状况的研究, 广东香蕉园土壤磷素普遍较为丰富, 长期大量施用等氮磷钾复合肥将加剧土壤养分的不平衡。因此, 我们比较了施用氯化钾和硫酸钾对香蕉生长的影响, 为选择香蕉合适的钾源提供依据。

### 1、材料与方 法

试验于 2004 年 1 月至 2005 年 2 月在中山市黄圃镇团范村蕉园进行。试验地土壤基本性状为: pH6.3、有机质 17 克/公斤、有效 N24.1、P7.9、K86.0、Ca2581.15、Mg379.1、S84.45、Fe107.0、Mn80.5、B0.3、Zn3.1 毫克/升。土壤有效钙、镁、硫、铁、锰含量丰富, 有效硼、锌为中等水平, 有效氮、磷、钾为缺乏。

试验设 4 个处理, 分别为: 1.  $NK_1$  (100%KCl); 2.  $NK_2$  (100%KCl); 3.  $NK_1^*$  (所用  $K_2O$ 1/4 由硫酸钾提供, 3/4 由氯化钾提供); 4.  $NK_2^*$  (所用  $K_2O$ 1/4 由硫酸钾提供, 3/4 由氯化钾提供)。试验用肥有尿素、磷二铵、氯化钾和硫酸钾。处理 2 和 4 先把硫酸钾施用完毕后, 再施用氯化钾。每个处理的养分施用量及肥料用量见表 1。

表 1 不同处理施用养分量 (公斤/亩)

处理	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O (氯化钾)	K <sub>2</sub> O (硫酸钾)
$NK_1$	65.0	16.3	71.5	0.0
$NK_2$	65.0	16.3	84.5	0.0
$NK_1^*$	65.0	16.3	53.6	17.9
$NK_2^*$	65.0	16.3	63.4	21.1

每个处理三次重复, 随机区组排列。小区面积为 55.7 平方米 (0.0835 亩), 每小区种植 10 株, 种植密度为 120 株/亩。

试验点品种为巴西蕉。在 2004 年 2 月 25 日种植试管苗, 在 2004 年 12 月收获。在香蕉主要生育期调查香蕉生长状况, 在收获期记录果实产量, 并采样本分析果实品质。

## 2、结果与分析

### 2.1 叶片营养状况

香蕉抽蕾期的叶片养分测定结果显示(表2),在同一施钾水平下,部分施用硫酸钾及全部施用氯化钾处理的叶片养分含量均非常接近,施用硫酸钾并不能提高叶片养分、尤其是K含量。在钾源相同情况下,两个施钾水平香蕉叶片养分含量也极为接近,在NK<sub>1</sub>或NK<sub>1</sub>\*处理上增施钾肥已不能提高叶片的K含量。另外,在土壤硫素丰富情况下,部分施用硫酸钾处理并不会提高叶片含硫量。

表2 香蕉抽蕾期叶片养分含量(%)

处理	N	P	K	Ca	Mg	S
NK <sub>1</sub>	2.93	0.190	3.61	1.134	0.675	0.293
NK <sub>2</sub>	3.08	0.179	3.58	1.033	0.699	0.315
NK <sub>1</sub> *	2.99	0.188	3.50	1.296	0.614	0.301
NK <sub>2</sub> *	3.04	0.186	3.50	1.104	0.583	0.275

### 2.2 植株生长

香蕉在营养生长期、孕蕾期及断蕾期的植株长势调查结果表明(表3),在两个K水平下,营养生长期部分施用硫酸钾处理的株高和茎围与全部施用氯化钾处理的差别不大。然而,抽蕾率调查显示,在K<sub>1</sub>水平下,部分施用硫酸钾植株抽蕾比全部施用氯化钾快;在K<sub>2</sub>水平下,部分施用硫酸钾或全部施用氯化钾对抽蕾基本没有影响。

表3 不同处理香蕉在不同生育期的长势

处理	营养生长期		孕蕾期		断蕾期		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)	
NK <sub>1</sub>	122.1	30.1	235.6	53.7	252.3	59.5	76.7
NK <sub>2</sub>	121.1	30.4	232.5	53.5	247.3	59.6	82.6
NK <sub>1</sub> *	125.4	30.9	239.6	55.1	250.7	59.8	100.0
NK <sub>2</sub> *	123.4	31.1	230.5	52.9	244.3	56.4	86.3

### 2.3 果实品质

香蕉果实品质分析结果见表4。果实固形物含量以NK<sub>1</sub>\*与NK<sub>2</sub>\*处理最高,维生素C含量以NK<sub>2</sub>处理最高,可溶糖含量以NK<sub>2</sub>\*处理最高。总的来说,不同处理间香蕉果实品质差别不大。另外,在香蕉采收时,我们发现部分施用硫酸钾的香蕉果色较淡,经过后熟阶段,仍然比全部施用氯化钾的香蕉果色浅,不及后者鲜艳(见附图1及2)。

表4 香蕉果实品质

处理	固形物 (%)	维生素C (毫克/100克)	可溶糖 (%)
NK <sub>1</sub>	22.5	6.543	17.65
NK <sub>2</sub>	22.0	7.900	16.90
NK <sub>1</sub> *	23.0	6.728	17.70
NK <sub>2</sub> *	23.0	6.543	18.30



## 2.4 香蕉产量和效益

不同施肥处理香蕉产量见表5。在本试验两个施钾水平及钾源分别为氯化钾及硫酸钾+氯化钾情况下，提高施钾水平对香蕉叶片营养、植株长势作用不大，因此，不同处理的果实产量均非常接近。这表明在广东亚热带地区，由于年降雨量较大（通常在2000毫米左右），土壤淋洗作用强烈，部分施用氯离子对香蕉并没有不良影响，氯化钾及硫酸钾对香蕉而言都是良好的钾源。

表5 不同处理香蕉产量比较

处理	小区产量 (公斤/小区)				产量 (公斤/亩)
	1	2	3	平均	
NK <sub>1</sub>	260.5	256.0	269.0	261.9a	3136.0
NK <sub>2</sub>	269.0	252.5	265.5	262.3a	3141.7
NK <sub>1</sub> *	262.5	256.5	265.0	261.3a	3139.7
NK <sub>2</sub> *	258.0	256.0	263.5	259.2a	3129.7
LSD0.05	11.7				

所有处理在扣除肥料及其它成本后的利润比较见表6。由于产量差别不大，与NK<sub>1</sub>及NK<sub>1</sub>\*处理相比，NK<sub>2</sub>及NK<sub>2</sub>\*处理由于提高施钾量增加了肥料成本而使利润稍有下降。同时，硫酸钾比氯化钾价格昂贵，部分施用硫酸钾的处理NK<sub>1</sub>\*及NK<sub>2</sub>\*比NK<sub>1</sub>及NK<sub>2</sub>处理的种植利润下降。

表6 不同处理香蕉经济效益

处理	产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	利润 (元/亩)
NK <sub>1</sub>	5017.6	509.3	2758.3
NK <sub>2</sub>	5026.7	545.9	2730.8
NK <sub>1</sub> *	5023.5	523.2	2750.3
NK <sub>2</sub> *	5007.5	562.4	2695.1

注：利润=产值-肥料成本-其它成本。其它成本指地租、整地、人工、蕉苗、农药、地膜、竹桩、灌溉系统等共为1750元/亩。

肥料价格(元/吨)：尿素1800，磷二铵2200，KCl 1660，K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>，1800。香蕉收购价为：1.6元/公斤。

## 3、小结

在土壤氮磷钾缺乏、中微量元素中等或丰富情况下，每亩施用65kgN(尿素)、16.3kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和(磷二铵)71.5kgK<sub>2</sub>O(氯化钾)可获得第一造蕉3吨以上的高产。增加施钾量或在香蕉营养生长期施用部分硫酸钾对提高香蕉叶片营养、植株长势、果实品质及产量作用不大，由于增加了肥料成本种植效益反而有下降趋势。

图见第2页。



## 钾肥在农作物上应用研究

周春玉 敏华 毕一立 丛录君

辽宁普兰店农业技术推广中心 116200

肥料包括有机肥(农肥)、无机肥(化肥)、生物肥、叶面肥和各种微肥,共五大类。肥料是粮食的粮食,而且农民有句俗语:“有收无收在于水,多收少收在于肥”。就以我市从建国初期发展到现在,完全可以证实这一点。从1949年到1959年的十一年间,平均粮食播种面积为9.28万公顷,单产只有112.5公斤,当时农民只施用农家肥,根本没有化肥,从1960年到1969年的十年里,粮食播种面积8.65万公顷,单产为123.3公斤,农民也没有施化肥。据资料记载,我市从1970年开始施用化肥到1979年十年间,平均用量为37870吨,其中氮肥24354吨,占总量64.3%,磷肥为12244吨,占总量32.3%,钾肥为64.5吨,占总量0.17%,复合肥为1207吨,占总量3.19%。由于施用了化肥,粮食产量得到很大提高,70~79年10年间,平均单产214.4公斤,比六十年代单产增加了91.1公斤,全市粮食播种面积7.83万公顷,增产10704万公斤。从1980~1989年十年间,全市粮食播种面积平均每年为7.33万公顷,单产达249.5公斤,比七十年代平均单产214.4公斤又提高35.1公斤,共增加产量3857.5万公斤。平均每年用化肥总量106854.8吨,其中氮肥为72914吨,占总量68.2%,磷肥为30158.9吨,占总量28.2%,钾肥158.1吨,占总量0.15%,复合肥2517.1吨,占总量2.4%。据调查从1990~1996年的7年里,全市平均每年应用化肥总量为122748.7吨,其中氮肥用量达77598吨,占总量63.2%,磷肥用量达24036吨,占总量19.58%,钾肥用量933吨,占总用量0.76%,其它复合肥用量为8437吨,占总用量6.87%。粮食平均单产达269.3公斤,比八十年代平均单产249.5公斤增加19.8公斤。粮食播种面积平均每年为6.88万公顷,比八十年代减少0.445万公顷,化肥总最比八十年代增加了15893.9吨,但产量比八十年代增加了376.9万公斤,比建国初期粮食播种面积减少了2.397万公顷,但单产却提高了156.8公斤,总产增加了12319.2万公斤。从以上的事实可以看出,虽然播种面积逐年减少,但产量不减,说明了肥料对产量的提高起到了巨大的作用,但也不能排除其它增产因素(优良品种、各管理水平);还可以看出,七十年代重视氮肥的应用,八十年代重视磷肥的应用,九十年代钾肥的应用刚刚起步。

目前广大农民对氮肥、磷肥的应用有了比较深刻的认识,而对钾肥的应用却很少有人介入,为了加快对钾肥应用,提高广大农民对钾肥的认识,我们在九十年代初开展了钾肥在农作物上的应用研究。

### 1、普市土壤供钾现状及钾肥对农作物生长发育的作用

#### 1.1 土壤供钾现状

1982年土壤普查结果证明:我市各乡镇的不同土壤类型速效钾平均含量为55.3毫克/公斤,1995年大连市土肥站在我市六个乡镇的定位监测化验,常规施肥的土壤速效钾含量为52.3毫克/公斤。从1982至1995年十多年间下降了2.8毫克/公斤,说明了土壤速效钾含量逐年减少。另外由于不断增施氮肥和磷肥,更新作物品种,合理加大种植密度,使各种作物的产量不断提高,而农肥的施用量逐年减少,钾素化肥施用量更少,有的地方甚至根本没有施过钾肥,这样就形成了钾素的投入产出不平衡。可见我市土壤缺钾现象已成定局,已成为影响粮食产量的一大障碍因素,因此必须引起重视。

#### 1.2 钾对作物生长发育的作用

农作物吸收氮、磷、钾三元素是有比例的,据研究每生产100公斤玉米,需吸收氮2.57公斤,五氧化二磷0.86公斤,氧化钾2.14公斤;每生产100公斤水稻需吸收氮2.4公斤,五氧化二磷1.25公斤,氧化钾3.13公斤;每生产100公斤花生需吸收氮3.57公斤,五氧化二磷0.53公斤,氧化钾1.69公斤。这些都说明了作物对氮、磷、钾三要素的吸收是产量形成的必备三因素,三者缺一不可,无非是作物种类不同,吸收三要素的数量不等而已。

钾主要以离子状态存在于作物细胞液或吸附在原生质胶粒表面。钾一旦进入植物体,则处于移动状态,并源源不断地从老叶组织转移到幼嫩组织,这是作物缺钾症状首先出现在老叶上的原因。钾可以促进作物根系生长,增强茎秆活化酶类,促进糖分和淀粉的运输和蛋白质的合成。钾能使作物较好地抗御干旱、霜冻和病虫害,并能改善水果和蔬菜的贮存品质,增加作物抗倒伏能力。钾素供应不足时,植株生长减弱,易感染病害,茎秆破裂易折。

## 2、钾肥在各种作物上的试验研究

为了提高广大农民对钾的认识,掌握施用技术,我们从九十年代初开始对钾肥在不同作物上的试验研究。

### 2.1 试材及方法

- 2.1.1 供试材料:氯化钾:产地为青海、加拿大、独联体;  
硫酸钾:西德产;
- 2.1.2 供试作物:玉米、水稻、大豆、花生、马铃薯;
- 2.1.3 施用方法:各种钾肥均做底肥一次施入。

### 2.2 试验设计

#### 2.2.1 玉米应用青海、加拿大、独联体产氯化钾,共设四个处理:

- 处理一:常规施肥,美国二铵10公斤/亩,追碳酸氢铵80公斤为对照。
  - 处理二:常规施肥,并配合加拿大氯化钾8公斤/亩。
  - 处理三:常规施肥,并配合独联体氯化钾8公斤/亩。
  - 处理四:常规施肥,并配合青海氯化钾8公斤/亩。
- 本试验采用随机排列,三次重复(时间为93,94,95年)

#### 2.2.2 水稻应用氯化钾试验,共设两个处理:

- 处理一:青海产氯化钾10公斤/亩。
  - 处理二:以不施氯化钾为对照。
- 本试验采用随机排列,二次重复。

#### 2.2.3 大豆施用氯化钾试验

- 处理一:美国二铵10公斤/亩(对照)。
  - 处理二:美国二铵10公斤+青海氯化钾10公斤/亩。
  - 处理三:美国二铵10公斤+农肥2000公斤/亩。
  - 处理四:美国二铵10公斤+农肥2000公斤+青海肥氯化钾10公斤/亩。
- 本试验采用随机排列,三次重复。

#### 2.2.4 马铃薯应用氯化钾、硫酸钾试验共设三个处理:

- 处理一:青海产氯化钾5公斤/亩。
  - 处理二:青海产氯化钾7.5公斤/亩。
  - 处理三:进口硫酸钾5公斤/亩。
- 本次试验采用随机排列,二次重复。

#### 2.2.5 花生应用氯化钾、硫酸钾试验共设七个处理:

- 处理一:尿素6.5公斤+过磷酸钙50公斤/亩。
  - 处理二:尿素6.5公斤+过磷酸钙50公斤+硫酸钾6公斤/亩。
  - 处理三:尿素6.5公斤+过磷酸钙50公斤+硫酸钾12公斤/亩。
  - 处理四:尿素6.5公斤+过磷酸钙50公斤+硫酸钾18公斤/亩。
  - 处理五:尿素6.5公斤+过磷酸钙50公斤+氯化钾5公斤/亩。
  - 处理六:尿素6.5公斤+过磷酸钙50公斤+氯化钾10公斤/亩。
  - 处理七:尿素6.5公斤+过磷酸钙50公斤+氯化钾15公斤/亩。
- 本次试验采用随机排列,三次重复。

## 3、试验实施

### 3.1 玉米应用青海、加拿大、独联体产氯化钾试验

设在元台镇后元村三队邹玉发家承包地。该试验田属于中等肥力,棕壤土,经土壤化验,有机质含量为0.939%,含氮量为0.643毫克/公斤,速效磷为7.4毫克/公斤,速效钾为57毫克/公斤。土壤pH值7.5。1993年和1994年,采取了六行区,行距57厘米,株距43厘米,小区面积41.04平方米,1993年4月27日播种,品种为铁单八号,1994年4月23日播种,品种为海单2号。1995年试验区

采取六行区行距 57 厘米，株距 37 厘米，小区面积为 33.6 平方米，4 月 25 日播种，品种为沈单七号。三年试验区，全部采取种衣剂拌种，防治地下害虫、整个生育期间进行三铲二趟，试验田四周设保护行。

### 3.2 水稻应用氯化钾试验

设在泡子乡马沟村马屯蔡玉敏家水田地，试验田施农家肥 1500 公斤，插秧时，施二铵 10 公斤，追施碳酸氢铵 60 公斤，其它管理同常规，每小区面积 10 平方米。

### 3.3 大豆施用氯化钾试验

共安排两个点，第一个点设在泡子乡古泡村皂房屯郭吉云家大豆地，试验田亩施农家肥 2000 公斤，二铵 10 公斤，初花期追尿素 10 公斤，其它管理同常规。每小区面积为 20 平方米；第二点设在花儿山乡花儿山村前花屯高长周家大豆田，品种为 87-5，5 月 23 日播种，行距 57 厘米，穴距 23 厘米，每穴双株，试验小区为三行区，小区面积为 20 平方米，初花期亩追尿素 5 公斤，其它管理同常规。

### 3.4 马铃薯应用氯化钾试验

设在泡子乡西泡村东屯，亩施农肥 3500 公斤，试验小区为 2 行区，行距为 53 厘米，穴距为 33 厘米，小区面积为 5.83 平方米，4 月 7 日播种，品种为克新一号，其它管理同常规。

### 3.5 花生应用钾肥试验

设在唐家房镇塔寺村庙下队张学江家花生地，该试验田地力中上，砂壤土，前茬为玉米，亩施农肥 4000 公斤，做床，床宽 90 厘米，地膜覆盖，5 月 7 日播种，穴距 20 厘米，每穴双株，品种为海花一号，随机排列，三次重复，小区面积为 30 平方米。

## 4、钾肥在各种作物上的效果及经济效益

### 4.1 玉米应用青海、加拿大、独联体产氯化钾试验结果

表 1 和表 2 结果表明，三种氯化钾肥处理比对照增产均达极显著水平。施青海、加拿大、独联体氯化钾肥三年平均比对照每亩增产 57.5 公斤、58.5 公斤、48.7 公斤，增产率分别为 14.1%、14.4%、12%；玉米施用氯化钾可以促进其生长发育，增强其抗逆性，施用氯化钾后，玉米的穗位降低，穗粗、茎粗、百粒重、单株活叶片数增加，秃尖程度降低，其中单株活叶片数比对照增加 1.3-2.0 片，延长了叶片的寿命，增强了光合作用，有利于光合产物的形成与积累，百粒重平均比对照增加 2.3 克。

表 1 玉米田间生育性状调查及室内考种结果（1993、1994 和 1995 年的平均数）

项目处理	株高 (28/7)	穗粗	穗轴粗	穗长	秃尖长	茎粗	活叶数 (个)	百粒重 (克)
	厘米							
CK	288.6	4.94	2.94	19.7	0.56	2.30	4.1	23.7
青海	286.2	4.98	2.98	19.6	0.3	2.34	5.4	26.4
独联体	275.0	5.1	3.0	18.6	0.5	2.31	5.9	26.2
加拿大	281.2	4.92	2.88	19.5	0.4	2.33	6.1	25.5

表 2 1993、1994、1995 三年玉米小区产量平均结果（单位：公斤）

项目处理	三年小区产量平均数			总和	亩产	比对照增加 %
	93 年	94 年	95 年			
CK	28.14	22.8	19.5	70.44	406.2	0
青海	31.90	25.7	22.8	80.40	463.7	14.1
独联体	30.37	25.7	22.2	78.27	454.9	12.0
加拿大	32.68	26.1	21.8	80.58	464.7	14.4

#### 4.2 水稻应用氯化钾试验结果

从表3和表4中可以看山,水稻施用氯化钾能促进水稻生长发育,施用氯化钾处理的每亩有效分蘖为29.6万个,比对照区有效分蘖28.2万个增加1.4万个;有效分蘖率78%,对比照有效分蘖率72%增加6%;结实率为93%,比对照区结实率89%增加4%;每穗成粒数为84粒,比对照区成粒数80粒增加4粒;千粒重也有所增加,平均增加0.5克,为丰产打下了基础。施用氯化钾区平均产量为604.5公斤/亩,比对照561.8公斤增产42.7公斤/亩,增产幅度为7.6%。

表3 水稻产量结果

项目处理	产量(公斤/亩)			增产 (公斤/亩)	增产率 (%)
	重复1	重复2	平均		
施用氯化钾	567.0	642.0	604.5	42.7	7.6
CK	537.0	586.5	561.9		

表4 水稻生育性状调查表

处理	最高分蘖 (万株/亩)	有效分蘖 (万株/亩)	有效分蘖 (%)	株高 (厘米)	穗粒数(个)		结实率 (%)	千粒重 (克)
					成粒	秕粒		
施用氯化钾	38.0	29.6	78	98	84	6	93	25.0
CK	39.4	28.2	72	98	80	12	89	25.0

#### 4.3 大豆应用氯化钾试验结果

表5和表6结果表明,各处理间差异极显著,处理1与处理2间差异达显著水平,处理3与处理4间差异达显著水平,表明施用氯化钾比不施氯化钾增产达显著水平,平均增产20.6公斤/亩,增产率18%;平均单株粒数为66粒,比对照56粒增加10粒,增加18%;百粒重平均为20克,比对照18克增加2克。但应注意播种时与种肥隔离,以防止其对大豆出苗的影响。

表5 大豆产量结果表

项目处理	小区产量(公斤)				亩产 (公斤)
	I	II	III	平均	
处理1	3.00	2.95	3.20	3.05	101.7a
处理2	3.80	3.45	3.75	3.67	122.3b
处理3	3.65	3.80	3.95	3.80	126.7b
处理4	4.30	4.50	4.45	4.42	147.2c

表6 大豆生育性状调查

项目处理	出苗率 (%)	株高 (厘米)	茎粗 (厘米)	单株粒数 (个)	百粒重 (克)
处理1	100	73.0	0.80	56	18
处理2	95.8	74.0	0.81	66	20
处理3	100	73.5	0.81	66	20
处理4	94	75.0	1.00	76	22

#### 4.4 马铃薯应用氯化钾试验结果

从表7中可以看出,在马铃薯栽培中氯化钾可以取代硫酸钾,且马铃薯应用氯化钾与应用硫酸钾相比有增产作用,平均增产187.6公斤/亩,增产率11.6%。



表7 马铃薯产量结果

项目处理	小区产量 (公斤)	亩产 (公斤)	亩增产 (公斤)	+ %
处理1	15.2	1818.8	206.3	12.8
处理2	15.5	1781.3	168.8	10.5
处理3	13.8	1612.5	0	

表8 钾肥对花生生长和产量的影响

处理	单株分枝 数(个)	每穴双果 饱果数(个)	每穴单果 饱果数(个)	百果重 (g)	小区产量 公斤/区	折亩产 (公斤)	增产 (公斤/亩)	增产率 (%)
处理1	9.7	20.75	1.5	205.2	17.3	384.5	0	0
处理2	8.1	54.4	1.0	224.5	18.4	408.9	24.4	6.34
处理3	8.9	54.1	1.0	228.2	20.4	453.4	68.9	19.92
处理4	9.4	22.6	0.5	256.2	21.0	466.7	82.2	21.38
处理5	8.5	22.1	1.8	258.2	18.4	408.9	24.4	6.34
处理6	9.4	25.8	1.3	244.6	19.5	433.4	48.9	12.7
处理7	10.0	22.5	1.2	248.9	21.0	466.7	82.2	21.38

#### 4.5 花生应用钾肥试验结果

从表8中可以看到,花生应用两种钾肥对提高花生产量都有显著作用。但两种钾肥之间无显著差异。施氯化钾15公斤/亩比对照增产82.2公斤/亩,增产幅度为21.38%;施硫酸钾12公斤/亩,比对照增产68.9公斤/亩,增产幅度为19.92%。花生应用钾肥后,增强抗病性,每穴双果数增多,百果重增加19.3~53.0克。

### 3、结论

通过多年来的试验、示范证明:

1. 农作物应用钾肥对提高作物的生长发育都有促进作用,能使根量增大,根毛增多,增加其吸水吸肥能力,能使秸秆坚硬,增强抗倒伏能力,同时还能减轻病害,延长叶片功能,增强光合作用,有利于光合产物的形成与积累。

2. 农作物应用钾肥都提高作物产量和经济效益,应用氯化钾玉米平均增产13.3%,水稻平均增产7.6%,大豆平均增产12.8%,花生应用氯化钾或硫酸钾平均增产14.7%。每亩纯增经济效益玉米为41元,水稻为54元,大豆为48元,花生为63元。

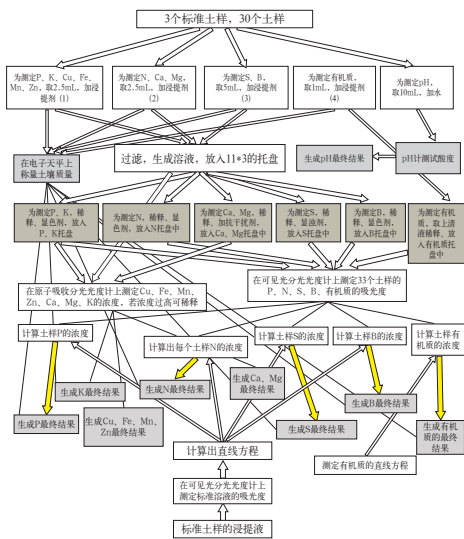
3. 各种钾肥在不同作物上施用技术

每亩施用氯化钾;玉米为8-10公斤做底肥施入;水稻用10-15公斤为宜,做铺肥施入;大豆用10公斤,花生用10-15公斤或硫酸钾12-18公斤,做底肥施入。

钾肥的应用对提高我市粮食产量起到了重大作用。研究钾肥作用的目的是推广钾肥施用,为普兰店市粮食生产再上一个新台阶做出新的贡献。

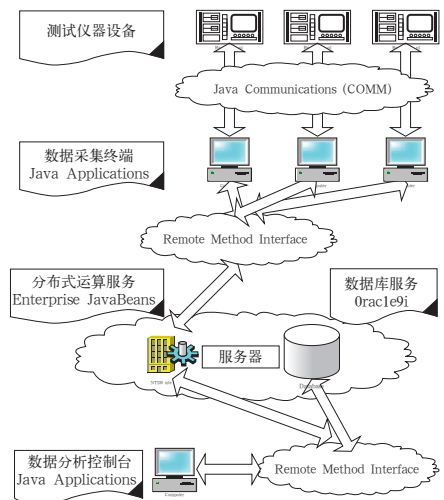
# ASI 方法的实验数据采集与分析技术

中一加合作实验室土壤植株测试流程图



中一加合作土壤植株测试实验室采用ASI技术,采用联合浸提剂、批量化处理和测试数据的自动采集,在数据采集与分析技术方面努力与世界同类技术同步,真正实现了实验数据采集与分析的智能化与网络化管理。中一加合作土壤植株测试实验室的土壤样品遍布全国,各地用送样单通过网络传到实验室,实验室分析测试采用数据采集终端与服务器相连,数据分析控制台将分析结果做数据处理,并通过网络发布给用户测试结果和施肥推荐意见。

《实验数据采集与分析系统》逻辑关系图



## 数据采集与分析系统工作流程描述

1. 土壤样品信息采集送样单
2. 多台土壤样品测试数据采集终端完成数据采集与发送;
3. 数据分析控制台, 监控过程与分析数据, 并为用户提供测试结果与施肥推荐。
4. 所有测试过程数据都随时保存在数据库服务器中。

测试数据采集终端

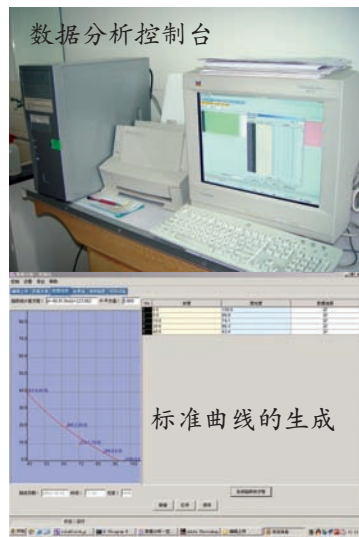


土壤 pH 值采集终端



数据采集终端: 将计算机串口 (RS232 接口) 与土壤测试仪器的输出端口连接, 使测试数据直接在计算机中读出。

数据分析控制台



数据分析控制台: 1. 监控土壤样品测试全过程并随时进行数据分析, 2. 允许专家修改参数, 3. 提供数据服务检索与查询。