

BETTER CROPS CHINA 2005年5月(总第14期)

# 高效施肥



## 本期内容

黑麦草平衡施肥；澄清洋葱氮需求  
利津县的粮棉瓜菜；湖南的名贵药材  
蔬菜产量和品质；有机农业的肥料  
土壤测定诊断工具；云南坡耕地潜力  
钾与微量元素和小站稻；番茄、黄瓜和  
茄子试验；内蒙古栗钙土的胡萝卜





# 高效施肥 2005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 (14)	1
一年生黑麦草的平衡施肥技术研究	3
洋葱对氯的需求—澄清一个较为普遍的误解	8
利津县粮棉及瓜菜作物科学施肥研究	10
湖南省名贵药材高产平衡施肥技术研究	14
平衡施肥对蔬菜产量和品质的影响	17
有机农业中肥料使用的排它性-它有何优越性?	21
土壤测定——一个已被证实的诊断工具	25
云南坡耕地生产潜力的挖掘	30
钾与微量元素配合施用对小站稻产量和品质的影响	38
番茄、黄瓜和茄子平衡施用钾肥试验与示范推广	41
内蒙古栗钙土施氮磷钾肥对胡萝卜产量和肥料利用率的影响	46

### 《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 [jyjin@ppi-ppic.org](mailto:jyjin@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.caas.ac.cn](mailto:mzliang@ppi.caas.ac.cn)

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

T.L. Roberts, Senior Vice President, PPI/PPIC,  
International Program Coordinator

A.M. Johnston, President, PPIC

### 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

David W. Dibb, President and Ex Officio Member  
of the Board

Michael M. Wilson, Agrium Inc.

Robert P. Jornayvaz, III, Intrepid Mining, LLC Jack  
Gale, Yara

### 行政办公室 - Norcross, Georgia, 美国

D.W. Dibb, President, PPI

T.L. Roberts, Senior Vice President, PPI/PPIC

### 北美项目总部 - Brookings, South Dakota, 美国

P.E. Fixen, Senior Vice President, PPI, North  
American 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.

Yara International

Intrepid Mining, LLC

Mosaic

PotashCorp

Simplot



Canpotex Balanced fertilization Report 14: The role of soil  
testing and balanced fertilizer recommendation in  
sustainable development of crop production in China

—by Jin Jiyun

(PPI/PPIC Beijing Office, China)

This paper describes the importance of soil and fertilizer in agricultural production and the great attention that has recently been paid by the government of China to improve soil fertility and fertilizer recommendations. Soil nutrient management and rational fertilizer application is one of the key measures in sustainable agriculture. Research demonstrates that comprehensive systemic evaluation of soil nutrients and balanced fertilization not only improved crop yield and quality, but reduced adverse effects on the environment.

# 加拿大钾肥公司在中国的平衡施肥示范项目报告 (14)

## ——测土配方平衡施肥与种植业持续发展

金继运

PPI/PPIC中国项目部, 北京



万物土中生, 土壤是作物生产最重要的自然资源, 庄稼是枝花, 全靠肥当家, 肥料是作物生产最重要的物质基础。早在建国之初, 毛主席在充分调查了解和广泛征求科学家意见的基础上, 亲自主持制定了《农业八字宪法》(“土、肥、水、种、密、保、管、工”), 将“土”和“肥”两大资源放在首要位置, 并多次强调: 土壤是农业的基础, 肥料是作物的粮食。充分显示了土壤和肥料工作在农业生产中的重要地位。

我国人多地少, 充分利用和保护好我国有限的耕地资源, 高效利用一切可以利用的有机和无机肥料资源, 是关系到我国粮食安全和农业可持续发展的重大政策和科学问题。中国政府历来重视土壤肥料工作, 2004年12月31日中共中央国务院《关于进一步加强农村工作提高农业综合生产能力若干政策的意见》中明确提出: 要“坚决实行最严格的耕地保护制度, 切实提高耕地质量”, 要“努力培肥地力...要较大幅度增加农业综合开发投入, 新增资金主要安排在粮食主产区集中用于中低产田改造, 建设高标准基本农田。搞好‘沃土工程’建设, 增加投入, 加大土壤肥力调查和监测工作力度, 尽快建立全国耕地质量动态监测和预警系统, 为农民科学种田提供指导和服务。改革传统耕作方法, 发展保护性耕作。推广测土配方施肥, 推行有机肥综合利用与无害化处理, 引导农民多施农家肥, 增加土壤有机质。”

肥料是作物生产各项物资投入占比例最大的一项, 增产效益也最为明显。有机肥和化肥都是重要的养分资源, 有机肥合理应用是农业生态系统中养分循环的重要环节; 而化肥的投入是增加该系统养分和能量循环强度以提高农业生产力的根本保证。国内外农业生产实践和科学研究均证明, 有机肥和化肥合理施用是农业可持续发展的重要保障, 在作物高产优质高效生产中发挥着重要作用。肥料的合理使用可以明显的提高土壤肥力和生产力, 改善农产品品质和环境质量。但是, 有机和无机肥料资源的不科学管理和使用则引起了农业生产效益、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使用是农业可持续发展的关键之一。

实现平衡施肥的关键是对土壤养分状况和作物需肥规律的充分了解。因此, 通过测土配方施肥是实现平衡施肥的关键。了解土壤养分状况, 是进行定量化养分管理的关键, 几十年的科学研究、生产实践证明, 没有切实可行的土壤养分测试方法, 就难以进行有效的土壤养分管理和平衡施肥。中国农业科学院土壤肥料研究所与加拿大钾磷研究所(PPI/PPIC)合作引进开发的“土壤养分状况系统研究和系列化测试方法”是目前国内最先进和完善的土壤养分管理和推荐施肥的科学手段之一。相应成果获得1996年农业部科学技术进步二等奖、1999年获国家科学技术进步三等奖。目前正在有关科技攻关项目和大规模农业科技开发项目中应用, 在更大的范围内推广。



根据土壤养分综合系统评价法和平衡施肥技术提供的施肥推荐在大部分地区适当减少氮素投入，增加磷钾肥和中、微量元素的施用，使各种营养元素的供应均衡合理，提高了作物产量和品质，减少了过量施肥造成的浪费和对环境的不良影响。田间试验和示范的结果均进一步验证了土壤养分综合系统评价法用于推荐施肥的可靠性。田间试验和示范的结果又输入相应的数据库，进一步验证和修改作物施肥模型，完善测土推荐施肥咨询服务系统。

该项成果已成功的用于指导作物专用肥的生产，通过作物专用肥把科学技术与物资一同送到农民手中，在不增加投入的情况下，通过调整肥料配比，实现高产高效平衡施肥，提高肥料利用率，防止不合理施肥对产品质量和环境的不良影响。

土壤养分综合系统评价方法的形成、发展、完善和在推荐施肥中的成功运用是土壤肥力研究和施肥科学的一大进步，在土壤肥力研究、土壤养分限制因子的检测、作物专用肥生产、土壤生产力和承载力评价、土壤资源评价、土壤环境保护及高产优质高效农业生产体系等方面，均有广泛的应用前景。

实现平衡施肥还要大力加强土壤肥力和肥料效益演变监测等基础性工作，规范土壤肥料测试方法，建立国家标准，加强土壤肥料技术推广工作，加大中央和地方政府对土壤肥料工作的投入，鼓励企业开展农化服务工作，逐步探索和建立适合我国国情的测土配方施肥的运行模式，建立土壤培肥和科学施肥的长效机制。



## Balanced fertilization for annual ryegrass

—by Qin Yusheng, Tu Shihua, Feng Wenqiang, Sun Xifa, Liao  
Minglan

(SFI, Sichuan Academy of Agricultural Sciences)

Field experiments on annual ryegrass in Sichuan showed that rational application of N, P and K increase yield and quality of ryegrass. According to this study, 8-4-3 kg/mu of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O can be the optimal application rate for ryegrass grown on the Sichuan plain.



## 一年生黑麦草的平衡施肥技术研究

秦鱼生 涂仕华 冯文强 孙锡发 廖鸣兰

四川省农业科学院土壤肥料研究所 成都 610066



**摘要:** 人工牧草的种植是近年来我国农业种植业结构调整的方向,然而长期以来,关于人工牧草种植的施肥技术研究相对缺乏。本文在四川盆地人工牧草种植的主产区,通过田间试验研究了平衡施肥对一年生黑麦草产量、品质的影响,为实现人工牧草种植的高产、优质提供科学的依据。结果表明,氮、磷、钾肥的合理施用能显著提高一年生黑麦草的产量,其增产效果以施氮>施钾>施磷。氮、钾肥的施用对一年生黑麦草品质的影响明显。综合各处理的增产、提质以及多收效果,以8-4-3公斤/亩  $N-P_2O_5-K_2O$  可以作为川西平原黑麦草施肥的最佳方案。

**关键词:** 一年生黑麦草; 平衡施肥; 产量; 品质

黑麦草(*Lolium multiflorum*)属禾本科黑麦草属植物,原产于欧洲南部、非洲北部及小亚西亚等地区,为目前世界上栽培最多的禾本科牧草品种之一,现已广泛分布于世界的温带地区,中国主要在长江流域及其以南的高海拔山区栽培,如云贵高原。黑麦草有一年生和多年生两类,一年生黑麦草又称意大利黑麦草或多花黑麦草。它质地柔软、适口性好、营养丰富,适宜于喂养牛、羊、猪、兔、鸭、鹅、鱼、鸵鸟等各种动物。黑麦草对环境适应性较强,对土壤条件要求不严格,最适于排灌方便、肥沃而湿润的粘土和粘壤土中生长,在干旱瘠薄沙土地生长不良。我省自1979年引入冬牧70黑麦草以来,已经取得了良好的经济效益和社会效益,2002年全省黑麦草种植面积占人工牧草种植面积的45%以上。黑麦草在四川省的种植模式有“黑麦草-水稻”草田轮作(IRR);黑麦草-果树间作;黑麦草-饲用玉米轮作等,其中以IRR为主。“黑麦草-水稻”草田轮作利用我省冬闲田每年种植一季黑麦草不仅可以充分利用耕地资源和农区优越的自然资源,为冬、春季畜禽生产提供大量优质青饲料,促进畜牧业的发展,而且还可以改善土壤结构,提高土壤肥力,增加后作早稻或晚稻的产量。

但是,由于四川省人工种草养畜、禽的发展历史较短,关于黑麦草施肥方面的研究缺乏,可借鉴的成熟的施肥技术较少,导致种植户在施肥上的盲目性。目前,黑麦草普遍只施用尿素和农家肥,有的地方甚至只施用农家肥。施肥的盲目性既浪费了肥料资源,污染了环境,又降低了牧草的品质和农民的生产效益,严重影响了我省由“二元农业结构”向“三元农业结构”的调整。因此,我们从2002年起开展了“黑麦草-水稻”草田轮作下黑麦草的平衡施肥研究,旨在探索黑麦草的科学施肥技术,促进我省畜牧业的蓬勃发展。



## 1. 材料与方 法

试验于2002年10月下旬布置在四川省彭州市红岩镇桂井村一社农场。土壤类型为水稻土,质地为壤土。土壤的养分状况为,土壤有机质(OM)含量2.21%,速效氮262.4毫克/公斤,速效磷20.5毫克/公斤,速效钾70.4毫克/公斤,土壤肥力属中等类型。试验所施用的氮磷钾肥分别为尿素、磷酸一铵和氯化钾,所有小区除设计的肥料外,不施用其它的肥料(包括有机肥)。

表1.不同处理的氮磷钾养分施用量 (单位:公斤/亩)

试验处理	各处理的养分用量		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
无肥	0	0	0
OPT-N	0	4	3
OPT-1/2N	4	4	3
OPT	8	4	3
OPT+1/2N	12	4	3
OPT-P	8	0	3
OPT-1/2P	8	2	3
OPT+1/2P	8	6	3
OPT-K	8	4	0
OPT+K	8	4	6

2003年的试验共设10个处理,三次重复,处理设计和养分情况见表1,随机区组排列,小区面积为13.2平方米。试验所用的磷、钾肥作底肥在播种时一次施入,氮肥的底肥占总氮量的40%,每次刈割后一周追施试验设计总氮量的30%(共刈割3次),刈割时留茬5厘米。试验作物为“特高”一年生多花黑麦草,采用撒播,播种量为45公斤/公顷,每小区的播种量一致。

## 2. 结果与分析

### 2.1 氮、磷、钾肥对一年生黑麦草鲜草产量的影响

氮、磷、钾平衡施肥处理(OPT)与减氮处理(OPT-N)、减磷处理(OPT-P)、减钾处理(OPT-K)相比均显著增加了一年生黑麦草的鲜草产量,其中OPT-N处理减产1445.7公斤/亩,OPT-P处理减产789.2公斤/亩,OPT-K处理减产808.1公斤,施肥的增产效果以施氮>施钾>施磷。

一年生黑麦草的鲜草产量随试验设计中施氮水平的提高而增加,OPT-1/2N处理与OPT处理相比较鲜草产量显著降低,减产20.9%;OPT+1/2N处理比OPT处理增产5.7%,但两者差异不显著。鲜草产量与施磷量间有正的直线相关性,鲜草产量为OPT+1/2P>OPT>OPT-1/2P,与OPT处理相比,OPT+1/2P增产4.6%,OPT-1/2P减产7.2%,但统计显示三者间差异不显

著。施钾是黑麦草高产的重要因素，试验显示 OPT-K 处理比 OPT 处理减产 22.6%，鲜草减产达显著水平，而在 OPT 基础上增加 1 倍的钾肥用量鲜草产量增加 4.6%，但增产幅度不显著。

表 2. 氮、磷、钾肥的施用对一年生黑麦草鲜草产量的影响

处 理	鲜草产量 (公斤/亩)	显著性检验 (Duncan 法)		增 (减) 产	
		5%	1%	公斤/亩	%
无肥	1565.66	c	E	-2007.59	-56.18
OPT-N	2127.54	c	DE	-1445.71	-40.46
OPT-1/2N	2828.30	b	BCD	-744.95	-20.85
OPT	3573.25	a	ABC	-	-
OPT+1/2N	3775.27	a	A	+202.02	+5.65
OPT-P	2784.10	b	CD	-789.15	-22.08
OPT-1/2P	3314.41	ab	ABC	-258.84	-7.24
OPT+1/2P	3737.39	a	AB	+164.14	+4.59
OPT-K	2765.17	b	CD	-808.08	-22.61
OPT+K	3737.39	a	AB	+164.14	+4.59

## 2.2 氮、磷、钾肥对一年生黑麦草的品质的影响

施肥对一年生黑麦草干草产量的影响与对鲜草产量影响大致相同，但 OPT+1/2N、OPT+1/2P 和 OPT+K 三个处理的干草产量与 OPT 处理相比反而降低，这与鲜草产量的结果完全相反。说明黑麦草干物质的累积，并不是氮、磷、钾肥的用量越多越好，任一养分过量都会导致干物质质量显著下降。在该试验条件下，亩施 N 8 公斤、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4 公斤和 K<sub>2</sub>O 3 公斤能够保证黑麦草获得较高的干草产 (表 3)。

表 3. 氮、磷、钾肥的施用对一年生黑麦草品质的影响

处 理	干草 (公斤/亩)	粗蛋白 (%)	粗纤维 (%)	干物质硝态氮
				含量(%)
无肥	450.4	6.73	16.27	0.036
OPT-N	574.0	7.83	16.82	0.046
OPT-1/2N	736.5	7.90	16.34	0.042
OPT	846.5	9.02	18.95	0.049
OPT+1/2N	750.9	12.53	19.87	0.059
OPT-P	605.5	10.65	20.64	0.052
OPT-1/2P	733.1	11.42	18.14	0.050
OPT+1/2P	789.3	9.93	18.10	0.057
OPT-K	577.1	7.94	19.78	0.055
OPT+K	846.1	9.53	20.41	0.054





图片所示：一年生黑麦草施钾与不施钾生长状况有明显差别

Ryan和Gillinham等认为，饲料作物中硝态氮含量超过0.15%（干物质中）时具有潜在危险。本试验所有处理的干物质硝态氮含量都在0.036%~0.060%范围内，远低于0.15%的危险临界值。氮肥对黑麦草的硝态氮含量影响较大，无肥处理的硝态氮含量最低，随施氮水平的提高硝态氮含量逐渐增加，OPT+1/2N处理达到最高（0.059%）。粗蛋白（CP）、粗纤维（CF）是评价牧草饲用价值的重要指标。表3的品质分析结果表明，氮、磷、钾肥的施用量与CP间有较好的相关性。随着施氮水平的提高而黑麦草的CP值升高，OPT+1/2N处理的CP比无肥处理增加了100%，而OPT-K处理的CP值只有OPT的85%左右。因此，合理调控氮、钾肥的施用比例能很好地改善一年生黑麦草的饲用品质。

### 2.3 一年生黑麦草的种植效益分析

表4.氮、磷、钾肥的施用对一年生黑麦草经济效益的比较

处 理	成本(元/亩)			产值 (元/亩)	利润 (元/亩)	增收	
	肥料	其它	合计			元/亩	%
无肥	0.0	320	320.0	407.1	87.1	-483.0	-84.7
OPT-N	17.7	320	337.7	553.2	215.5	-354.6	-62.2
OPT-1/2N	26.8	320	346.8	735.4	388.6	-181.5	-31.8
OPT	39.0	320	359.0	929.0	570.1	-	-
OPT+1/2N	51.1	320	371.1	981.6	610.4	+40.3	+7.1
OPT-P	31.1	320	351.1	723.9	372.8	-197.3	-34.6
OPT-1/2P	35.1	320	355.1	861.7	506.6	-63.5	-11.1
OPT+1/2P	43.0	320	363.0	971.7	608.8	+38.7	+6.8
OPT-K	32.2	320	352.2	718.9	366.7	-203.4	-35.7
OPT+K	45.7	320	365.7	971.7	606.0	+35.9	+6.3

备注：肥料价格：尿素1.40元/公斤，磷酸一铵1.2元/公斤，氯化钾1.35元/公斤，种子、租地、劳力等费用320元/亩。

四川省农民种植黑麦草以自用（喂牛、羊、猪、鱼等）和销售给养殖场相结合。在经济效益上，以OPT+1/2N处理最高，每亩纯收入为610元，比OPT处理增收40元/亩，无肥处理最低，仅收入87元/亩。OPT+1/2P、OPT+K两处理分别比OPT处理增收38.7元和35.9元，其余处理比OPT处理减收幅度为63.5~483.0元/亩。



图片所示：一年生黑麦草施钾肥田间对比试验  
(左侧为不施钾，右侧为施钾)

### 3.结论

氮、磷、钾的合理施用能显著提高黑麦草产量和品质。三种元素的增产效应依次为氮>钾>磷，粗蛋白含量随氮、钾施用水平的提高而提高。亩施8-4-3公斤N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O可以作为川西平原同类土壤上黑麦草合理施肥的参考方案，其他地区和土壤类型的施肥方案正在研究中。

#### 参考文献

- 1.丁成龙,顾洪如,辛红霞等.特高多花黑麦草的生长适应性及物质积累动态研究[J],中国草地,2001,23(5):31-34.
- 2.潘永年.一年生黑麦草的氮肥增产效益[J].草业科学,1989,8(2):55-57.
- 3.辛国荣,杨中艺,徐亚幸.黑麦草-水稻草田轮作系统的研究V.稻田冬种黑麦草的优质高产栽培技术[J].草业学报,2000,9(2):17-23.
- 4.李元华,曾洪光.适合四川省的牧草种植模式与技术[J].养殖技术顾问,.2002,9:14-15.



# Chloride requirements in Onion: Clarifying a widespread misunderstanding

—By William M. Randle

(Chinese translation, translated by Xie Ling and Tu Shihua)

Chloride (Cl) is a misunderstood nutrient. Recent studies in Georgia have found that onions require higher levels of Cl than previously thought. The reason is related to the function of stomates, which regulate the movement of gases in and out of plant leaves.

美国乔治亚州

## 洋葱对氯的需求—澄清一个较为普遍的误解

William M. Randle 著

氯(Cl)是一个被人误解的营养元素。近来美国乔治亚州的研究发现洋葱对氯的需求量远比以前人们所认为的高得多。其原因是氯与调节植物叶片上空气进出的气孔运动有关。

对大多数作物而言,氯是一种必需的微量元素,但当它浓度很高时又有毒性。现在已经对小麦、大麦、玉米和高粱的需氯量做了大量研究,表明植株体内氯的充足含量范围为0.15-0.40%。与南乔治亚州的烟农们谈要他们在烟田施入大量的氯时,你可能会发现他们对你的热情顿消,他们对施氯的话题毫无兴趣。烟草的燃烧性受氯含量的影响.....它甚至是对中等含量的氯都相当敏感,这是烟农们谁都知道的。

然而,烟草在乔治亚州东南部并不是作物之王,洋葱才是。这里是著名的“维达利亚”洋葱的故乡。生长在滨海平原砂性土壤上的这些洋葱以其香甜的口味享誉全球。我们观察到洋葱的高钾(K)含量常常伴随着其高糖水平,而好品质的球茎所占比例与较高的磷(P)营养有关。

洋葱同样对氯的需求量也很大,这一点不被众人所知。问题在于许多洋葱种植者们也种烟草,他们担心土壤中氯含量增高会对烟草产生不良影响。

乔治亚州大学的初步研究表明洋葱不仅可以适应高水平的氯,而且实际上它还需要高含量的氯以获得最佳产量和品质。我们研究小组的几个试验都表明当氯的供给量达到很高.....在养分溶液中为500ppm时.....,氯是洋葱营养中位于氮(N)、磷(P)、钾(K)之后的第四种植物必需元素。图1说明了这些养分的相对吸收量。其结果使那些认为植物只需要吸收一少部分氯的人大为吃惊。

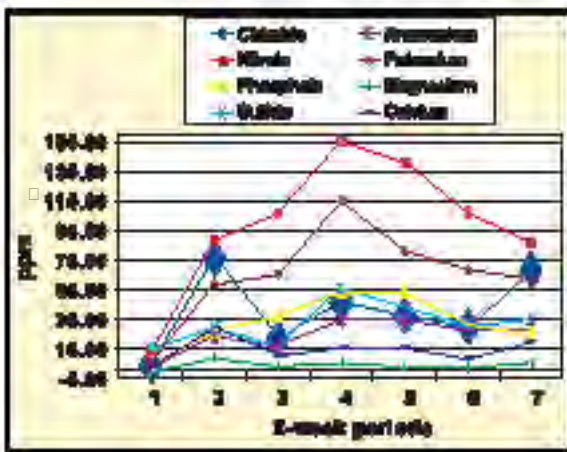


图1洋葱在生长期、球茎发育期和成熟期对几种养分的利用情况。其中氯的利用被突出。



叶片圆形气孔有肾状保卫细胞围绕在周围。在洋葱中, K<sup>+</sup> 和 Cl<sup>-</sup> 离子调控着这些气孔的张开与关闭。



洋葱需要高量的氯可能是与植物的气孔有关。气孔是长在叶面上的器官,用于调节叶片空气的进出。有一种名叫保卫细胞的特殊细胞,通过膨胀或收缩来打开或关闭气孔,从而调节空气进、出植物体。在大多数的植物中, $K^+$ 离子进与出保卫细胞导致气孔的开与关(见上图)

带正电荷的阳离子 $K^+$ 需要一个带负电荷的阴离子来平衡,通常是苹果酸,它由淀粉分解而来。洋葱不含淀粉,因此它产生了另一种不同的机制,用阴离子 $Cl^-$ 来平衡阳离子 $K^+$ 的流入。明白了这一点,你就会明白种植洋葱为什么会需要大量的氯。遗憾的是,洋葱基地的农户们并不都知道洋葱对氯的高需求量。一些人常讲洋葱对氯很敏感。但是根据我们的初步的研究,情况不是这样。

人们忽略或避免洋葱施用氯肥,也和对氯与钠的另一个误解相关。在俄勒冈州、密歇根州、纽约、乔治亚州、德克萨斯州和加利福尼亚州,目前的施肥推荐中没有氯。如果维持洋葱中的低氯含量,保卫细胞的功能就会减弱,从而会导致洋葱生长异常,包括光合作用降低(可能导致减产)和蒸腾减少。减少蒸腾会导致水分输导受阻,增加叶片病害。对商业化种植的洋葱田间观察和分析表明,低含氯量与高发病率相关。提高含氯水平减少了几种牧草和马铃薯发病的严重程度。尤其是它减少了目前梨的叶枯病。



在南乔治亚州对洋葱田间施入  $22.4 \text{ kg Cl / ha}$  后的效果。通过灌溉施入氯肥后的叶片更健康,呈深绿色。

目前在乔治亚州种植洋葱之前都会对土壤的氯含量进行测定。大多数结果表明土壤中可提取氯不超过  $6.7 \text{ kg/ha}$ , 这是分析中的检测低限。为了评估施氯对土壤肥力的影响,我们建立了几个研究区域。上面的照片中可以看出添加  $22.4 \text{ kg Cl / ha}$  后的效果。照片前面部分的洋葱通过灌水施用氯肥后比照片后面部分的洋葱颜色更绿。同时我们还正在测定施氯对这两个区域洋葱产量和品质的影响。随着我们对氯研究的深入,洋葱的氯肥施用量可能还会增加。

总而言之,我们对洋葱氯营养的研究刚刚开始。初步的研究表明在乔治亚州增施氯肥可提高洋葱的产量。我们目前的研究是探索氯对“维达利亚”洋葱的产量及辣味的影响,氯对病害的抑制作用,在生长后期施钾对糖分含量、洋葱品质及对钙吸收和利用的影响。在其它洋葱种植区域,也应考虑测定土壤中氯的含量,并以此确定氯肥的施用量。

Randle 博士是乔治亚州园艺系的教授,他的 e-mail:wrandle@arches.uga.edu

(原文自《Better Crops with Plant Food》2004, No.4, 10-11. 谢玲译,涂仕华校)

Scientific fertilization for grain crops, cotton and vegetables  
in Lijin county, Shandong Province

—by Fu Minzong

(Agricultural Bureau of Lijin county, Shandong Province)

This article presents the author's experiences in fertilizer application based on his many years' of fertilizer research and give advice for fertilizer application on grain crops, cotton, melon and vegetables.

## 利津县粮棉及瓜菜作物科学施肥研究

付敏宗

(山东省利津县农业局 邮编: 257400)



我县农业开发工作,抓住了水,抓实了良种,抓紧了病虫草害的防治。推广了一些农业新技术,取得了很大成绩。然而,中低产田的改造进展不快,效益不很高。农作物单产,除水稻尚可外,与兄弟单位相比,都还处于中低产阶段。经过调查研究,我们认为关键是“水、土”这个基础没有给予应有的重视,突出表现在粮棉作物栽培中对农家肥的使用和化肥使用中的定量配方施肥、氮磷钾平衡施肥、适期施肥等四个方面,这四个方面是中产变高产和高产稳产的重要因素,只有弄清理论,应用实践将会对我县农业发展产生深远的影响。

随着1993年以来我县农业生产结构的调整,我县瓜菜面积发展较快,2003年全县瓜菜面积达到14.8万亩,占全县耕地面积的20%,产值达到3.6亿元,瓜菜已成为我县农业支柱产业。瓜菜科学施肥小结,总结了笔者自1993年以来在瓜菜生产技术指导实践中发现和解决的一些关键性技术措施,这些技术措施,对于瓜菜产品的高产优质和保护设施的持续利用和可持续发展,减少化肥浪费,节约栽培成本等具有重要意义,将对我县瓜菜生产起到巨大的推动作用。

### 一、必须重视农家肥的积造与使用

农家肥含有化肥所不可替代的有机质。能改良土壤理化性状,增强保肥保水能力;它还是土壤中钾和微量元素的重要补给源。按每亩施用农家肥两吨计算,合计氮磷钾折纯达22公斤,相当于每亩施用硫酸铵30公斤,标准磷肥25公斤,硫酸钾24公斤。同时,还给分解化学农药残留的土壤微生物提供了能量。

我县新开发的土地,深耕改善了土壤的物理条件,有利于有机质和矿物质的风化分解,它们又多坐落在人少地多的村庄,如果不采取增加农家肥的投入,实行秸秆还田,轮作绿肥等措施,势必步入“一年高、二年平、三年减、四年低、五年撂荒”的黄河新淤地开发史上的“怪圈”。

我县棉田多为盐碱沙薄地,棉花茬残留有机物质少,农家肥投入上又重粮轻棉。1981年到1991年十年间棉田土壤有机质含量改善不大。据1990年我县58个点土样化验统计,平均有机质0.76%,小于1.0%的点占84.5%;1991年小于1.0%的点仍占80%以上。日益普及的地膜覆盖技术又增加了土壤有机质的消耗,长此以往,将会威胁到棉花的高产稳产,必须引起我们的高度重视。

### 二、氮磷配方施肥必须定量配比

作物吸收氮磷钾养分,既有比例上的要求,又有量的标准,这是模式化栽培管理中的施肥



原理。我县棉花、大豆、花生产量上不去，就是吃了没数的亏。

我县棉田基肥一般是农家肥和每亩施用碳酸氢铵、过磷酸钙各 50 公斤，高产栽培时磷有余氮不足，必须再追施氮肥；否则，氮肥仅能满足每亩生产 50 公斤皮棉的指标。而我们大部分棉田根本不追肥，高产的村追了肥，低产村的高产户孟家村的郭吉英每亩追施尿素 15 公斤，单产籽棉达到了 300 公斤；北码一村的付竹林每亩追施尿素 10 公斤，单产籽棉达到了 250 公斤。棉田低产变高产阶段追肥宜早不宜迟，以蕾期追施为宜。1994 年笔者在前刘乡小刘家庄村指导全村 350 亩棉花生产，推广应用科学施肥和综合防治棉铃虫技术，使一个原来的低产村，1994 年全村单产籽棉达到 250 公斤，比全县平均籽棉单产 75 公斤提高 175 公斤，全村增收 36 万元。

大豆、花生等豆科作物低产，与认为豆科作物能提高土壤含氮量，片面强调以磷促氮，不施氮肥这是造成我县大豆、花生低产的重要原因。豆科作物只有做绿肥翻压还田才能增加土壤含氮量；取走其籽粒、秸秆时，豆科作物所需氮肥的 1/3 要取自土壤。胶东在花生生产上突破单产 400 公斤，基肥中农家肥配合氮磷钾化肥，花期追施氮肥，改善幼苗期的“氮素饥饿”和花期的缺氮是很重要的基础条件。我县褚家村推广的夏大豆花期追肥技术，充分利用麦茬余磷，于大豆花期每亩追施碳酸氢铵 25-40 公斤，全村单产过 175 公斤，有的超过 200 公斤。如果再酌施基肥改善苗期的“氮素饥饿”，大豆生产有望跟上省内栽培的发达水平。根据我国肥料专家陈伦寿、李仁岗主编的《农田施肥原理与实践》，现将我县主要农作物形成百公斤经济产量所需氮磷钾养分数列表于下，供同志们在生产中参考。

主要作物形成百公斤经济产量所需氮磷钾养分数表 单位：公斤

作物	收获物	从土壤中吸取氮、磷、钾的数量			参考产量 (亩)
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
冬小麦	籽粒	3.00	1.25	2.50	500
玉米	籽粒	2.57	0.86	2.14	600
水稻	稻谷	2.1	1.25	3.13	650
大豆	豆粒	7.20	1.80	4.00	200
花生	荚果	6.80	1.30	3.80	400
棉花	籽棉	5.00	1.80	4.00	300

注：1) 包括相应的茎、叶等营养器官的养分数量；2) 大豆、花生等豆科作物从土壤中吸取其所需氮素的 1/3 左右。

### 三、高产开发中要注意投入产出的平衡

目前最突出的是施用钾肥。利津县 1990 年每亩施用化肥折纯量为 29 公斤，已超过 1981 年一些发达国家的水平，接近当时化肥施用量最多的西德的 31.4 公斤，实现了农家肥为主到农家肥化肥并重的阶段性转变。但是，化肥施用的比例氮：磷：钾，我县 1990 年为 1：0.54：

0.0046, 1981年西德为1:0.54:0.74, 美国为1:0.46:0.53。

钾肥少的弊端已在高产棉田和吨粮田中暴露出来:店子乡北朱村东南的棉田因缺钾引致红叶茎枯病大发生于1991年改茬。其耕层速效钾含量由1990年夏的133毫克/公斤降低到1991年秋的88.5毫克/公斤,不到两年降低了44.4毫克/公斤,根据这个结果,我县高产棉田需每亩施用硫酸钾15公斤。北岭乡吨粮田因缺钾作物有机营养运输受阻,玉米穗子顶端籽粒发育不良、秕瘪引起的玉米大面积秃尖现象,造成减产;据孟南方监测,耕层速效钾由开发初1988年的268毫克/公斤降至1990年夏的144.5毫克/公斤,平均每年下降61.75毫克/公斤,高产田速效钾须在150毫克/公斤以上,低于150毫克/公斤,再不施钾肥,就会出现缺钾。由这一结果计算,我县吨粮田须在玉米上每亩施用硫酸钾37公斤。自1998年以来,我们在北岭乡、陈庄镇等地的麦田,于五一前后出现缺钾性干叶到达旗叶的土壤严重缺钾现象,我们必须正视钾肥使用问题。

随着钾肥的使用,作物产量的提高,今后还会出现中微量元素肥料使用的问题。

#### 四、科学适期施肥

为了提高肥料的增产效益,一般在作物需肥的关键时期,如营养临界期和肥料最大效率期追肥效果较好。玉米的氮肥最大效率期在大喇叭口至抽雄期;冬小麦在起身拔节期;棉花在花铃期。但生产中却存在种种不合理的施肥习惯,冬小麦的起身拔节期,我县在3月下旬,可高产田却沿袭了低产开发时的追返青肥的习惯,时间是二月下旬,这样促进了基部茎节的旺长,不利于提高抗倒伏能力,影响穗大粒多。棉花底肥充足,高产田追肥应放在开花前使用。由于部分群众对小喇叭口期、大喇叭口期弄不明白,许多人把玉米雌穗吐丝作为大喇叭口期,追肥偏晚,穗行数少,穗子小是玉米低产田上不去的关键。

#### 五、瓜菜科学施肥小结

1、西红柿、大白菜应注意钙肥的使用。基肥中磷肥以过磷酸钙为好,使用磷酸二铵,应配合使用钙肥。西红柿脐腐病、大白菜“串皮干”(干烧心),都是因缺钙引起的生理病害,一旦发病即失去商品价值。基肥使用过磷酸钙,一肥两用,可起到预防西红柿脐腐病、大白菜干烧心的作用。使用方法,过磷酸钙每亩施用50—100公斤;叶面追肥可使用100公斤水兑1公斤过磷酸钙,取上清液叶面喷雾,7—10天一次。

2、阳畦韭菜、芹菜生产中要注意氮磷钾配合使用。韭菜干尖、芹菜坐莛都是缺钾引起的,在注意氮磷钾配合使用后,即可提高品质又能提高产量。钾肥无论是做基肥还是追肥,每亩一次以硫酸钾10—15公斤为宜,需钾多的作物,要少吃多餐,一次使用太多,易引起缺镁等生理性病害。

3、保护地嫁接黄瓜、西瓜连茬栽培,要注意补施镁肥。嫁接黄瓜、西瓜高产连作,氮磷钾三元素配合,其植株中部叶片失绿、干枯,就是因缺镁所致,科学施用镁肥,是进一步提高产量品质的关键。镁肥的使用方法:基肥可亩施硫酸镁25—50公斤,追肥可亩施15—25公

斤，叶面追肥可喷施0.3—0.5%硫酸镁水溶液。

**4、井灌区冬暖大棚长期使用地下水，水质、土壤盐渍化防治问题。**我县北宋镇赵庄、西李村于1995年秋，利津镇碁家夹河村于1996年以来，黄瓜棚分别出现死苗现象；经化验分析所用井水含盐量达到6克/升，这些机井原来都是含盐量小于2克/升。第一，建议井灌区，井渠结合，丰水季节利用黄河水，减少井水使用量，并采取补源压盐措施，维持井水的持续利用。第二，夏季拆除塑料大棚，利用雨水淋洗表层盐分，防止盐分聚集表层危害。

**5、保护地过量施用化肥引起的肥害。**冬暖塑料大棚栽培瓜果，产量高、效益好，群众片面存在大量施用化肥高产的倾向，尿素、磷酸二铵、硫酸钾冲施每亩一次经常超过50公斤，引起根系变褐死亡，造成减产。推广因产量定肥和少量多次追施方法，可进一步提高产量和效益，北宋镇大盖村盖立春应用因产量定肥方法，黄瓜连年单产稳定在25000公斤。

**6、保护地未腐熟有机肥伤害。**新鲜畜、禽粪未经腐熟直接施用，保护地每亩施用量在5000—10000公斤，由于在分解过程中产生有机酸和热量，使作物根部受害，使用化学药剂防治效果不甚理想，应该使用腐熟粪肥。另外，由于连作茬口衔接过紧招致，因为耕翻后，土壤中残留的根系也要腐烂分解，在分解过程中产生有机酸和热量，使作物根部受害。除上下茬口良性的作物外，一般黄瓜茬、西瓜茬和西红柿茬，上下茬之间，翻地后应有20—30天的休闲期。

为了进一步提高粮棉和瓜菜种植效益，提高科学施肥的技术水平，建议采取以下措施，希望引起上级领导和业务部门的重视：

**首先，各级领导必须高度重视，积极推进全国第三次土壤普查工作的尽快决策和实施。**从全国第一次土壤普查的1958年到1979年开始的第二次土壤普查相隔21年；第二次土壤普查至今已经25年了，由于良种、水浇条件、技术进步，各级领导和农技干部用二十五年前的资料指导生产，难免胸中没数，脱离实际。如果说氮肥的使用是七十年代的农业革命，磷肥的使用是八十年代的农业革命，那末推动氮磷钾平衡施肥，钾肥的使用是我国二十一世纪初的新的农业革命，必定极大地促进我国农业生产的发展。

**第二、认真学习贯彻《山东省耕地保养暂行规定》，做到家喻户晓，人人明白，增强干部群众对耕地保养工作的法制观念。**

**第三、农化干部要实行承包联系点制度，拿出一定的时间，深入基层学习指导，培训技术人才，总结先进典型经验，找准生产中的难题，推广新技术、新成果。**

**第四、加强信息交流，宣传学习外地的新技术、新方法，及时公布土壤和化肥监测结果，服务于生产。**

**第五、瓜菜生产是我省仅次于粮食的主导产业，其生产过程中因品种、栽培方式、栽培季节的不同，所需肥料的种类、数量也各不相同，应当进一步加强这方面的研究。**

本文写作中，曾得到翟永超副局长和高级农艺师张子文的大力支持，谨表谢忱。

参考文献：（见45页）



(接 13 页)

- 1、陈伦寿、李仁岗，农田施肥原理与实践，农业出版社，1986年，P194,175,185,163.
- 2、山东农学院主编，作物栽培学（北方本），农业出版社，1982年，P587，216，217，161，52—55，108，588，614—619，177，215。
- 3、孙寿祥、孙彦浩等，大垄麦套覆膜花生双高产技术，农业科技通讯，1992年No2,P12.
- 4、黎文文，植物的营养诊断，山东省土壤肥料科技培训班教材，1990年4月，P139。
- 5、王统正、姚乃华，蔬菜施肥技术，农业出版社，1992年7月，P94、75、76。
- 6、付敏宗，嫁接西瓜缺镁症及其防治，高产优质高效农业论文集（第五卷），中国经济出版社，1999年7月，P108。

# Balanced fertilization for high-value Chinese herbal plants in Hunan province

—by Zheng Shenxian

(SFI, Hunan Academy of Agricultural Sciences)

Field trials of balanced fertilization on Chinese herbal plants were conducted in Pingjiang and Longhui county, Hunan province. Potash application significantly increased yield of herbs and micronutrients such as zinc and boron also improved yield.

# 湖南省名贵药材(百合、白术)高产平衡施肥技术研究

郑圣先

(湖南省土壤肥料研究所)

**摘要:** 在湖南省药材主产地平江和隆回两地进行了百合、白术平衡施肥大田试验。结果初步表明,百合在施有机肥一般条件下的河沙土上,施钾比不施钾每亩增产58.7~62.2公斤,增产率为27.7%~29.4%,其中每亩施 $K_2O$  10公斤( $K_2$ ) > 5公斤( $K_1$ );在氮钾肥基础上施用磷肥百合增产9.2%;在氮磷钾( $K_2$ )肥基础上施用锌肥增产33.1%,施用硼肥增产40.3%,施用硼、锌肥与不施硼、锌肥的产量差异达到5%的显著水平,在本试验条件下,氮磷钾硼肥平衡施用有效地启动了百合的增产潜力。在施有机肥较多的灰泥田中(隆回),施用钾肥的增产效果小于河沙土上的效果,为10.6% ( $K_1$ ) ~12.6% ( $K_2$ );在氮钾( $K_2$ )肥的基础上施用磷肥增产10.5%,并在该试验条件下取得了最高产量;在施用氮磷钾的条件下增施硼肥或锌肥均无增产效果。

在河沙土上的试验结果显示,每亩施 $K_2O$  5公斤白术鲜产仅增产1.9%,当施 $K_2O$ 量增加到10公斤时增产13.5%,其差异达到显著水平。施用磷肥未显示增产效果,在氮磷钾肥的基础上施用硼肥增产5.0%,施用锌肥增产6.2%。

施用钾肥有利于百合、白术的高产,有条件地配施硼或锌肥可进一步发挥其增产作用。

**关键词:** 百合;白术;平衡施肥;产量。

湖南省地处中亚热带,适宜于多种名贵中药材的生长(如根茎类的百合及白术),小有“药材之乡”的美称。在农村产业结构调整的推动下,全省中药材种植得到了快速发展,2000年达到42420公顷,比上年(34640公顷)增加22.5%,其中又以平江县(约3400公顷)和隆回县(约2000公顷)的种植面积较大。由于发展较快,药农的栽培技术欠缺,特别是在科学施肥方面,导致产量不高、品质较差,缺乏市场竞争能力,满足不了国内外市场的需求,特别是既有医药效果又具营养价值的双料药材(如百合)更是市场上的佼佼者,需量日益增加。即时开展百合和白术(具有健脾、燥湿、行水、安胎之功效)的平衡施肥研究,探讨该两种药材的营养特性及吸肥规律,为其稳产、高产、优质提供施肥技术。

## 1 试验材料与方法:

### 1.1 供试地点:

湖南省平江县三阳乡和隆回县北山乡。

### 1.2 供试土壤:

分别为河流冲积物发育的耕型河沙土及石灰岩发育的灰泥田,其主要农化性状见表1。

表1 供试土壤耕层基本农化性状

地点	土壤名称	pH	OM	全K		速效P		速效K		有效B	有效Zn	种植作物
				—	—	—	—	—	—			
		(水)	—克/公斤	—		—毫克/公斤		—				
平江三阳	耕型河沙土	5.30	48.5	24.6	178.6	5.5	111.0	94	0.33	3.70		百合、白术
隆回北山	灰泥田	5.45	35.2	13.4	156.8	7.2	107.0	123	0.33	3.78		百合



### 1.3 试验处理（百合、白术采用同一试验处理）：

1)  $NPK_0$ , 2)  $NPK_1$ , 3)  $NPK_2$ , 4)  $NPK_2B$ , 5)  $NPK_2Zn$ , 6)  $NK_2$ 。按处理要求，每亩施  $N10$  公斤(尿素)， $P_2O_5$  8 公斤(普钙)， $K_1$  5 公斤  $K_2O$ 、 $K_2$  10 公斤  $K_2O$ (氯化钾)，硼砂 1.5 公斤，硫酸锌 1.5 公斤。氮肥各时期施用比例两种药材不同，百合：50% 作基肥于 2 月下旬施、30% 作苗肥于 4 月初施，20% 作苻肥于 5 月上旬施（平江点未施）；白术：40% 作基肥于 2 月下旬施入，20% 作苗肥于 4 月初施，40% 作苻肥（因苗势旺此肥未追）。磷、钾、硼、锌肥在百合及白术上均作基肥条施。试验在每亩普施菜籽饼 50 公斤、茶籽饼 25 公斤、稀粪水 2500 公斤（隆回点施用有机肥高于平江点约 30%）的基础上进行。百合于 2002 年 10 月初（隆回）和 12 月底（平江）播种，2003 年 7 月底和 8 月初收获；白术于 2002 年 12 月底播种，2003 年 10 月底收获。每亩定株 7467 万。小区面积 12.5 平方米，重复 3—4 次，随机区组排列。播种出苗后的土壤消毒及病虫害防治按大田正常管理。

## 2 结果与分析

### 2.1 平衡施肥对百合产量的影响

两个试验点测产结果列于表 2。由表 2 可见，平江三阳点的河沙土上百合在  $NK_2$  处理上增施磷肥（ $NPK_2$  处理）可增产 9.2%，这与供试土壤含速效磷较贫乏（5.5 毫克/公斤）有关。

每亩施  $K_2O$  5 公斤( $NPK_1$  处理)比不施钾肥（ $NPK_0$  处理）增产 27.7%，当施  $K_2O$  量提高到每亩 10 公斤( $K_2$ )水平时比不施钾增产 29.4%。虽然土壤含有效钾较丰，但是施用 K 仍具有较大幅度的增产作用，说明百合是一种喜钾作物。在施用  $NPK_2$  基础上增施硼肥（ $NPK_2B$  处理）和锌肥（ $NPK_2Zn$  处理）具有显著的增产效果（ $P > 0.05$ ），分别增产 40.3% 和 33.1%，说明平衡施用氮磷钾硼可以充分发挥百合的增产潜力。

表 2 平衡施肥对百合产量的影响

处理	产量 (公斤/亩)	差异显著性		增 产					
		0.05	0.01	公斤/亩	%	公斤/亩	%	公斤/亩	%
平 江 三 阳									
$NPK_0$	211.6	b	B	—	—				
$NPK_1$	270.2	b	AB	58.6	27.7				
$NPK_2$	273.8	b	AB	62.2	29.4	23.1	9.2	—	—
$NPK_2B$	384.0	a	A	172.4	81.5			110.2	40.3
$NPK_2Z$	364.4	a	A	152.8	72.3			90.7	33.1
n	250.7								
$NK_2$		b	AB	39.1	18.5	—	—		
隆 回 北 山									
$NPK_0$	383.3	b	A	—	—				
$NPK_1$	424.0	a	A	40.7	10.6				
$NPK_2$	431.7	a	A	48.3	12.6	41.0	10.5	—	—
$NPK_2B$	352.3	c	B	-31.0	-8.1			-79.3	-18.4
$NPK_2Z$	413.3	a	A	30.0	7.8			-18.3	-4.2
n	390.7								
$NK_2$		b	A	7.3	1.9	—	—		

从表2还可看出,在隆回北山点的灰泥田上,百合施用磷肥和钾肥的增产趋势与平江三阳点相同,但施用钾肥的增产幅度低于平江点;同时在NPK<sub>2</sub>的基础上增施硼肥和锌肥均表现为负效果,这可能与该基点施用有机肥较多及土壤类型或质地不同有关。隆回点的百合产量水平高于平江点,可能与其播种较早而且有机肥施用较多有关。

## 2.2 平衡施肥对白术产量的影响

试验结果(表3)表明,在河沙土上,施用磷肥(NPK<sub>2</sub>—NK<sub>2</sub>)未显示增产效果,在NPK<sub>0</sub>的基础上增施K<sub>1</sub>水平(5公斤K<sub>2</sub>O/亩)无明显效果,当施钾量提高到10公斤/亩(K<sub>2</sub>)时可增产13.5%,其差异达到5%的显著水平,尽管供试土壤含有效钾较高,仍需施用较高量的钾肥才能显示其较明显的效果,表明白术比百合需要更多的钾肥。在NPK<sub>2</sub>处理的基础上增施锌肥或硼肥分别增产6.2%和5.0%,差异不显著。不同营养元素配施对白术产量的效应为: NPK<sub>2</sub>Zn > NPK<sub>2</sub>B > NK<sub>2</sub> > NPK<sub>2</sub> > NPK<sub>1</sub> > NPK<sub>0</sub>。

表3 平衡施肥对白术产量的效果

处理	产量 (公斤/亩)	差异显著性		增 产					
		0.05	0.01	公斤/亩	%	公斤/亩	%	公斤/亩	%
NPK <sub>0</sub>	570.7	b	B	—	—				
NPK <sub>1</sub>	581.3	b	B	10.7	1.9				
NPK <sub>2</sub>	647.6	a	AB	76.9	13.5	-4.5	-0.7	—	—
NPK <sub>2</sub> B	680.0	a	AB	109.3	19.2			32.4	5.0
NPK <sub>2</sub> Z	687.7	a	A	117.1	20.5			40.1	6.2
n									
NK <sub>2</sub>	652.1	a	A	81.5	14.3	—	—		

由上述可见,百合、白术施用钾肥对其增产相当重要,有针对性地施用锌肥或硼肥亦有必要。

## 3 小结:

3.1 在供试土壤含速效K较丰富的条件下,施用钾肥仍具有增产效果,每亩施K<sub>2</sub>O 5公斤和10公斤,百合分别增产58.7和62.2公斤,增产率为27.7%和29.4%,在含速效P中下水平的河沙土上,施用P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8公斤/亩可增产9.2%;在施用NPK<sub>2</sub>水平上,配施1.5公斤/亩锌肥或硼肥均具有显著的增产效果,分别增产33.1%和40.3%。在含有效K较丰富且施用有机肥较多的灰泥田中,每亩施用5公斤和10公斤K<sub>2</sub>O时,百合的增产效果低于施有机肥相对较少的河沙土,分别为10.6%和12.6%;在含有效P中等水平的条件下,施用磷用具有10.5%的增产效果;在施用NPK<sub>2</sub>水平肥料的基础上配施硼肥或者锌肥均产生负效应,这可能与施用有机肥较多有关。

3.2 在含有效K较丰富的河沙土中,每亩施K<sub>2</sub>O 5公斤和10公斤,白术可分别增产1.9%和13.5%,大田生产中白术应增加钾肥用量方可充分发挥其增产作用;施用磷肥未显示增产效果。每亩施N 6公斤, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8公斤、K<sub>2</sub>O 10公斤的基础上配施1.5公斤硼肥或锌肥分别增产5.0%和6.2%。

3.3 药材百合和白术分别属鳞茎和根状茎植物,需钾较多,大田生产中必须重视钾肥施用,亦不能忽视磷肥,在施有机肥较少的条件下,还必须增施微量肥料硼肥或锌肥,以便最大限度地发挥其增产作用。

# Effect of balanced fertilization on yield and quality of vegetable crops

—by Zheng Shenqian, Dai Ping'an, Nie Jun

(SFI, Hunan Academy of Agricultural Sciences)

Field experiments were carried out to study the effect of balanced fertilization on yield, quality and nutrient uptake of Chinese cabbage and cabbage. Compared with conventional fertilizer practice by farmers, balanced fertilization improved yield and quality of vegetables.



# 平衡施肥对蔬菜产量和品质的影响

郑圣先 戴平安 聂军

(湖南省土壤肥料研究所)

**摘要:** 在大田条件下研究了平衡施肥对黄芽白和苞菜两种蔬菜产量、品质及养分吸收的影响。试验结果表明,平衡施肥与常规施肥相比,黄芽白和苞菜的商品产量分别增加6.5%和20.5%,常规施肥又比对照无肥处理分别增产13.7%和24.4%;两种蔬菜的生物总产量与各自的商品产量变化趋势一致。与常规施肥比较,平衡施肥可有效地降低黄芽白和苞菜不同生育时期及不同部位的硝酸盐含量,如采收期商品菜的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量分别降低10.2%和12.8%;还能显著地提高商品菜的维生素C含量,黄芽白提高26.2%、苞菜提高15.5%;含糖量分别增加43.8%和17.6%。常规施肥又比对照高。平衡施肥由于增加了蔬菜产量和养分含量,从而有效地提高了N、P、K、Ca等养分的吸收量。总之,蔬菜平衡施肥具有提高产量、改善品质、降低硝酸盐、提高维生素C和全糖含量及矿质营养含量之功效。

**关键词:** 蔬菜;平衡施肥;产量;品质;养分。

蔬菜是人们日常饮食的必需品,其数量和品质的好坏直接影响人们的身体健康。为了探讨蔬菜高产优质的最佳施肥措施,在加拿大钾磷研究所(PPI-PPIC)的支持下,本年度开展了蔬菜平衡施肥试验。

## 1.材料与方法

### 1.1 试验条件:

供试土壤为第四纪红色粘土发育的红泥土,土壤pH5.5,含有机质21.57克/公斤,碱解N 115.0毫克/公斤、速效P 51.6毫克/公斤、速效K 179毫克/公斤,缓效K 151毫克/公斤。供试蔬菜品种为黄芽白(丰抗98)和苞菜(中甘1号)。

### 1.2 试验设计:

每种蔬菜设以下3个处理:1)对照( $\text{N0}+\text{P0}+\text{K0}$ );2)常规施肥(N 9公斤/亩+ $\text{P}_2\text{O}_5$  9公斤/亩+ $\text{K}_2\text{O}$  0公斤/亩);3)平衡施肥(N 9公斤/亩+ $\text{P}_2\text{O}_5$  9公斤/亩+ $\text{K}_2\text{O}$  9公斤/亩)。各处理每亩施菜籽饼(先发酵)75公斤。有机肥、磷、钾肥100%作基肥撒施,尿素60%作基肥,20%在莲座期追施,20%在结球期追施,追肥方法为阴雨时直接撒施,天晴时兑水施,追肥后覆土。另在施肥前每亩全层撒施石灰100公斤调节土壤酸碱度。重复3次,随机区组设计,小区面积20平方米。于2002年9月移栽(46×60厘米),2003年元月一次性采收。

### 1.3 测试方法

硝酸盐用锌粉还原,N—(1-萘基)—乙二胺光度法,维生素C用2,6—二氯酚酚滴定法,全糖用斐林试剂滴定法,全N用凯氏法,全P用Olsen法,全K用火焰光度计法,全Ca用原子吸收光谱法。

## 2 结果与分析

### 2.1 施肥对蔬菜产量的影响

从表1可看出,黄芽白商品产量,以平衡施肥处理最高(2009公斤/亩),比无肥处理增产21.1%,其次是常规施肥处理(1887.2公斤/亩),增产13.7%。各处理的生物总产量变化趋势同商品产量一致,而其增减幅度较大。苞菜的商品产量各处理中,仍以平衡施肥处理产量最高(2233.1公斤/亩)比无肥处理增产50.0%,比常规施肥增产20.5%,常规施肥又比对照无肥处理增产24.4%。三个处理生物总产量高低规律同商品产量,但其增幅小于商品菜。从表1还可看出,黄芽白和苞菜的商品产量平衡施肥比无肥处理分别增产21.1%和50.0%。生物总产量分别增加23.2%和41.2%,表明在本试验条件下,苞菜平衡施肥的增产效果大于黄芽白。

表1 平衡施肥对蔬菜产量的效应

项目	处理	黄芽白			苞菜		
		产量 (公斤/亩)	显著性 (0.05) (0.01)	增产率 (%)	产量 (公斤/亩)	显著性 (0.05) (0.01)	增产率 (%)
商品	(无肥)	1659.5	c B	—	1488.7	c C	—
产量	常规施肥	1887.2	b AB	13.7	1852.5	b B	24.4
对照	平衡施肥	2009.0	a A	21.1 6.5	2233.1	a A	50.0 20.5
生物	(无肥)	2583.5	c B	—	2301.6	c C	—
产量	常规施肥	2798.7	b B	8.3	2848.5	b B	23.8
对照	平衡施肥	3183.8	a A	23.2 13.8	3250.5	a A	41.2 14.1

### 2.2 平衡施肥对蔬菜品质的影响

#### 2.2.1 对硝酸盐含量的影响

研究表明,人体摄入的硝酸盐约70%—80%来自于蔬菜[1],若蔬菜的硝酸盐含量过高,将对人类健康无疑是一种潜在的威胁。为了探讨平衡施肥对蔬菜硝酸盐含量的影响,我们对其不同生育阶段不同部位的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量进行了测定。结果表明(表2),在蔬菜生长的中、后期,

表2 平衡施肥对蔬菜硝酸盐含量的影响(单位:毫克/公斤鲜重)

处理	莲座期		结球期		采收期	
	叶片	叶柄	叶片	叶柄	心叶	外叶
黄芽白						
对照(不施肥)	458	1125	168	539	97	264
常规施肥	692	1314	528	1095	303	712
平衡施肥	548	1135	483	1011	272	561
苞菜						
对照(不施肥)	508	1853	156	808	69	168
常规施肥	577	1987	327	1583	266	499
平衡施肥	516	1954	314	1549	232	386

无论是其叶片、叶柄、还是心叶、外叶,其 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量,平衡施肥处理低于常规施肥处理,如采收时,心叶的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量黄芽白低10.2%,苞菜低12.8%,黄芽白和苞菜表现出一致趋势。说明平衡施肥有降低叶菜类蔬菜硝酸盐含量的效应,这可能是平衡肥提高了细胞质中硝酸还原酶的活性,有利于对氮的进一步同化和利用所致。不同生育期各部位的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量表现出叶柄>叶片、外叶>心叶。表明两种蔬菜的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量主要积累在叶柄和外叶即非可食部分中;此外,随着蔬菜生育的进程,其 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量呈逐渐下降的趋势。

### 2.2.2 对维生素C和全糖含量的影响

采收期测定结果表明(表3),黄芽白和苞菜两种蔬菜可食部分(心叶)的维生素C含量和全糖含量表现出,施肥处理高于无肥处理,平衡施肥又高于常规施肥。平衡施肥与常规施肥相比,黄芽白维生素C高7.5%(外叶)和26.2%(心叶),苞菜高10.8%(外叶)高15.5%(心叶),黄芽白全糖含量高62.5%(外叶)和43.8%(心叶),苞菜高8.1%(外叶)和17.6%(心叶)。说明平衡施用钾肥有提高蔬菜维生素C和全糖含量的作用。

表3 平衡施肥对蔬菜维生素C和总糖含量的影响

处 理	心 叶		外 叶	
	维生素C (毫克/公斤)	全 糖 (克/公斤)	维生素C (毫克/公斤)	全 糖 (克/公斤)
黄芽白				
CK	88.4	7.9	198.7	7.6
常规施肥	102.4	9.6	260.3	8.0
平衡施肥	129.2	13.8	279.7	13.0
苞 菜				
CK	194.9	23.9	391.6	22.0
常规施肥	218.2	26.2	409.5	25.9
平衡施肥	252.1	30.8	453.7	28.0

## 2.3 平衡施肥对养分吸收的影响

### 2.3.1 对养分含量的影响

蔬菜采收时测定结果表明(表4),黄芽白心叶和外叶的N、K、Ca含量表现出平衡施肥>常规施肥>对照,P含量欠一致趋势;苞菜的心叶和外叶养分含量同黄芽白趋势一致。

表4 平衡施肥对蔬菜养分含量的影响(单位:克/公斤)

处理	黄芽白				苞 菜			
	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca
心 叶								
CK	29.5	7.3	38.8	9.1	22.2	3.6	29.8	5.4
常规施肥	36.3	6.5	40.4	12.5	26.9	3.8	32.1	7.1
平衡施肥	38.8	8.5	48.5	12.6	29.6	3.9	35.9	7.5
外 叶								
CK	28.2	8.7	41.0	19.9	20.8	3.1	30.3	18.6
常规施肥	28.9	6.2	61.3	24.8	25.2	3.5	30.4	22.6
平衡施肥	40.4	8.1	67.0	28.8	28.3	3.4	30.9	25.2

由表4还可看出,黄芽白的各种养分含量高于苞菜,而黄芽白的外叶养分含量又高于心叶,苞菜则呈相反的趋势,即心叶养分含量高于外叶(仅外叶的钙含量数倍高于心叶)。说明黄芽白和苞菜的外叶(非商品菜)亦是很好的青饲料。

### 2.3.2 对养分吸收总量的影响

虽然两种蔬菜心叶和外叶不同处理的养分含量存在上述差异,但由于各处理获得的生物量多少与养分含量高低并非完全一致,从而影响养分的吸收总量。从表5可见,黄芽白常规施肥的吸K量略高于对照,而平衡施肥的吸K量则比对照处理高21.2%,这与常规施肥未施钾肥,而平衡施肥增施了钾肥,从而促进了植株对钾素的吸收有关。对N、P、Ca的吸收量与对K的吸收量一致,平衡施肥与常规施肥相比,N、P、Ca分别提高9.5%、14.4%和10.8%,更高于对照。

表5 平衡施肥对蔬菜养分吸收量的影响(公斤/亩)

处理	黄芽白				苞菜			
	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca
CK	3.63	0.97	6.00	1.63	4.38	0.69	6.84	2.14
常规施肥	5.17	0.97	6.02	2.40	6.12	0.82	7.00	1.02
平衡施肥	5.66	1.11	7.27	2.66	6.51	0.86	7.02	3.34

表5表明,苞菜平衡施肥的吸K量略高于常规施肥处理,高于对照2.6%;对N、P、Ca的吸收,平衡施肥比常规施肥分别提高6.4%、4.9%和9.2%。平衡施肥对养分吸收的增加率苞菜低于黄芽白,苞菜对N、K、Ca的吸收量高于黄芽白,吸P量则低于黄芽白,这可能与苞菜的根系分布与养分吸收能力不同有关。

## 3. 小结

3.1 田间试验结果表明:黄芽白和苞菜两种蔬菜的商品产量,以平衡施肥处理最高,分别比无肥处理(对照)增产21.1%和50.0%,比常规施肥分别增产6.5%和20.5%。两种蔬菜的生物总产量与商品产量高低顺序一致。

3.2 蔬菜生育中期(叶片)和后期(商品菜)的硝酸盐含量以常规施肥最高,对照最低,平衡施肥比常规施肥低,如采收时黄芽白心叶硝酸盐含量,平衡施肥比常规施肥低10.2%,苞菜心叶低2.6%;两种蔬菜的硝酸盐含量表现出叶片低于叶柄、商品菜低于非商品菜,生育后期低于生育前期。

3.3 采收时商品菜(心叶)的维生素C含量,黄芽白和苞菜均以平衡施肥处理最高,分别比常规施肥高26.2%和15.5%;其次是常规施肥,分别比无肥对照处理高15.8%和12.0%。全糖含量仍表现出同维生素C含量变化一致,平衡施肥较常规施肥,黄芽白和苞菜分别高43.8%和17.6%;常规施肥又比无肥对照分别高21.5%和9.6%。饲料部分(外叶)的维生素C及全糖含量均以平衡施肥处理最高、常规施肥次之、对照最低。

3.4 黄芽白的吸K量以平衡施肥处理最高,其次是常规施肥,对照最低,苞菜表现出同一趋势。对N、P、Ca的吸收同K一致。

## 参考文献

[1]赵小英、刘志敏、刘明月。施肥对硝酸盐积累的影响。长江蔬菜。2002, 10: 30-31。



## Nutrient Exclusivity in organic farming-Does it offer advantages?

—by H. Kirchmann and M. H. Ryan

(Chinese translation, translated by Xie Ling and Tu Shihua)

The following aims are associated with organic farming: to produce healthier foods, to be environmentally friendly, and to be more sustainable. Organic principles are applied in the belief that they are the best way to achieve these aims. However, a critical analysis of organic fertilization practices does not support this belief.

## 有机农业中肥料使用的排它性 - 它有何优越性?

By H.Kirchmann and M.H.Ryan

下列目标与有机农业有关：生产出更健康的食品，对环境友好，更具有可持续性。然而，对有机施肥措施的分析评论却不支持这个观点。

有机农业中的施肥是为了维持土壤肥力，而不是直接给作物提供养分。养分是以有机形态和低溶解性的无机形态施入土壤，认为通过土壤微生物的分解作用，作物可获得平衡营养。有机农业不施用人工合成的肥料而引起一系列的争论：作物品质低，土壤有机质分解快速，以及养分的分解释放与作物利用不同步。生命的哲学理论正是有机农业理论的基础（Kirchmann 1994）。

### 有机农业的产量有多高？要维持这样的产量，需要多少土地？

欧洲的很多长期定位试验发现，在种植业与养殖业结合的有机农业系统中，作物产量比常规农业平均低20%，而在纯种植业的有机农业系统中，作物产量低33-45%（表1）。低产量并不反映肥料投入低，也不反映肥料利用率低。

表1 欧洲长期定位试验和澳大利亚两个长期有机农业和常规农业的农场平均产量和施氮量

试验和农业系统	产量 t/ha		产量减少 %	施氮量 kg/ha/年		参考
	有机 农业	常规 农业		有机 农业	常规 农业	
挪威 Apelsvoll 点 (8年)						
种植业和养殖业				121	227	Korsaethand and Eltun, 2000 Eltun et al.,2002
大麦、燕麦、小麦	3.7	50	26			
三年饲草作物	8.3	10.7	22			
绿草	7.1	7.6	7			
瑞典 DOK 点 (24年)						
种植业和养殖业				105	138	Spiess et al.,1993 Besson et al.,1999 Mader et al.,2002
冬小麦	4.1	4.5	10			
三年饲草物	11.5	4.0	18			
土豆	30.0	48.0	38			
瑞典 Skane 点 (12年)						
种植业				59	130	Lvarson and Gunnarsson, 2001
冬小麦	3.7	6.3	41			
土豆	21.4	38.0	44			
种植业和养殖业				110	185	
冬小麦	4.1	6.4	36			
二年饲草作物	6.6	9.3	29			
澳大利亚新南威尔士点(30年2个对比农场)						
种植业和养殖业	2.9	5.5	48	0	17 <sup>3</sup>	Ryan et al.,2004
小麦 1						
澳大利亚 Victoria 点(17年20个对比农场)						
养殖业	6740	9060	26	0	17 <sup>3</sup>	Small and McDonald,1993
奶业, L/ha/年 <sup>2</sup>						

- 1 有机农业的小麦施肥量为磷矿粉 18kg P/ha/ 年, 磷酸二铵 16kg P/ha/ 年 (过去 3 年的对比平均产量, 有机农场已有 30 年历史)
- 2 常规牧场液体施肥量为 27 kg P/ha/ 年, 然而有机农业牧场没有施入 P (过去 3 年来自 10 对农场的对比平均产量, 每一对中的有机农场已有 17 年历史)
- 3 N 是直接作为肥料施入的 (没有包括从豆类施入土壤中的氮)

有机农业的低产量意味着, 要生产常规农业同样的产量, 则需要更多的土地。例如, 假设欧洲要广泛采用纯种植业的有机农业系统, 假定作物产量降低39%, 为了保持常规农业的粮食生产水平, 则需要增加 64% 的耕地; 而种植业与养殖业结合的有机农业系统则需增加 25% 的耕地。如果大范围的常规农业被有机农业所代替, 那么, 那些原本不生产食物的系统, 如野生动物栖息地的消失, 天然和半天然生态系统向农耕地的转化就不可避免。因而生物多样性就会减少。但是最应关注的是有机农业的低产量将会增加全世界饥饿人口地图的范围。

### 有机农业中土壤生物类群的增加能否提高作物养分的有效性?

人们通常假定通过有机管理能增加土壤中的生物类群, 从而提高作物从有机和低溶解性的无机源肥料中吸收养分的能力。在有机农场中有一种始终都很丰富的微生物是菌根(真)菌, 而在常规农场中, 可溶性磷肥会抑制它们生长(Ryan et al., 2000)。菌根菌最为人知的作用是增加其寄主植物对磷和其它养分的吸收能力。然而, 在南澳大利亚开展的有机农场作物和牧场研究表明, 高度的菌根菌寄生并没有解决严重缺磷的问题(Ryan et al., 2000; Ryan and Angus, 2003)。事实上, 当这些菌根菌从它们的寄主中获取了所有的碳(C), 如果它们没有给寄主提供任何营养, 它们只不过是寄生菌而已, 必然降低作物产量潜力 (Ryan et al., in press)。概括地说有机农业可自然增加土壤中的生物类群, 且能部分代替无机肥料是不正确的 (Ryan and Ash, 1999)。

### 在有机农业中氮肥的平均低投入能否降低硝酸盐的淋溶?

有一篇全面的文献综述表明, 在一个作物轮作周期中, 有机农业系统中硝酸盐( $\text{NO}_3$ )的淋失比常规农业低些(Kirchmann and Bergstrom, 2001)。但是, 对两个系统中硝酸盐淋失的正确比较应考虑产量, 而这一点无法完成。由于两种系统中的作物种植顺序和种类都不同, 施氮量也不同, 而且缺乏产量数据(Kirchmann and Bergstrom, 2001)。90年代初在瑞典开始的一系列长期溶洗试验中, 有机农业和常规农业都采用相同的轮作制度, 除了有些年种植绿肥外。此外, 在两种农业系统中的施氮量几乎相同(表2)。在这些试验中, 无论是砂土还是粘土, 按每公顷耕地面积和单位收获的氮素养分计算, 从有机农业系统中淋失的养分比常规农业高得多, 进入排水中的氮、磷也高得多。这些试验表明, 如果基本不考虑比较研究中由于不同轮作制度和施氮量而产生的差异, 从有机农业系统中单位面积流失的氮量并不低。

表2 瑞典常规农业和有机农业长期试验中施入氮的情况

试验 及农业系统	有机农业			无机农业			参考
	投入	流失	淋溶	投入	流失	淋溶	
	.....kg N/ha/ 年.....			.....kg N/ha/ 年.....			
Halland 点							
种植业	66	30	43	99	79	29	Torstensson et al.,2005
种植业和养殖业	120	105	35	113	71	26	
Vastergotland 点							
种植业	105	42	20	113	85	3	Torstensson.,2003a
平均	97	59	33	108	78	19	Linden et al.,1993

作物对氮的需求和氮从有机肥中的释放的不同步是导致有机农业系统中养分淋溶比常规农业高的主要原因。当作物生长不需要氮时,更多施用的有机氮仍留在土壤中不断矿化,释放出无机态有效氮。

### 有机农业能增加养分的循环吗?

毫无疑问,通过强调秸秆循环利用,大量施用城市生活垃圾和农田以外的其它物料,大多数农业系统的可持续性能不断改善。然而,在目前情况下,由于有机农业生产担心重金属和有机污染而禁止使用城市生活垃圾,广泛采用有机农业并不能减少食物中的养分损失。为了提高养分的循环和减少污染物的污染风险,目前已研究出从废水和沼气残留物及其它城市垃圾中提取养分的回收新技术。然而,当利用这种养分回收新技术生产出易溶解的无机新产品时,只有常规农业的农民能使用这些产品从而促进养分的循环。

为了保持土壤肥力,从事有机农业的农民们得买已被认证的有机肥料。在欧洲,这些肥料通常来自常规农业生产。事实上,在瑞典有机农业中使用已被认证的非有机农场生产的有机肥的趋势正日益增加,这些有机肥包括肉末、骨粉、鸡粪和食品加工业的废弃物(瑞典作物生产控制协会)。这是来自常规生产中养分的间接转化,对使用无机肥料的生产系统的信赖。欧盟的一项规定将在2005年8月后禁止在有机畜产品生产中使用常规种植的饲草。另一方面,在有机肥的使用上却没有任何限定,如的动物粪便,来自于常规农场和食品加工产业的副产品(草粉、血粉、骨粉、鱼类加工和罐头制造加工业的废弃物)。因此,从事有机农业的农民们仍然可以通过购买有机肥而继续依赖来自常规农业生产中的养分。但是如果大面积的农场转换成有机生产这种方法显然不能维持下去。

几篇同行专家审阅的文章得出结论说,有机农业比传统农业更优越。由此看来,对这两者进行比较是多么的急需呀。

当对有机农业和常规农业进行比较的结果展现在大家面前时,人们倾向于假设两种生产系统中产生的任何差异均为固有的管理因素不同导致的,即排除有机农场中的杀虫剂和速效无机肥料。因此,假定那些结果代表了有机农业和常规农业。然而,差异也可能由实际管理措施产



生,每个系统的管理措施可能是相同的操作/或者每个或两个系统的管理措施的操作各不相同。

### 当评价系统的比较研究时,应当考虑以下的因素:

一个试验开始时的土壤肥力状况决定了系统的生产力。在肥沃的土壤中,最初的产量差异很小,低投入系统更具有肥效和能效优势。

轮作制中作物的选择决定氮的淋失。作物从几个方面影响土壤中氮的淋失:作物的生育期,扎根深度,作物残留物的数量和其矿化难易度,以及土壤耕作程度。

投入(购买)的化肥养分和有机质养分的数量应当相等。没有边界条件来比较两个系统谁优谁劣并非科学证明。

### 结论

当对有机农业进行科学分析评论时,有机农业更优越的论点并不成立。尽管其目的是为了更具可持续性,但是,要想生产充足的食物,有机原理并不比传统农业能提供长期而更好的结果。我们提倡一个灵活的方法,不同农业系统被设计为满足特殊环境条件、经济和社会需求,而不受非科学及教条的限制。

库其曼博士是瑞典农业大学,土壤科学系的植物营养和土壤肥力教授。联系地址: Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Soil Sciences, Box 7014,S-750 07 Uppsala, Sweden, 电子邮址: holger.kirchmann@mv.slu.se

雷恩博士是西澳大利亚大学植物生物学系的讲师。联系地址: School of Plant Biology, The University of Western Australia M081, Crawley, WA, Australia, 6009; 电子邮址: mryan@agric.uwa.edu.au

参考文献: 由于篇幅有限,在此没有印出参考文献的列表,想要了解参考文献可上网查找 [www.pppi-ppic.org](http://www.pppi-ppic.org) 的 PDF 文件。

(原文自 Better Crops LXXXIV (89) 2005(1)24-27. 谢玲 译 涂仕华 校)

## Soil testing: A proven diagnostic tool

—by Sam Portch and Mark Stauffer

(Chinese translation, translated by Xie Ling and Tu Shihua)

Soil testing is being under utilized in the developing world, but data show it puts money in farmer's pockets even when the relatively high cost of a complete analysis is considered. Developing the system to truly meet the needs of farmers' is both practical and feasible.

## 土壤测定——一个已被证实的诊断工具

By Sam Portch and Mark Stauffer

在发展中国家，土壤测定目前还没有得到充分的应用。但资料显示，即使做一次全面土壤分析需要较高的费用，农民仍会因此而获利。开发真正满足农民的需要土壤测定系统是实用而可行的。

虽然如今难以考证到底是谁最先开始土壤测定科学的，但可以肯定，欧洲人一如因最小养分律而闻名的李比希和有时被誉为现代农业化学之父的 Jean Baptiste Boussingault，可被认为是奠定这一学科的创始人。从 20 世纪 20 年代末至 30 年代初，几位因分析方法而著名科学家包括 Morgan、Spurway 和 Truog 向人们显示，测定土壤活性或有效养分比全量养分更为重要，从而推动了土壤测定科学的发展。就土壤测定服务而言，20 世纪 40 年代初美国内布拉斯加州的 J. W. Fitts 建立了最早的实验室为农民分析大批量土样。

在北美洲，现在每年大约有 400-500 万土样是通过私人或政府机构分析的。尽管这是一个非常令人鼓舞的数字，但对耕地面积如此之大的地区来说仍然不足。如果再看一下北美洲以外的地区，利用土壤测定来诊断土壤缺素问题显然更没有得到充分应用。本文讨论了最常见的一些原因及如何推动土壤测定广泛应用的观点。

在斯里兰卡的 Bathalagoda 研究中心，土壤测定表明土壤缺钾。施用钾肥可使三季水稻产量平均提高 1t/公



### 常见问题

表 1：中国 17 个省的 140 个温室试验的土壤测定结果

OPT 的减 养分处理	140 个土样中养分不足 的土样数和所占百分率 %	相对产量的范围 %	平均相对产量 %
-N	137(98%)	6.1-83.9	45.2
-P	126(90%)	8.5-89.7	39.6
-K	84(60%)	39.0-89.8	73.5
-Ca	20(14%)	2.2-89.0	52.8
-Mg	25(18%)	34-89.7	74.7
-S	45(32%)	14-89.8	71.3
-Fe	17(12%)	46-87.5	79.4
-B	36(26%)	65-89.7	80.9
-Cu	37(26%)	40-89.5	77.2
-Mn	34(24%)	50.2-89.5	79.1
-Mo	28(20%)	38.7-89.4	79.5
-Zn	68(49%)	40-89.6	75.1

首要问题是全世界许多实验室的常规分析只提供部分肥力评价,只测定pH,有机质,某些形态的氮(N),有效磷(P)和钾(K)。中国的资料(表1)则说明了这个问题。很多土壤缺乏中量和微量营养元素,由此显示很大比例的土壤未经分析测定—至少占49%(如果只是考虑了锌的话)。但是,在表中给出的缺乏范围内,至少有70%-80%的土壤评价不当,除非进行完全测定。不幸地是,不完全的土壤分析同样会导致研究结果的不准确。以表1为例,50%以上的研究只用了N、P和K测定的结果,这将产生误导,使试验结果低于作物最佳产量。

不完全分析是导致土壤测定未能充分应用的第二个原因。作物低产的肥料推荐相当普遍,其应用维持了对土壤肥力状况认的错误识,形成一个错误的反馈循环,使研究人员只能得到错误不理想的结果。研究者们没有对他们的每个试验结果进行认真分析而导致数据的鱼龙混杂。对每次试验设定合理的高产目标将有助于研究者区分数据的好坏。对低产试验应进一步研究弄清它们为何低产。如果试验受到严重的病虫害危害、分析错误、不良气候影响等等,那么就不能和其他的好数据混在一起。第三点,作者根据多年尤其是在发展中国家的研究与观察得出:保守的肥料推荐有利于农民节约肥料开支—但通常是实际上降低了收入,因为这使其它所有包括肥料在内的投入没有得到完全有效的利用。几乎没有人考虑过因未充分利用产量潜力而产生的机会成本(即考虑降低肥料投入成本时而失去了作物增产的机会)。

#### 三个原因导致常用的肥料推荐获得低产量

- 1、许多错误的研究结果致使科学家得到错误的推荐。
- 2、数据的鱼龙混杂。
- 3、一种固有的感觉就是旧的肥料推荐可以通过减少肥料投入成本节省农民们的钱从而忽略了因此而产生的经济损失。

低效的服务恐怕是导致农民不愿意使用土壤测定的最具障碍性的原因。采样很久之后才将肥料推荐反馈给农民将大大降低土壤测定的好处,将有损整个土壤测定的声誉与应用。对农民来说,他们需要的

肥料推荐在作物种植之后才得到几乎没有什么意义(尽管对将来的养分管理有用)。在发展中国家,土壤测定服务的低效率是非常普遍的,很少见到能在一月内得到分析结果的情况。在作物每年两熟或三熟的国家,快速的土壤测定服务至关重要。最多7-10天的周期才可能被人们所接受,如果超过这个期限,将会影响服务的口碑。

最后一个令人关注的问题是土壤测定费用。一个土样的“完全”分析需要12-14次的测定和计算。其费用因国家而异,每个土样大约花120-160元人民币,包括肥料推荐报告。这常常超出了资源缺乏地区农民们的支付能力,尤其是那些仅拥有几分之一公顷耕地的农民。减轻农民的这种负担可以通过两种方式:一种是土样的批量分析,从而降低了每个土样的开支;另一种是通过政府补贴或是肥料经销商将此作为客户服务的一部分。面对这些小面积土地所有者,一种成功的措施就是将这些有相同地形、土壤类型、作物、管理和目标产量的农户联合起来分享其肥料推荐。农民之间的合作可进行季节性轮流采样,为一部分田块提供共同的肥料推荐。这样,有很多农民来分摊土壤分析开支,使土壤测定在一定的面积上得到应用。

一些人可能会说土壤测定并不值得尝试,尤其对于发展中国家。然而,越来越多的权威性研究结果和推荐所得出的潜在效益要求人们必须探索发展更加完善的土壤测定系统。怎么才能



在西藏,青稞平衡施肥区(左边)比当地施肥(右边)长势好得多。



做到这一点呢？

首先要做的是增加人们对以上所提到的问题的认识（从行政到技术层面）。毫无疑问，接下来就是研究改善这些问题的策略。最主要的目的是不要仅将土壤测定认为是试验室里的“砖和水泥”。一个完整的程序需要：土样采集及样品处理、试验室、当地调查和数据分析、动态肥料推荐，再加上上述各方面的教育和宣传。

## 优化的土壤测定服务带来的效益

在那些使用可靠土壤测定结果的地方，无论是研究还是农民应用，结果都很成功，效益很好。最近发生的一个最具有说服力的例子是在斯里兰卡的Bathalagoda水稻研究站。在土壤测定介入以前，连续六季在水稻上施用N、P和K的研究都没有显示出作物对K肥的需求。由于没有考虑中、微量营养元素缺乏的问题，所以仅获得了很低的产量。在经过完全的土壤测定之后，在所有的处理中都使用了镁（Mg）硫（S）硼（B）和铜（Cu）以及不同量的氮、磷、钾。在经过三季水稻后，施用钾肥平均增产了1吨的水稻。当施用了所有缺乏的营养元素，每季水稻的产量为5.3-6.2吨/公顷。当把土壤测定与其它农业措施合理结合使用，肯定可以获得更高的产量。

印度的很多观察表明，基于完全土壤测定的施肥可以获得高产高效。资料表明很多省的科学家制定的肥料推荐太保守。在印度北部，与当地省的施肥推荐（表2）相比，根据土壤测定的肥料推荐的处理显著提高了豌豆（450kg/ha）和鹰嘴豆（1390kg/ha）的产量。施入P和K后两种作物产量显著提高（资料未列出）。对两种作物来说，在施入N、P、K后再添加S和Zn，产量进一步提高。锰和硼这两种微量元素对两种作物也有影响（资料未列出），只是在豌豆上要更明显些。

表2：在印度北部在豌豆和鹰嘴豆作物上就选定的处理进行不同的肥料处理所产生的效果

作物	处理	作物产量 Kg/ha	秸秆产量 Kg/ha
豌豆	N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> S <sub>40</sub> Zn <sub>20</sub> Mn <sub>10</sub> B <sub>5</sub>	3,200	4,470
	地方肥料推荐	2,750	3,870
	N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> S <sub>0</sub> Zn <sub>20</sub> Mn <sub>10</sub> B <sub>5</sub>	2,900	4,000
	N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> S <sub>40</sub> Zn <sub>0</sub> Mn <sub>10</sub> B <sub>5</sub>	2,920	4,020
	N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> S <sub>40</sub> Zn <sub>20</sub> Mn <sub>0</sub> B <sub>5</sub>	3,000	4,170
	C.D.5%	137	182
鹰嘴豆	N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> S <sub>40</sub> Zn <sub>20</sub> Mn <sub>10</sub> B <sub>5</sub>	3,390	4,770
	地方肥料推荐	2,000	2,800
	N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> S <sub>0</sub> Zn <sub>20</sub> Mn <sub>10</sub> B <sub>5</sub>	2,800	3,930
	N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> S <sub>40</sub> Zn <sub>0</sub> Mn <sub>10</sub> B <sub>5</sub>	2,900	4,100
	N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> S <sub>40</sub> Zn <sub>20</sub> Mn <sub>0</sub> B <sub>5</sub>	3,180	4,450
	C.D.5%	463	653
C.D.= 临界差			

在印度东部五个点的农民们使用了基于土壤测定的肥料推荐使水稻生产产生了更好效益(表3)。有趣的是农民使用自己的施肥量替代省的施肥推荐时,水稻产量平均损失还更少些,但这两种施肥获得的效益都比基于土壤测定的推荐少得多。

表3 印度东部相比土壤测定得出的肥料推荐、省的推荐和农民施肥损失的利益(元)

试验点	省的肥料推荐损失	农民施肥损失
1	-57.70	-53.15
2	-54.20	-
3	-65.40	-52.25
4	-55.75	-69.50
5	-47.00	-37.20
平均	-56.00	-53.00

在西藏高原,试验研究表明基于土壤测定的肥料推荐比目前农民的施肥显著地增加了青稞和小麦的产量。青稞和小麦分别提高了1,733 kg/ha和493 kg/ha。这些提高的产量给农民们带来的额外收益,分别约为2500元人民币/ha和660元/ha。在相邻两个地方的青稞和小麦示范得到了相同的结果。

纵观整个亚洲,没有重复的多点田间示范网络给农民提供了一个有效展示渠道,即基于土壤测定的肥料推荐比当地政府的肥料推荐或他们自己的习惯施肥更高效。尽管许多结果对目前的习惯措施能产生很大影响,但资料还未正式发表。例如,在印度东部,基于土壤测定的肥料推荐支出(672元)比省推荐(344元)和农民习惯(472元)高得多,但带来的效益却比省推荐和农民习惯分别提高了1464元和1192元/公顷(表4)。保守的推荐显然不能给农民带来效益。

表4 印度东部五个田间示范土壤测定得出的肥料推荐(ST)、省推荐(SR)和农民习惯(FP)的肥料成本和农民收益之间的平均值比较

	肥料成本 元/ha			收益 元/ha	
	ST	SR	FP	ST比SR	ST比FP
平均值	670	334	472	1464	1193

中国福建省的两个蜜柚示范结果说明,基于土壤测定的施肥的产量比农民习惯施肥平均高7吨/公顷,多收入6960元/公顷。同样是这个省的两个香蕉试验,土壤测定后的肥料推荐比当地农民习惯施肥多收4320元/公顷。在湖北开展的三个同样的柑桔对比试验,土壤测定施肥平均增加了农民收入2880元/公顷。中国、印度许多省以及亚洲的其他国家有必要利用土壤测定来修正他们的肥料推荐。

## 结论

这篇文章所涉及的数据来自从温带到热带条件下多种作物的田间试验和示范研究,很显然,正确开展的土壤测定是合理施肥和获取最大经济产量的关键。但是,只有当土壤测定完全、

快速、条件可控和准确，得出的结果才真正有用。

土壤测定需要花钱。然而，应该把它看成作物生产或耕种过程中成本的一部分。如果照这篇文章所举的例子去做，即使是按较高的分析成本估算，农民还是可以得到很好的效益。如果把一次土壤测定结果可用于两季或三季作物——取决于种植模式，因为分析成本可分摊在许多作物上，肥料推荐的价值则会提高。对多年生作物来说，合理的土壤和植株分析产生的效益可以延续很多年，这使得投入成本变得最小，为明智之举。

土壤测定还有一个不为人知的好处。基于土壤测定的肥料推荐可以提高肥料利用率，意味着有更多施入的肥料被作物吸收，进一步提高了产量。作物高产会产生更多有机物并返还到土壤中，减少了流失到环境中的氮，这对水和空气的质量是相当重要的。将土壤测定的优点综合考虑，整个农业领域中它应当被积极地倡导和使用。

鲍哲善博士是钾磷肥研究所/加拿大钾磷肥研究所的前副总裁，中国与印度项目部主任（已退休）。

斯多福博士是钾磷肥研究所/加拿大钾磷肥研究所国际项目的前协调员，加拿大钾磷肥研究所的前总裁及钾磷肥研究所的前副总裁（已退休）。

#### 鸣谢

作者真诚感谢K.N.Tiwari, Kaushik Majumdar, 陈防, 涂仕华, 和 Darshani Kumaragamage 博士以及他们的合作者，为本文提供了PPI/PPIC资助项目的相关数据。

土壤分析数据(Sam Portch and Arvel Hunter, 2002)由北京的中国农业科学院(CAAS)/PPIC实验室和美国佛罗里达州的Agro Services International提供的。

#### 参考资料

Portch.Sam,and Arvel Hunter. 2002. A Systematic Approach to Soil Fertility Evaluation and Improvement. PPI/PPIC China program Special Pub.No.5

Note: The publication A systematic Approach to Soil Fertility Evaluation and Improvement is available on request. Contact the PPIC office in Saskatoon, Saskatchewan; telephone (306) 652-3525, fax (306)664-8941, e-mail:gsulewski@ppi-ppic.org

注释：需要《土壤肥力测试及提高的系统方法》一书的可联系加拿大萨斯卡其湾省萨斯卡通市的加拿大钾磷肥研究所办公室。电话：(306)652-3525,传真：(306)664-8941, E-mail: gsulewski@ppi-ppic.org

(原文自 Better Crop Vol. LXXXIX(89)2005(1)28-32. 谢玲 译 涂仕华 校)

## Potential productivity of sloping land in Yunnan province

—by Guo Yunzhou, Jia Qiuhong, Liu Jianxiang, Zhang Zhongwu,  
Yin Mei

(Institute of Agricultural and Environmental Resources, Yunnan  
Academy of Agricultural Sciences)

Measurements of contour planting in sloping land indicated that balanced fertilization and alley cropping not only increased crop yield, but could prevent soil erosion. This practice has both economic and ecological benefits in Yunnan province.



## 云南坡耕地生产潜力的挖掘

郭云周 贾秋鸿 刘建香 张忠武 尹梅

(云南农业科学院农业环境资源研究所,昆明,650205)

**摘要** 云南坡耕地比重大且利用管理不当,水土流失和季节性干旱突出,是云南坡耕地旱作农业生产上的主要制约因素。试验研究表明,在云南坡耕地上采用“等高种植、平衡施肥、等高经济植物篱条带”相结合的坡耕地治理措施,不仅可以提高玉米产量,实现坡耕地的生物梯化,有效阻止土壤流失,具有良好的经济、生态效益。

**关键词** 坡耕地 水土流失 等高种植 平衡施肥 经济植物篱

云南是一个典型的山地省份,39.4万平方千米国土,然而山地占84%,高原占10%,坝子(山间盆地)、河谷仅占6%,宽广的国土没有赐予世代居住在红土地上的云南人平坦、肥沃、充足的可耕地,恰恰相反,云南省耕地资源紧缺,人均耕地面积低于全国平均水平,而且生产条件差,严重制约着农业的发展。在云南280万公顷耕地中,低产田地(年产出小于200公斤/亩)占35%,中产田地(年产出200~400公斤/亩)占40%,有效灌溉面积只有42%,其余全是雨养旱地,而且绝大多数为坡耕地。

云南低纬度高海拔的季风气候,为云南带来充沛的降水,如2002年全省平均年降水量1252毫米,折合降水总量4933亿立方米,但5~10月雨季降水量就占全年降水的85%以上,并以滇西南居多,丰富的水资源,并没有使云南省少受季节性干旱危害。据云南省环境保护局发布的《2003年云南省环境状况公报》,2003年旱情是近10年来最为严重的一年,农村人畜饮水困难,农作物受旱时间长,范围广,是近15年来的第二个重旱年,因干旱造成灾害直接经济损失达23.98亿元。

云南坡耕地不仅面积大、产出低,而且季节性干旱和水土流失严重,对农民、耕地和水系伤害极大。为此,2000~2004年,在PPI/PPIC的大力支持和涂仕华博士的悉心指导下,我们在云南坡耕地上开展了等高种植、平衡施肥、生物梯化相结合的坡耕地治理研究,为挖掘云南坡耕地的生产潜力提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验概况

本研究采用野外定位径流小区对比试验调查法。

试验于2000~2004年布置在昆明市富民县高仓村、大理州祥云县褚家村两种不同坡度的坡耕地上。高仓村海拔1760米,多年平均年降雨量862毫米,5~10月降雨量占全年的90%,年均温15.8℃,试验地坡度为26%的向西倾斜的坡耕地;褚家村海拔2010米,年降雨量820毫米,90%集中在5~10月,年平均温度14.7℃,试验地坡度为31%的向北倾斜的坡耕地。

供试土壤:高仓村为老冲积红壤,表土为重壤土;褚家村为富铁土纲泥质岩红壤,表土为壤土。供试土壤样品送中加试验室(CAAS/PPIC)作化学分析,性状见表1。

表1 高仓村供试土壤化学性状及肥料推荐量

Site	pH	OM	AA	Ca	Mg	K	Ca/Mg	Mg/K	N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		%	cmol/L	-----ug/ml-----												
富民县	4.5	1.45	1.10	701.4	279.5	172.0	2.51	1.62	12.6	20.7	50.7	0.0	2.2	92.2	23.9	6.5
	肥料推荐量			0.0	0.0	0.0	3500 白云石	0.0	175	100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	1.5	3.0	0.0	0.0	0.0
祥云县	5.2	1.13	0.10	3,046	1,030	78.2	2.96	13.2	28.6	20.7	35.5	0.01	1.9	26.2	54.9	3.2
	肥料推荐量			0.0	0.0	50	0	0	150	150 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15	1.	4	10	0.	2

注：表中数据为中加试验室(CAAS/PPIC)土壤样品化学分析结果与肥料配方推荐。

供试作物：玉米（杂交品种）。

### 1.2 试验设计

研究设五个处理，处理内容见表2，由于野外径流观测小区面积较大，不可能设置重复，只能采用多年的平行监测，获得可靠结果。

表2 试验处理内容及养分用量

试验设计	养分施用量公斤/公顷						种植方式	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Zn	B	平衡施肥		
FP	150~277	46~153	0~88	0	0	×	顺坡种植	
FP+BF	150~180	150~180	72~90	0~2	1~1.5	√	顺坡种植	
FP+A	150~276	46~153	0~88	0	0	×	顺坡种植	等高植物篱
BF	150~180	150~180	72~90	0~2	1~1.5	√	等高种植	
BF+A	150~180	150~180	72~90	0~2	1~1.5	√	等高种植	等高植物篱

注：“FP”表示农民习惯施肥、顺坡种植，“FP+BF”表示平衡施肥、顺坡种植；“FP+A”表示农民习惯施肥、顺坡种植、加上等高植物篱；“BF”表示等高种植、平衡施肥，“BF+A”表示等高种植、平衡施肥、加上等高植物篱；“×”表示不平衡施肥；“√”表示平衡施肥。

### 1.3 小区设置

富民高仓：沿垂直等高线的坡面设置小区，面积为7米×30米，小区之间以及顶部用空心砖支砌，底部各设置7米×0.7米×0.6米的径流和泥沙收集池；祥云褚家：小区面积为7米×27米，小区之间以及顶部用混砖埂隔离，底部用U型水泥槽收集小区冲刷流失的土壤。

### 1.4 经济植物篱条带

在第三处理（FP+A）和第五处理（BF+A）小区内，从下部开始，沿等高线种植三条各1米宽的、由花椒和黄花菜构成的经济植物篱条带，植物篱条带间距9米。花椒树对空种植2行，行距50厘米，株距50厘米，相邻三株之间呈等腰三角形，在花椒树上部45厘米处种植一条黄花菜，株距10厘米；祥云褚家点植物篱仅由花椒构成，种植方式与富民高仓点相同。

### 1.5 小区播种

每年立夏节令播种，品种选择杂交玉米，各处理播种规格：FP、FP+BF、FP+A为70厘米×40厘米，2株/塘；BF、BF+A为70厘米×20厘米，1株/塘。

## 1.6 施肥

根据试验设计和中加试验室(CAAS/ PPIC) 土壤样品化学分析结果及肥料配方建议, 制定出平衡施肥的第二处理 (FP+BF)、第四处理 (BF) 和第五处理 (BF+A) 玉米肥料配方为富民 N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O: B=180: 180: 72: 1.5 公斤/公顷, 三个处理第一年还按 3,500 公斤/公顷施用生石灰粉; 祥云 N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O: B: Zn=150: 120: 90: 1: 2 公斤/公顷, 农民习惯施肥的第一处理 (FP) 和第三处理 (FP+A) 富民 N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 277.5: 153 公斤/公顷; 祥云 N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O=150~193: 102~120: 30~88 公斤/公顷。50% 的氮肥 (尿素)、全部磷肥和钾肥作基肥; 50% 的氮肥和全部硼肥作追肥, 其中氮肥的 75% 用尿素, 25% 用碳铵。

## 2 结果与分析

### 2.1. 产量

仅从试验小区玉米产量 (见表 3) 来看, 无论是富民高仓点还是祥云褚家点, 相同处理年度之间波动较大, 高产年份比低产年份的增产幅度, 祥云褚家点达到 13.15~23.25%, 富民高仓点更高达 41.85~120.46%, 这就是雨养坡耕地生产力随着雨水条件剧烈波动的现实。产量波动幅度最大的是“等高种植+平衡施肥 (BF) 处理”, 最小的是“顺坡种植+习惯施肥+等高植物篱 (FP+A) 处理”。由此看来, 在云南雨养坡耕地上, 水分是玉米高产的最大障碍因子。

玉米产量五年的平均结果, 不同处理之间差异至少达到 90% 显著水准, 而且产量从低到高排列的处理顺序, 两个点是一致的, 为: “顺坡种植+农户习惯施肥+等高植物篱 (FP+A)”、“顺坡种植+农户习惯施肥 (FP)”、“顺坡种植+平衡施肥 (FP+BF)”、“等高种植+平衡施肥+等高植物篱 (BF+A)” 和 “等高种植+平衡施肥 (BF)”。需要指出的是 “FP+A” 和 “BF+A” 两个处理玉米种植面积因等高植物篱条带而比其他三个处理少 10% (富民) ~11% (祥云), 计算产量时并未扣除植物篱条带占地面积。总体来说, 平衡施肥处理玉米产量较高, 农民习惯施肥处理玉米产量较低, 这是由于平衡施肥促进了玉米的长势, 这从富民点玉米叶面积指数 (表 4) 和根系 (表 5) 生长调查得到证实。

表 3 2000~2004 年玉米产量(公斤/公顷)

试验点和 处理	玉米产量					植物篱直接经济产量				
	FP	FP+BF	FP+A	BF	BF+A	FP+A		BF+A		
祥云褚家	2000	6,090.00	7,035.00	5,440.00	7,155.00	7,065.00	—	花椒 0	—	花椒 0
	2001	6,075.00	6,315.00	6,106.70	6,900.00	7,020.00	—	花椒 0	—	花椒 0
	2002	6,973.50	7,174.60	6,836.00	7,857.10	7,529.10	—	花椒 336.0	—	花椒 336.0
	2003	5,661.40	6,137.60	6,071.40	6,719.60	6,904.80	—	花椒 803.6	—	花椒 763.4
	2004	6,214.30	6,267.90	6,160.70	6,375.00	6,321.40	—	花椒 195.0	—	花椒 180.0
富民高仓	2000	4,760.00	6,012.80	5,459.70	10,248.30	9,840.30	黄花菜 0	花椒 0	黄花菜 0	花椒 0
	2001	3,790.50	4,482.00	4,824.00	4,648.50	5,136.00	黄花菜 30.0	花椒 0	黄花菜 58.0	花椒 0
	2002	7,623.80	7,728.60	6,842.90	8,752.40	8,628.60	黄花菜 114.3	花椒 0	黄花菜 223.8	花椒 0
	2003	5,904.80	6,442.90	5,185.20	6,895.20	6,783.10	黄花菜 245.9	花椒 81.7	黄花菜 453.5	花椒 78.8
	2004	6,402.00	8,450.90	6,098.50	8,966.50	8,572.50	黄花菜 1,595.2	花椒 271.4	黄花菜 2,400.0	花椒 261.9

表4 2003-2004年富民玉米叶面积指数

测定日期	BF+A	FP+BF	FP+A	BF	BF+A
03.06.20	0.8891	0.1939	0.2377	0.5445	0.1608
03.06.30	1.4873	0.4389	0.4992	1.1162	0.4851
03.07.10	2.7136	1.187	0.9632	2.4949	0.9814
03.07.20	3.814	1.5862	1.3825	3.1458	1.3319
03.07.30	4.5344	2.1634	1.5809	4.939	1.9128
04.06.10	0.0318	0.039	0.0334	0.0306	0.0338
04.06.20	0.6246	0.4614	0.2475	0.2087	0.0589
04.06.30	1.2816	1.1463	0.7645	0.6111	0.7048
04.07.10	2.5475	2.4576	1.7186	1.4387	1.8893
04.07.20	3.1522	2.913	2.0308	1.7794	2.1801
04.07.30	3.8519	4.1173	2.6899	1.9123	2.3439
04.08.10	3.0276	3.0239	3.0131	2.1098	2.238

表5 2004年富民玉米根系长势调查结果

调查时间		6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	7.3	8.1	9.19
BF+A	平均根条数	8.8	17	18	19.3	21	23.5	27.1	45
	平均根长 cm	8.3	14.2	18.2	26.3	18.7	15.9	13.6	21.2
	根总长 cm	73.3	240.9	327.6	508.2	392.1	372.5	368.6	954.9
BF	平均根条数	8.1	11.3	17.7	19.5	22	24.5	27.2	49.2
	平均根长 cm	8.4	14.2	16.9	32	25.2	18.3	15.1	21.2
	根总长 cm	68.1	160.2	299.8	624	554.8	447.9	410.7	1042.1
FP+BF	平均根条数	8.4	12.7	18.5	20.6	23.3	26	28.8	45
	平均根长 cm	8.1	9.8	15	27	25.8	24.7	21.5	24.8
	根总长 cm	68	124.8	277.9	556.2	602.1	642.2	619.2	1116
FP+A	平均根条数	6.8	11	13.7	16	18.5	26	29.2	35.5
	平均根长 cm	7	10.3	11.4	24.2	16.4	16.1	14.6	12
	根总长 cm	47.7	113.6	156.2	386.7	303	419.4	426.3	427.4
FP	平均根条数	7.2	9.5	13.5	17	18.5	23	27.1	39.7
	平均根长 cm	7.3	8.6	11.2	25.2	19.4	17.6	15.7	17.5
	根总长 cm	52.6	81.7	151.2	428.4	358.9	404.8	425.5	694.8

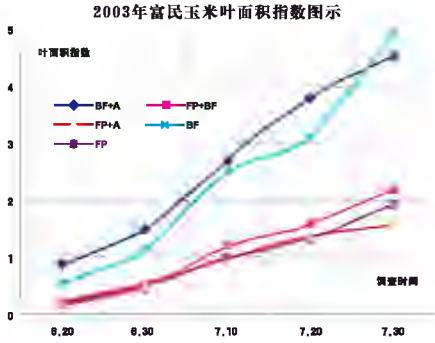


图 1 2003 年富民玉米叶面积指数图示

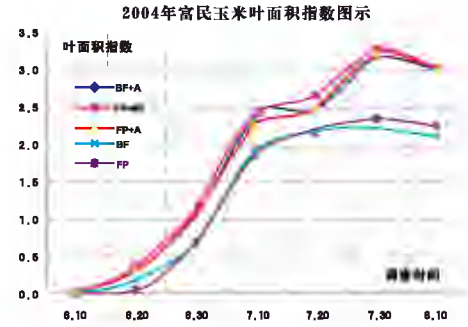


图 2 2004 年富民玉米叶面积指数图示

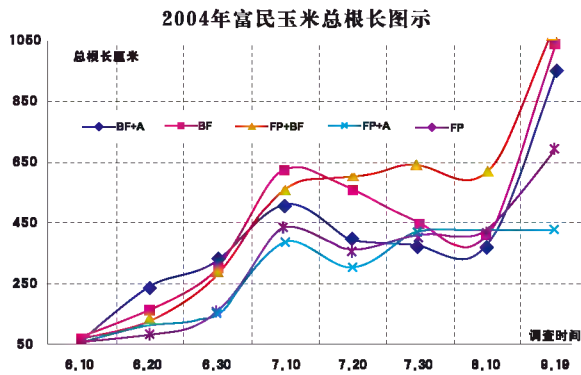


图 3 2004 年富民玉米根系长势动态

## 2.2 产值

表 6 试验不同处理产值(元/公顷)

试验点和处理	玉米产量					植物篱直接经济产量		
	FP	FP+BF	FP+A	BF	BF+A	FP+A	BF+A	
祥云褚家	2000	6,090.00	7,035.00	5,440.00	7,155.00	7,065.00	0	0
	2001	6,075.00	6,315.00	6,106.70	6,900.00	7,020.00	0	0
	2002	6,973.50	7,174.60	6,836.00	7,857.10	7,529.10	1680	1680
	2003	5,661.40	6,137.60	6,071.40	6,719.60	6,904.80	4,018.00	3,817.00
	2004	6,214.30	6,267.90	6,160.70	6,375.00	6,321.40	975	900
富民高仓	2000	4,760.00	6,012.80	5,459.70	10,248.30	9,840.30	0	0
	2001	3,790.50	4,482.00	4,824.00	4,648.50	5,136.00	105	203
	2002	7,623.80	7,728.60	6,842.90	8,752.40	8,628.60	400.05	783.3
	2003	5,904.80	6,442.90	5,185.20	6,895.20	6,783.10	1,269.15	1,981.25
	2004	6,402.00	8,450.90	6,098.50	8,966.50	8,572.50	6,940.20	9,709.50

注: a. 玉米籽粒: 1.00 元.kg<sup>-1</sup>; b. 花椒: 5.00 元.kg<sup>-1</sup>; c. 黄花菜 3.50 元.kg<sup>-1</sup>

单从玉米产值来看, 祥云褚家点各处理之间差异达到 95% 显著水准, 加上经济植物篱产



值后,与玉米产量排列顺序略有不同,处理产值从低到高排列顺序,为:“顺坡种植+农户习惯施肥(FP)”、“顺坡种植+平衡施肥(FP+BF)”、“等高种植+平衡施肥(BF)”、“顺坡种植+农户习惯施肥+等高植物篱(FP+A)”和“等高种植+平衡施肥+等高植物篱(BF+A)”,有等高经济植物篱的处理,产值都较高,可见经济植物篱对坡耕地产值有很好的补充作用;富民高仓点玉米产值差异达到90%显著水准,如加上经济植物篱产值,各处理产值从低到高排列顺序为:“顺坡种植+农户习惯施肥(FP)”、“顺坡种植+平衡施肥(FP+BF)”、“顺坡种植+农户习惯施肥+等高植物篱(FP+A)”、“等高种植+平衡施肥(BF)”和“等高种植+平衡施肥+等高植物篱(BF+A)”。两个点经济植物篱条带经过五年的管理,表现出了较高的直接经济回报。

### 2.3 土壤流失量

2000~2004年两试验点降雨量、土壤流失量结果见表7。各处理五年的平均结果,以顺坡种植+习惯施肥处理(FP)土壤流失量最高,其次为顺坡种植+平衡施肥处理(FP+BF),第三为顺坡种植+习惯施肥+条带植物篱处理(FP+A),第四为等高种植+平衡施肥处理(BF),等高种植+平衡施肥+条带植物篱处理(BF+A)最低。

祥云褚家点,试验不同处理土壤流失量与降雨量之间呈不显著的正相关关系,表明土壤侵蚀是降雨引起的,但降雨量的多少并不是引起土壤侵蚀的主要因子,单位时间降雨量小于相同时间内土壤渗水量,就不会发生侵蚀,反之则产生径流,引发土壤侵蚀,故降雨强度才是影响土壤流失量的主要因素。

富民高仓点,种有等高植物篱条带的“FP+A”和“BF+A”两个处理,土壤流失量与降雨量呈不显著的负相关关系,表明植物篱条带具有克服降雨引起坡耕地土壤侵蚀的作用;“FP”、“BF”和“FP+BF”三个处理的土壤流失量与降雨量呈不显著的正相关关系,表明只要有降雨,就会产生土壤侵蚀,只是土壤侵蚀量的多少则决定于降雨强度。

表7 降雨与土壤流失量(公斤/公顷)

试验点	年份	5-10月降雨(毫米)	FP	FP+BF	FP+A	BF	BF+A
祥云褚家	2000	826.8	5,607.40	2,327.60	3,226.90	1,639.90	952.2
	2001	1078.4	42,841.00	37,382.00	14,775.00	6,884.00	6,498.00
	2002	959	18,828.00	11,884.50	4,837.50	2,056.50	1,501.50
	2003	982.2	50,164.30	41,105.40	9,273.20	10,580.40	5,266.10
	2004	611.8	761.7	479.9	139.3	302.1	75.8
	平均	891.6	23640.5	18635.9	6450.4	4292.6	2858.7
富民高仓	2000	775.4	12,058.50	11,886.50	13,305.00	723	1,036.50
	2001	879.3	5,775.00	3,753.00	2,304.00	2,665.50	471
	2002	777.2	11,697.70	8,969.60	3,527.10	4,248.00	1,554.30
	2003	664.9	2,321.60	852.9	565.4	552.6	237.9
	2004	1028.8	22,876.20	20,761.90	752.4	5,204.80	557.1
	平均	825.1	10945.8	9244.8	4090.8	2678.8	771.4

各项农艺措施阻止土壤侵蚀的效果为:平衡施肥可减少18~27%,等高种植和条带植物篱可以成倍地减少土壤流失。

## 2.4 土壤养分平衡

2004年,对富民高仓点土壤养分的收支(表8)进行了跟踪测定。结果表明,平衡施肥处理中,钾肥投入远没有收获带走的多,在不考虑挥发损失和利用率的情况下,氮肥投入也没有收获带走的多。农民习惯施肥处理中,氮肥投入基本接近收获带走量,钾肥则严重亏损。平衡施肥和农民习惯施肥处理磷肥投入都远高于收获带走量。

表8 2004年富民水土流失观测点各处理土壤养分收支量(单位:公斤/公顷)

处理	施入			籽粒带走			秸秆带走			收获带走合计			土壤流失带走		
	氮	磷	钾	氮	磷	钾	氮	磷	钾	氮	磷	钾	氮	磷	钾
BF+A	180	180	72	124.3	26.8	37.5	90.9	9.2	202.9	215.2	36.1	240.4	0.8	0.9	14.6
BF	180	180	72	118.4	25.5	33.6	88.7	7.9	222.8	207.1	33.3	256.4	6.3	5.7	130.7
FP+BF	180	180	72	108.2	19.1	27.2	66.9	5.6	188.9	175.1	24.7	216.1	24.7	16.8	485.2
FP+A	277.5	153	0	84.8	13.2	18.1	48	4.9	87.2	132.7	18.1	105.3	1.1	1.4	18.4
FP	277.5	153	0	74.9	16	22	56.6	6.9	107.7	131.5	22.9	129.7	30.7	19.2	534.2

## 2.5 梯化趋势

通过连续五年的耕种后,对富民高仓点各个处理小区的梯化趋势进行了调查(表9),种有等高植物篱条带的“FP+A”和“BF+A”两个处理梯化趋势明显:“BF+A”处理上部坡度平均年变缓0.75°,中部年变缓0.79°,下部年变缓0.74°;“FP+A”处理上部坡度年变缓0.74°,中部年变缓0.72°,下部年变缓0.74°。没有植物篱条带的“FP”、“FP+BF”、“BF”三个处理小区梯化较慢:“FP”处理坡度年变缓0.27°;“FP+BF”处理坡度年变缓0.24°;“BF”处理坡度年变缓0.22°。以上结果说明,在没有外来土壤加入而相对封闭的条件下,坡耕地土壤由上往下位移有两种情况,一是地表径流搬运,二是土地翻挖运移,因此沿等高线的条带越窄,越容易梯化。各处理小区和小区的不同部位坡度平均年变化率不一致,一方面是由于土地翻挖差异造成的,另一方面是由于第三、五处理条带窄,第一、二和四条带宽所致。

表9 富民高仓点各处理梯化趋势(厘米)

处理	部位	上		中		下	
		上	下	上	下	上	下
BF+A	2000	0	0	0	0	0	0
	2004	-25	29	-26.8	30	-24.7	28.9
FP+A	2000	0	0	0	0	0	0
	2004	-25.3	28	-24.6	27.4	-25.7	27.7
FP	2000	0	0	0	0	0	0
	2004	-32.7					33.7
FP+BF	2000	0					0
	2004	-26.6					32
BF	2000	0					0
	2004	-25					28

### 3 小结

在云南坡耕地上采用“等高种植、平衡施肥、等高经济植物篱条带”相结合的坡耕地治理措施，表现出了较好的发展前景，包括：

- 1) 平衡施肥可以促进玉米根和叶的生长，产量较高，并对阻止坡耕地土壤流失具有一定的作用，而农民习惯施肥玉米产量较低。
- 2) 良好的经济植物篱不仅加速坡耕地的生物梯化、有效阻止土壤流失，而且表现出了较高的直接经济回报，其经济、生态效益都是非常可观的。
- 3) 等高种植可以有效地阻止坡耕地土壤流失。

### 4 致谢

本文素材源自PPI/PPIC资助项目“云南持续农业的坡地管理”，在此对PPI/PPIC的大力支持和涂仕华博士的悉心指导致以衷心感谢。

## Effect of combined use of potash with micronutrients on yield and quality of local rice in Tianjin

—by Zhou Yimin, Liu Zuo, Zhu Jinghua, Wang Defang, Wang  
Zhengxiang et al.

(SFI, Tianjin Academy of Agricultural Sciences)

Experiments on rice showed that application of N, P, K, Zn, and Mn increased yield and yield components, improved rice quality, and produced great economic benefit.

## 钾与微量元素配合施用对小站稻产量和品质的影响

周艺敏<sup>1</sup> 刘佐<sup>2</sup> 朱静华<sup>1</sup> 王德芳<sup>1</sup> 王正祥<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>天津市土壤肥料研究所 天津 300192,

<sup>2</sup>天津市宝坻区土肥站)



**摘要:** 对天津特产小站稻进行了钾与微量元素配合施用试验。结果显示: 氮磷钾锌锰完全施肥平均穗粒数增加 12.5 粒, 瘪粒率下降 3.34%, 千粒重提高 1 克。比农家常规只施氮磷肥每亩多收 109 公斤。增产稻谷 20.8%。扣除肥料投入比农家常规施肥亩增纯收入 160 元; 水稻品质在一定程度上得到了改善。结果说明: 为了达到水稻的优质高产, 在土壤养分调查基础上应作到钾与微量元素全面配合平衡施肥才能取得增产、增收和改善品质的效果。

“小站稻”是天津特产, 至今已有百年历史。“小站稻”以产量高、米质好而驰名中外。它白里透青, 油光发亮、粘香适口, 回味甘醇是小站稻的特有风味。它的特定品质受到消费者的普遍欢迎, 每年都有大量的小站稻出口。近年来小站稻在施肥管理上注重氮、磷肥的施用而忽视钾及微量元素的平衡施肥, 对小站稻的产量和品质都带来不利影响。本项试验目的是在施用氮磷肥的基础上研究钾与微量元素配合施用对小站稻产量和品质的效果。

### 1. 材料与方法

#### 1.1 试验地基本情况

试验在宝坻区黄庄镇水稻种植场进行。试验总面积 5.8 亩, 于 2003 年 5 月 20 日插秧, 10 月 20 日收割。试验区土壤养分状况见表 1。从土壤养分分析结果看, 该地属中等肥力, 除氮和微量元素锰呈现亏缺外, 钾、磷、锌对于水稻高产来讲呈现潜在亏缺状态。为此我们在农民常规只施氮磷肥基础上开展了钾与微量元素锌、锰配合施用试验。

表 1. 水稻试验区土壤养分基本状况(毫克/公斤)

pH	OM	Ca	Mg	K	N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
7.6	0.8	2706.4	949.6	147.5	3.8	37.45	87.2	3.3	3.75	53.55	8.4	3.15

#### 1.2 试验设计及施肥

试验设置了 4 个处理, 4 次重复, 以农家常规仅施氮磷肥作为对照。水稻小区试验设计及施肥量见表 2。

表 2 水稻小区试验设计及施肥量

试验处理	N 公斤/亩	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 公斤/亩	K <sub>2</sub> O 公斤/亩	ZnSO <sub>4</sub> 公斤/亩	Mn
NP	13	8			
NPK	13	8	4		
NPKZn	13	8	4	2	
NPKZnMn	13	8	4	2	0.5%MnSO <sub>4</sub>

注: 小区面积 240 平方米。磷、钾、锌肥均底施, 氮肥追施, 锰肥在拔节和孕穗期分 2 次叶面喷施。



## 2. 结果与讨论

### 2.1 钾与微量元素配合施用对小站稻生物学性状的影响

水稻生育中期(7月中旬)进行了分蘖情况调查,收获期采样进行了生物学性状调查,自然风干后进行了稻谷的品质分析。生物学性状调查结果见表3。

从生物学性状调查结果看,与农家常规只施氮、磷肥比较,钾及微量元素肥料的投入明显提高了植株分蘖数,增加了总穗数,为水稻增产奠定了基础。从株高看差异不明显,但对构成产量有关的水稻穗长、穗粒数、千粒重来说差异明显,均随着配合施用养分种类的增加而增高。与氮磷处理相比,氮磷钾锌锰完全施肥平均穗粒数增加12.5粒,瘪粒率下降3.34%,千粒重提高1克。收获期时适遇大风,农家常规施肥区80%以上出现倒伏,但氮磷钾区及钾与锌、锰配合区几乎没有倒伏。见图片2-6。

表3 钾、锌、锰肥配合施用对水稻生物性状的影响

试验处理	株高 厘米	穗长 厘米	穗粒数	瘪粒率 %	千粒重 克	最高穴分蘖数
NP	105.2	16.1	139.9	6.36	24.65	31.20
NPK	104.8	16.5	140.4	4.20	25.10	31.90
NPKZn	103.4	16.6	143.5	3.97	25.23	32.65
NPKZnMn	106.7	16.9	152.4	3.02	25.65	34.20

### 2.2 钾与微量元素配合施用的增产效果

从产量结果看,氮磷钾锌锰配合施用亩产量达到634公斤,比农家常规施肥每亩多收109公斤,亩增产20.8%,达到最高。其次是氮

表4.水稻产量调查结果

处理	重 复				小区平均 公斤/区	公斤/亩	增产%	增收 元/亩
NP	59.7	64.8	64.0	63.4	63.0	525a	0	0
NPK	66.7	69.0	69.3	67.1	68.0	567b	8.1	58
NPKZn	71.7	75.7	72.4	71.4	72.8	607c	15.6	118
NPKZnMn	74.2	73.8	75.7	80.5	76.1	634cd	20.8	160

水稻:1.6元/公斤 K<sub>2</sub>O:2.30元/公斤 硫酸锌1.70元/公斤,锰喷施2元/公顷

LSD(0.05)=30.0 LSD(0.01)=40.1

磷钾锌配合施用区,每亩多收82公斤,亩增产15.6%,氮磷钾肥配合施用区每亩多收42公斤,增产8.0%。结果表明要获得高产我们必须注重养分的均衡供给,平衡施肥,才能达到增产效果。钾及微量元素配合施用也明显增加了收入。与对照比扣除肥料投入,每亩增加收入58~160元,效益可观。

### 2.3 钾与微量元素配合施用对小站稻品质的影响

对水稻品质分析结果表明(表5),与对照比,钾与微量元素配合施用各处理的稻谷淀粉

含量有下降,粗蛋白含量有上升趋势,粗脂肪含量钾与锌锰完全配合处理增加最高。从亩总产量分析,钾及微量元素的配合施用对提高稻米品质总量有明显效果。

表5 水稻品质分析结果

试验处理	粗脂肪 (%)	粗淀粉 (%)	粗蛋白 (%)	Zn (毫克/公斤)
NP	2.47	81.47	8.58	13.5
NPK	2.46	80.16	8.70	16.5
NPKZn	2.32	80.14	8.68	15.8
NPKZnMn	2.54	80.82	8.58	14.4

### 3. 小结

根据土壤养分分析结果对天津小站稻进行了钾与微量元素配合施用试验。结果表明:与农家常规只施氮磷肥对比,增施钾肥及微量元素锌和锰肥明显提高了水稻的分蘖数,增加了穗长、穗粒数、千粒重,降低了瘪粒率,使水稻增产8.1%~20.8%,亩增收58~160元;水稻品质在一定程度上得到了改善。表明钾配合其他元素平衡施用才能取得增产、增收和改善品质的效果。



图1: 天津市宝坻区黄庄镇水稻种植厂水稻小区试验



图2, 3: 收获期遇大风, 常规施氮磷肥区80%倒伏, 但钾与微量元素配合施用区未见倒伏。

(图3、4、5、6见37页)

(接 40 页)



图 3：常规只施氮磷肥的稻穗小，瘪粒多。图 4：水稻氮磷钾肥配合施用区稻穗饱满



图 5, 6：配合钾及微量元素锌、锰后，稻穗长，穗粒又饱满。呈现丰收景象。

## Balanced fertilization on tomato, cucumber and eggplant

—by Sun Kegang, Li Bingqi, Jin Hui, Yang Zhanping

(SFI, Henan Academy of Agricultural Sciences)

Potash experiments on vegetables indicated that rational application of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O for tomato, cucumber and eggplant is 30-20-20 kg/mu.



# 番茄、黄瓜和茄子平衡施用钾肥试验与示范推广

孙克刚 李丙奇 金辉 杨占平

河南省农业科学院土壤肥料研究所, 郑州, 450002



**摘要:** 通过在番茄、黄瓜和茄子上的钾肥试验, 结果表明: 番茄最佳氮磷钾配比为 30: 20: 20 公斤/亩, 番茄产量可达 8645 公斤/亩。黄瓜最佳氮磷钾配比为 30: 20: 20 公斤/亩, 黄瓜产量可达 4015 公斤/亩。茄子最佳氮磷钾配比为 30: 20: 20 公斤/亩, 茄子产量可达 6201 公斤/亩。

**关键词:** 钾肥 番茄 黄瓜 茄子

蔬菜生产与城乡人民生活密切相关。因此, 搞好蔬菜生产, 抓好“菜园子”, 确保蔬菜供应总量, 解决好供求矛盾; 同时提高菜地的产出能力, 培肥菜园土壤, 保护菜地土壤不致污染, 是当前和今后蔬菜生产的一项艰巨任务。

河南省近几年蔬菜生产开始由数量型向品种、质量型转变。各地普遍大力提倡和推广反季节菜、洋菜中种、冬暖式大棚生产, 上市蔬菜中鲜细菜比重大大提高, 蔬菜品种比 80 年代末增加近 20 种, 从而满足了不同层次的消费需求。一年三茬、一年四茬、一年五茬等轮作倒茬及保护地面积的扩大, 特别是近几年兴起的节能型日光温室发展更为迅速(全省已达 15 万亩), 填补了淡季少菜的空白, 实现了一年四季蔬菜品种齐全, 市场价格合理的局面。菜农针对市场需求, 合理安排种植时间, 选择适当茬口、轮作方式, 增加了本身的经济效益, 推动了生产发展。由加拿大钾磷研究所北京办事处(PPIC 北京办事处)资助, 在番茄、黄瓜和茄子蔬菜上进行了钾肥用量试验和示范推广工作。

## 1 材料与方方法

1.1 我们在安阳、新乡、许昌进行的蔬菜钾肥试验和示范。土壤基本性状见表 1。樱桃番茄、黄瓜和茄子试验处理均为 6 个, 氮肥和磷肥普施, 氮肥为 30 公斤/亩, 磷肥为 20 公斤/亩, 钾肥为 6 个处理。N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 用量分别为: ①氮肥 30 公斤/亩, 磷肥 20 公斤/亩, 钾肥 0 公斤/亩, ②氮肥 30 公斤/亩, 磷肥 20 公斤/亩, 钾肥 5 公斤/亩, ③氮肥 30 公斤/亩, 磷肥 20 公斤/亩, 钾肥 10 公斤/亩, ④氮肥 30 公斤/亩, 磷肥 20 公斤/亩, 钾肥 15 公斤/亩, ⑤氮肥 30 公斤/亩, 磷肥 20 公斤/亩, 钾肥 20 公斤/亩, ⑥氮肥 30 公斤/亩, 磷肥 20 公斤/亩, 钾肥 25 公斤/亩。小区面积 20~30 平方米, 重复 3 次, 随机区组排列。田间管理按丰产田要求, 并记载生物学性状。播种前取土壤样品送河南农科院土肥所分析。钾肥用加拿大产氯化钾。同时在上述地方进行了钾肥大田示范工作。

表 1 供试土壤理化性状

地点	pH	有机质 %	全氮 %	碱解氮(毫克/公斤)	速效磷(毫克/公斤)	速效钾(毫克/公斤)
汤阴	8.1	1.4	0.80	80.5	10.3	80
新乡	7.9	1.3	0.78	78.3	9.8	70
许昌	7.6	1.4	0.67	70.1	8.9	65



1.2 示范 示范处理为(1)氮磷配施,氮肥30公斤/亩,磷肥20公斤/亩,(2)氮磷钾配施,氮肥30公斤/亩,磷肥20公斤/亩,钾肥20公斤/亩。要求以不施钾的为对照,观察施钾示范区的增产增收效果,每个示范点至少能代表面积1~45亩以上。

1.3 技术宣传 以新乡、许昌、安阳、洛阳、孟津、驻马店等县为重点结合农时季节举办培训班;利用农村集会搞科普咨询;利用报刊杂志,介绍科技新知识;作物试验示范效果明显时召开现场会等多种形式与途径,加快技术成果的转化与辐射。

## 2 试验结果与经济效益分析

### 2.1. 樱桃番茄施用钾肥用量试验

#### 2..1.1 钾肥回归方程计算

在氮、磷肥施用水平固定的情况下,根据钾肥施用水平和作物产量建立了钾肥与番茄产量的效应方程。相关系数达到0.99以上。

$$Y = 6479.25 + 175.349 K - 3.696 K^2$$

F值为78.35, R相关系数0.9906

由方程计算出最高产量施肥量为23.72公斤/亩,番茄产量为8559公斤/亩。最佳产量施肥量为23.12公斤/亩,番茄产量为8557.7公斤/亩。

#### 2.1.2. 樱桃番茄施用钾肥用量试验效应分析

从表2看出樱桃番茄氮磷钾肥施用量为N<sub>30</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub>产量最高达8645公斤/亩,利润最大4129元/亩,产值最大为4322元/亩,与各个处理均达到5%显著性,与最高施钾量没有达到1%的显著性,与其他处理达到1%显著性。说明N<sub>30</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub>处理为最佳处理。最高钾肥施用量N<sub>30</sub>P<sub>20</sub>K<sub>25</sub>处理产量为第2位达8521公斤/亩,利润也是第2位4056元/亩,产值为第2位4261元/亩,在钾肥用量从5公斤/亩到20公斤/亩之间,樱桃番茄的产量、产值和利润均随钾肥施用量的增加而增加。当钾肥用量到25公斤/亩时樱桃番茄的产量、产值和利润均比钾肥用量20公斤/亩时低。因此,樱桃番茄最佳施肥处理为N<sub>30</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub>。

表2 樱桃番茄钾肥用量试验结果

樱桃番茄钾肥试验(汤阴县2004年),底施4000(公斤/亩)有机肥												
施肥处理(公斤/亩)			产量	显著性		与最高产量差		经济分析				
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	公斤/亩	5%	1%	公斤	%	产值	成本	利润	与最高差	产投比
30	20	0	6429	f	E	2216	25.6	3215	150	3065	1064	21.4
30	20	5	7372	e	D	1273	14.7	3686	161	3525	604	22.9
30	20	10	7871	d	C	774	9.0	3936	172	3764	365	22.9
30	20	15	8106	c	B	539	6.2	4053	183	3870	259	22.1
30	20	20	8645	a	A	0	100.0	4323	194	4129	0	22.3
30	20	25	8521	b	A	124	1.4	4261	205	4056	73	20.8
LSD <sub>0.05</sub> =119.95				LSD <sub>0.01</sub> =170.6				价格(元/公斤) N 3.0、P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 3.0、K <sub>2</sub> O 2.2、番茄 0.50				

## 2.2. 黄瓜施用钾肥用量试验

### 2.2.1 钾肥回归方程计算

由表3黄瓜产量和钾肥施用量通过回归方程计算出钾肥用量与番茄的回归效应方程,相关系数达到0.99以上。

$$Y = 2782.6 + 102.0868 K - 2.224K^2$$

F值为88.89, R相关系数0.9917

由方程计算出最高产量施肥量为22.9公斤/亩,黄瓜产量为3953.8公斤/亩。最佳产量施肥量为21.9公斤/亩,黄瓜产量为3951.6/亩。

### 2.2.2. 黄瓜施用钾肥用量试验效应分析

从表3看出,六个处理之间均达到了1%和5%的显著性差异。黄瓜氮磷钾肥施用量为 $N_{30}P_{20}K_{20}$ 产量最高达4015公斤/亩,利润最大1814元/亩,产值也是最大为2008元/亩,与各个处理均达到5%和1%显著性。说明 $N_{30}P_{20}K_{20}$ 处理为最佳处理。最高钾肥施用量 $N_{30}P_{20}K_{25}$ 处理产量为第2位达3899公斤/亩,利润也是第2位1745元/亩,产值为第2位1950元/亩,与各个处理也达到5%和1%显著性差异。在钾肥用量从5公斤/亩到20公斤/亩之间,黄瓜的产量、产值和利润均随钾肥施用量的增加而增加。当钾肥用量到25公斤/亩时黄瓜的产量、产值和利润均比钾肥用量20公斤/亩时低。因此,黄瓜最佳施肥处理为 $N_{30}P_{20}K_{20}$ 。

表3 黄瓜钾肥用量试验结果

黄瓜钾肥试验(许昌市半截河乡2004年),底施3000(公斤/亩)有机肥												
施肥处理(公斤/亩)			产量	显著性		与最高产量差		经济分析				
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	公斤/亩	5%	1%	公斤	%	产值	成本	利润	与最高差	产投比
30	20	0	2829	f	F	1186	29.5	1415	150	1265	549	9.4
30	20	5	3155	e	E	860	21.4	1578	161	1417	397	9.8
30	20	10	3596	d	D	419	10.4	1798	172	1626	188	10.5
30	20	15	3800	c	C	215	5.4	1900	183	1717	97	10.4
30	20	20	4015	a	A	0	100.0	2008	194	1814	0	10.3
30	20	25	3899	b	B	116	2.8	1950	205	1745	69	9.5
LSD <sub>0.05</sub> =53.15				LSD <sub>0.01</sub> =75.6				价格(元·公斤 <sup>-1</sup> ) N 3.0、P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 3.0、K <sub>2</sub> O 2.2、黄瓜 0.50				

## 2.3. 茄子施用钾肥用量试验

### 2.3.1 钾肥回归方程计算

由表4茄子产量和钾肥施用量通过回归方程计算出钾肥与番茄的回归效应方程,相关系数达到0.99以上。

$$Y = 5040.6 + 110.349K - 2.846K^2$$

F值为82.549, 相关系数为0.9910

由方程计算出最高产量施肥量为19.3公斤/亩,茄子产量为6110.4公斤/亩。最佳产量施肥量为18.6公斤/亩,茄子产量为6108.7公斤/亩。

### 2.3.2. 茄子施用钾肥用量试验效应分析

从表4看出:茄子氮磷钾肥施用量为 $N_{30}P_{20}K_{20}$ 产量最高达6201公斤/亩,利润最大为2907元/亩,产值也是最大为3101元/亩,与各个处理均达到5%和1%显著性。最高钾肥施用量 $N_{30}P_{20}K_{25}$ 处理产量为第3位达5977公斤/亩,利润也是第3位2784元/亩,产值为第3位2989元/亩,与 $N_{30}P_{20}K_{15}$ 处理没有达到1%和5%显著性差异外,与其他各个处理也达到5%和1%显著性差异。在钾肥用量从5公斤/亩到20公斤/亩之间,茄子的产量、产值和利润均随钾肥施用量的增加而增加。当钾肥用量到25公斤/亩时茄子的产量、产值和利润均比钾肥用量20公斤/亩时低。茄子的最佳施肥处理为 $N_{30}P_{20}K_{20}$ 。

表4 茄子钾肥用量试验结果

茄子钾肥试验(辉县市2004年),底施3000(公斤/亩)有机肥												
施肥处理(公斤/亩)			产量	显著性		与最高产量差		经济分析				
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	公斤/亩	5%	1%	公斤	%	产值	成本	利润	与最高差	产投比
30	20	0	5043	e	E	1158	18.6	2522	150	2372	535	16.8
30	20	5	5552	d	D	649	10.4	2776	161	2615	292	17.2
30	20	10	5796	c	C	405	6.5	2898	172	2726	181	16.8
30	20	15	6037	b	B	164	2.6	3019	183	2836	71	16.5
30	20	20	6201	a	A	0	100.0	3101	194	2907	0	16.0
30	20	25	5977	b	B	224	3.6	2989	205	2784	123	14.6
LSD <sub>0.05</sub> = 66.5				LSD <sub>0.01</sub> = 94.7				价格(元/公斤) N 3.0、P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 3.0、K <sub>2</sub> O 2.2、茄子 0.50				

### 3. 黄瓜、番茄、茄子施用钾肥的示范结果

从表5看出,施用钾肥蔬菜增产效果高于大田作物小麦和玉米,每公斤氧化钾在蔬菜上增产效果远远大于大田,蔬菜上每公斤氧化钾增产在60公斤左右。樱桃番茄、黄瓜、茄子施用钾肥比不施用钾肥产量分别提高16.6%、46.2%和25.9%。每公斤氧化钾分别增产52.7公斤、63.2公斤和62.5公斤。产值分别增加3699元、2001元和3036元。利润分别增加3505元、1807元和2842元。

表5 黄瓜、番茄、茄子示范产量结果与经济效益分析表

作物	地点	施肥量(公斤/亩)			产量 (公斤/亩)	增产		1公斤 K <sub>2</sub> O增产	产值	成本	利润	产投 比	示范 面积亩
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		公斤	%						
樱桃	安阳	30	20	0	6344	-	-	-	3172	150	3022	20	-
番茄		30	20	20	7399	1054	16.6	52.7	3699	194	3505	18	5
黄瓜	许昌	30	20	0	2738	-	-	-	1369	150	1219	8	-
		30	20	20	4002	1264	46.2	63.2	2001	194	1807	9	5
茄子	新乡	30	20	0	4823	-	-	-	2412	150	2262	15	-
		30	20	20	6073	1249	25.9	62.5	3036	194	2842	15	5

注:价格(元·公斤<sup>-1</sup>) N 3.0、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.0、K<sub>2</sub>O 2.2、茄子 0.50; 樱桃番茄 0.5; 黄瓜 0.5

## 4 小结

4.1.通过在蔬菜上进行钾肥试验结果表明：施用钾肥可大幅度提高蔬菜的产量，增加农民收入，改善农民生活水平。

4.2 施用钾肥可提高番茄产量 2216 公斤/亩，氮磷钾配施时，番茄产量可达 8645 公斤/亩。最高产量施用钾肥量为 23.7 公斤/亩，番茄产量为 8559 公斤/亩。最佳产量施用钾肥量为：23.1 公斤/亩，番茄产量为 8557 公斤/亩。

4.3 施用钾肥可提高黄瓜产量 1186 公斤/亩，氮磷钾配施时，黄瓜产量可达 4015 公斤/亩。最高产量施用钾肥量为 22.9 公斤/亩，黄瓜产量为 3953.8 公斤/亩。最佳产量施用钾肥量为：21.9 公斤/亩，黄瓜产量为 3951.6/亩。

4.4. 施用钾肥可提高茄子产量 1158 公斤/亩，氮磷钾配施时，茄子产量可达 6201 公斤/亩。最高产量施用钾肥量为 19.3 公斤/亩，茄子产量为 6110.4 公斤/亩。最佳产量施用钾肥量为 18.6 公斤/亩，茄子产量为 6108.7 公斤/亩。

### 参考文献

- 1.菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥，谢建昌，陈际型编著，海河大学出版社，1997
- 2.塑料大棚园艺，赵鸿钧编著，科学出版社。
- 3.蔬菜生产技术大全，刘宜生主编，中国农业出版社。

## Effect of balanced use of NPK fertilizers on yield of radish and nutrient use efficiency

—by Duan Yu, Tuo Debao, Zhao Peiyi

(Institute of Plant Nutrition and Test, Inner Mongolia Academy of  
Agricultural and Animal Husbandry Sciences)

This paper investigated the effect of potash on carrot in chestnut soil in Inner Mongolia. The application rate of potash for maximum yield was 10.7 kg K<sub>2</sub>O /mu. The N, P, and K use efficiencies were also calculated.



## 内蒙古栗钙土施氮磷钾肥对胡萝卜产量 和肥料利用率的影响

段玉 妥德宝 赵沛义

内蒙古农牧科学院植物营养与分析研究所, 呼和浩特, 010031



**摘要:** 本文对内蒙古栗钙土区胡萝卜增施氮磷钾化肥进行研究, 研究表明磷肥的增产效果大于氮肥增产效果, 氮肥增产效果又大于钾肥的效果。在氮磷肥基础上增施钾肥, 随着钾肥用量的增加产量增加, 根据施钾量与产量的关系, 获最高产量时施肥量为10.7公斤/亩, 再增加钾肥用量产量有所下降。每生产1000公斤胡萝卜需从土壤中吸收N 3.76公斤, 吸收 $P_2O_5$  1.81公斤, 吸收 $K_2O$  6.16公斤。氮肥(N)的肥料利用率为53.4%, 磷肥( $P_2O_5$ )的肥料利用率为32.1%, 钾肥( $K_2O$ )的利用率为48.1%-104.6%, 随着钾肥用量的增加钾肥利用率降低。

**关键词:** 胡萝卜 氮磷钾肥效 肥料利用率

内蒙古自治区是我国优质胡萝卜的生产大省。每年种植面积约150万亩, 由于独特的地理气候条件, 其产品的质量在全国驰名, 不仅在国内各大城市有售, 而且远销日本、韩国及东南亚, 形成了内蒙古有特色的农产品, 带动了当地农业产业化发展。但是, 由于大面积连年种植, 产品的产量和品质明显下降, 如察右中旗的胡萝卜1994年开始种植时, 其单产可达7000公斤/亩, 而近几年产量仅为3500公斤/亩。其中的主要原因是有机肥施用不足、单一施用氮肥、磷肥, 钾肥和微量元素供应不足, 作物营养平衡失调。通过进行钾磷肥施用技术的研究, 充分利用钾肥“品质元素”的优势, 促进其品质的提高, 遏制胡萝卜产量与品质的下降, 对增加农民收入, 保持产业结构调整的成果有重要作用。

### 1 试验材料和方法

试验在内蒙古察右中旗乌素图乡进行, 土壤为栗钙土, 沙壤, 耕层深厚, 肥力中等, 历年胡萝卜产量3333公斤/亩左右, 井灌方便。土壤基础养分含量见表1。

表1 供试土壤养分状况

编号	试验地	pH	OM %	Ca	Mg	K	N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
ATT/W/01	胡萝卜	8.55	0.65	2179.3	273.1	101.25	14.35	15.6	2.55	1.45	2.75	14.5	16.2	3.4

试验设7个处理, 随机排列, 四次重复, 小区面积30平方米(7.5米×4米), 见表2

表2 胡萝卜施用磷钾肥试验处理

处 理	PK <sub>2</sub>	NK <sub>2</sub>	NP	NPK <sub>1</sub>	NPK <sub>2</sub>	NPK <sub>3</sub>	NPK <sub>4</sub>
纯养分量 公斤/亩	N	0	9	9	9	9	9
	$P_2O_5$	6	0	6	6	6	6
	$K_2O$	8	8	0	4	8	12

试验所用肥料: 氮肥为尿素含N 46%, 磷肥为三料磷含 $P_2O_5$  47%, 钾肥为氯化钾含 $K_2O$  60%,

所有肥料均一次性深施。

试验管理同一般生产田，生育期生长正常，按时收获。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 施肥的增产效果和经济效益分析

胡萝卜于5月5日播种，9月13日收获，产量结果如表3。

表3 胡萝卜磷钾肥试验结果

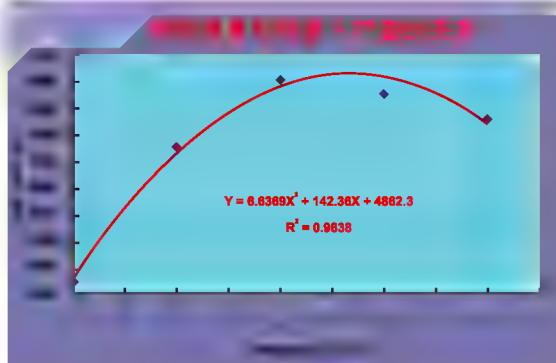
处理	折合产量 (公斤/亩)	差异显著性		商品率 %	施肥增产		施肥增收 元/亩	施肥成本 元/亩	纯收入 元/亩
		5%	1%		公斤/亩	%			
NPK <sub>2</sub>	5606.7	a	A	81.0	762.2	15.7	3364.7	65.0	3299.7
NPK <sub>3</sub>	5553.3	a	AB	81.0	707.2	14.6	3331.7	75.0	3256.7
NPK <sub>4</sub>	5466.7	ab	ABC	79.9	618.9	12.8	3278.7	85.0	3193.7
NPK <sub>1</sub>	5346.7	bc	BC	82.8	500.6	10.3	3207.7	55.0	3152.7
NP	4846.7	c	C	86.9	762.2	15.7	2907.3	45.0	2862.3
NK <sub>2</sub>	4760.0	c	C	76.2	847.2	17.8	2856.3	47.0	2809.3
PK <sub>2</sub>	4453.3	c	C	84.6	1151.7	25.8	2673.7	38.0	2635.7

注：N3.0元/公斤，P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>3.0元/公斤，K<sub>2</sub>O2.5元/公斤，胡萝卜0.6元/公斤。

方差分析结果表明，NPK<sub>2</sub>、NPK<sub>3</sub>和NPK<sub>4</sub>三个处理与NP、NK<sub>2</sub>、PK<sub>2</sub>三个处理间有显著差异，NPK<sub>2</sub>处理与NP、NK<sub>2</sub>和PK<sub>2</sub>三个处理有极显著差异。在七个处理中，NPK<sub>2</sub>处理产量最高，达5606.7公斤/亩，纯收入为3299.7元/亩。NPK<sub>2</sub>处理与缺素区相比，增施N增产1151.7公斤/亩，增施P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>增产847.2公斤/亩，增施K<sub>2</sub>O增产762.2公斤/亩，增产率分别为25.8%，17.8%和15.7%。每公斤N增产胡萝卜128公斤，增收74元，每公斤P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>增产胡萝卜141.2公斤，增收81.7元，每公斤K<sub>2</sub>O增产胡萝卜95.3公斤，增收54.7元。说明胡萝卜施肥的经济效益非常好。

### 2.2 钾肥用量与胡萝卜产量的关系

在施用氮磷的基础上施用钾肥，每公斤K<sub>2</sub>O增产胡萝卜，K<sub>1</sub>为125.0公斤，增收72.5元，K<sub>2</sub>为95.0公斤，增收54.5元，K<sub>3</sub>为58.9公斤，增收32.8元，K<sub>4</sub>为38.8公斤，增收20.8元。钾肥用量与产量间呈抛物线关系（见图），其回归方程为： $Y=4862.3+142.36X-6.6369X^2$   $R^2=0.98$ ，获最高产量时施肥量为：10.7公斤/亩，此时产量最高达5625.7公斤/亩，当施肥利润与施肥成本相等时施肥的最经济，经计算最佳施肥量为10.4公斤/亩，此时产量为5625公斤/亩。



### 2.3 肥料利用率

收获时各处理分别取5株样品混合后测定地上和地下部分植株养分含量，见表4。

表4 施肥对胡萝卜 N、P、K吸收量的影响

处理		PK <sub>2</sub>	NK <sub>2</sub>	NP	NPK <sub>1</sub>	NPK <sub>2</sub>	NPK <sub>3</sub>	NPK <sub>4</sub>	
施肥量 (公斤/亩)	N	0	9	9	9	9	9	9	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6	0	6	6	6	6	6	
	K <sub>2</sub> O	8	8	0	4	8	12	16	
养分吸收量 kg/ha	肉质根	N	4.01	4.62	4.80	5.29	5.61	5.55	5.46
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.24	4.42	4.56	4.96	5.40	5.22	5.11
		K <sub>2</sub> O	10.83	12.38	10.76	12.14	12.22	12.72	13.55
	叶	N	12.39	13.42	13.69	14.87	15.60	15.20	15.20
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.47	3.81	4.32	4.56	4.76	4.70	4.61
		K <sub>2</sub> O	19.64	18.31	17.65	19.49	20.44	20.75	21.59
	合计	N	16.40	18.04	18.48	20.16	21.21	20.75	20.66
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8.71	8.24	8.88	9.51	10.16	9.93	9.73
		K <sub>2</sub> O	30.47	30.68	28.41	31.63	32.67	33.46	35.14
肥料利用率 %	N	0	0	0	0	53.4	0	0	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0	0	0	32.1	0	0	
	K <sub>2</sub> O	0	0	0	104.6	65.3	50.2	48.1	

注：肥料利用率(%) = (施肥区吸收量 - 缺素区吸收量) / 施肥量 × 100

每生产 1000 公斤胡萝卜需从土壤中吸收 N3.66-3.81 公斤，平均为 3.76 公斤，吸收 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1.73-1.95 公斤，平均为 1.81 公斤，吸收 K<sub>2</sub>O 5.66-6.84 公斤，平均为 6.16 公斤。

表4 结果表明，在 PK 的基础上施用氮肥，氮肥的肥料利用率为 53.4%；在 NK<sub>2</sub> 基础上增施磷肥，磷肥的利用率为 32.1%。在 NP 基础上增施磷肥，K<sub>2</sub>O 的利用率为 48.1%-104.6%，随着钾肥用量的增加钾肥利用率降低。

图片所示：内蒙栗钙土施用氮磷钾的影响示范丰收日



### 3 结果与讨论

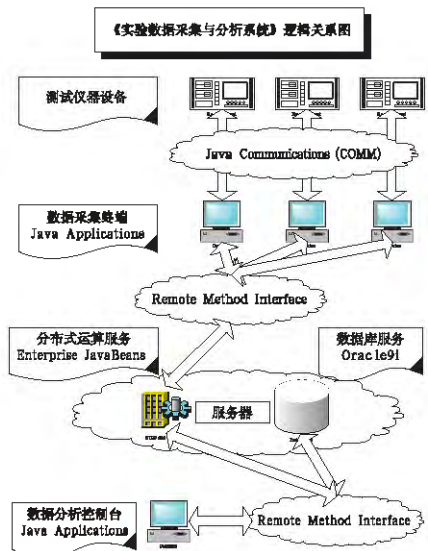
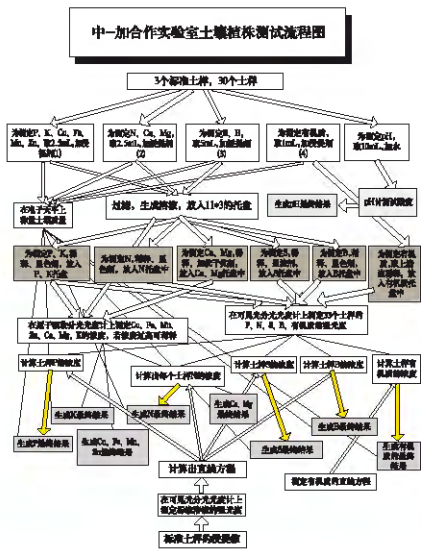
1 胡萝卜试验结果表明磷肥的增产效果大于氮肥增产效果，氮肥增产效果又大于钾肥的效果。

2 在氮磷肥基础上增施钾肥，随着钾肥用量的增加产量呈抛物线关系，其增产效果随着钾肥用量的增加增产量依次降低。

3 每生产 1000 公斤胡萝卜需从土壤中吸收 N3.76 公斤，吸收 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1.81 公斤，吸收 K<sub>2</sub>O 6.16 公斤。氮肥 (N) 的肥料利用率为 53.4%，磷肥 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 的肥料利用率为 32.1%，钾肥 (K<sub>2</sub>O) 的利用率为 48.1%-104.6%，随着钾肥用量的增加钾肥利用率降低。

## 实验数据采集与分析

中加合作土壤植株测试实验室在测试数据和采集方面,努力与世界同类技术同步,现在已经作到了:从田间土壤样品采集到实验室测试和施肥推荐,用一整套的计算机、网络 and 数据库和中间件技术解决。真正实现了实验数据采集与分析的智能化管理。

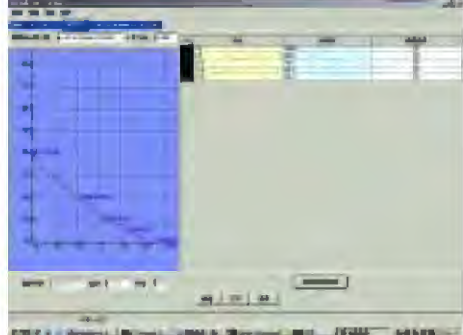


**数据采集与分析系统工作流程描述**

1. 土壤样品信息采集,送样单程序为土样信息提供一个标准化平台以确保数据的完整性;
2. 土壤样品测试数据的采集,多台测试数据采集终端完成数据的采集和传送;
3. 数据分析控制台的功能: 监测测试过程: 进行测试数据的处理, 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。



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: 1. 监控土壤样品测试全过程; 2. 允许专家修改参数; 3. 提供数据服务检索与查询。



## “土壤养分综合系统评价法与平衡施肥技术”成果简介

中国农业科学院土壤肥料研究所

“土壤养分综合系统评价法与平衡施肥技术”1996年获农业部科学技术进步二等奖、1999年获国家科学技术进步三等奖。

“土壤养分综合系统评价法与平衡施肥技术”是中国农业科学院土壤肥料研究所科研人员和加拿大钾磷研究所(PPI/PPIC)合作,经过多年的科学研究和生产实践,总结出的根据高效、全面土壤测试进行推荐施肥的测土推荐施肥技术。



土壤养分综合系统评价法的特点是在测土推荐施肥中综合考虑营养元素的全面均衡供应,可对土壤pH、有机质、铵态氮、速效磷、钾、钙、镁、硫、硼、铁、锰、锌、铜等土壤特性进行快速分析测定和评价;应用联合浸提剂和实验室系列设备,显著提高了土壤测试的工作效率。



此外,通过10多年的生产实践,形成了从土壤测试到施肥推荐功能齐全数据库、数据管理系统和高产高效平衡施肥咨询服务系统。

在国家“八五”、“九五”期间,“土壤养分综合系统评价法与平衡施肥技术”已经在全国二十几个省、市、自治区范围内推广应用,产生了重大的经济、社会和生态效益。

