

BETTER CROPS CHINA 2008年5月(总第20期)



# 高效施肥



## 本期提要

肥料最佳管理准则

氯化钾提高玉米对茎腐病抗性

ASI与Olsen法土壤有效磷相关性研究

延津农田养分精准管理与小麦高产施肥

钾肥品种在加工番茄上的肥效初探

水稻—蚕豆轮作养分平衡管理定位试验

长江流域冬油菜区氮磷钾硼肥施用效果

长江流域氮肥对油菜产量及效益影响

钾肥有机肥对小麦玉米轮作产量和土壤肥力的影响

安徽生姜平衡施肥技术示范

珠江三角洲巴西蕉的适宜种植密度

河南玉米氮磷钾平衡施肥研究

# 高效施肥 2008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报告 (20)	1
正确的肥料产品、正确的用量、正确的施肥时间以及正确的施肥位置—肥料最佳管理准则	2
施用氯化钾提高玉米对茎腐病的抗性	4
ASI 与 Olsen 法土壤有效磷相关性及其直接推荐磷肥	9
延津县平陵村农田耕层土壤养分精准管理与小麦高产推荐施肥	15
钾肥品种在加工番茄上的肥效初探	22
水稻—蚕豆轮作养分平衡管理定位试验研究	26
长江流域冬油菜区氮磷钾硼肥施用效果	30
长江流域氮肥施用对油菜产量及经济效益的影响	34
钾肥和有机肥对小麦玉米轮作产量和土壤肥力的影响	38
安徽省生姜平衡施肥技术示范	42
珠江三角洲巴西蕉的适宜种植密度	46
河南省三大土壤类型区玉米氮磷钾平衡施肥研究	54

### 《高效施肥》

为 IPNI 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.ipni.net>  
<http://ipni.caas.ac.cn>

#### 邮件地址:

主编: 金继运 [jyjin@ipni.net](mailto:jyjin@ipni.net)  
编辑: 陈 防 [fchen@ipni.net](mailto:fchen@ipni.net)  
涂仕华 [stu@ipni.net](mailto:stu@ipni.net)  
李书田 [sli@ipni.net](mailto:sli@ipni.net)  
何 萍 [phe@ipni.net](mailto:phe@ipni.net)  
梁鸣早 [mzliang@ipni.net](mailto:mzliang@ipni.net)

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  
A.M. Johnston, Vice President, IPNI Asia Program  
Coordinator

#### 理事会

Patricio Contesse, Chairman of the Board, SQM  
M. M. Wilson, Vice Chairman of the Board, Agrium Inc.  
S. R. Wilson, Finance Committee Chair, CF Industries Holdings, Inc.

行政办公室—Norcross, Georgia, 美国  
T.L. Roberts, President, IPNI

北美项目总部—Brookings, South Dakota, 美国  
P.E. Fixen, Senior Vice President, IPNI, Americas Group Coordinator, and Director of Research

#### 中国项目部

金继运 主任	北京办事处
何 萍 副主任	北京办事处
李书田 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.	Mosaic
Arab Potash Company	PotashCorp
Belarusian Potash Company	Saskferco
Bunge Fertilizantes S.A	Simplot
CF Industries Holding, Inc.	Sinofert Holdings Limited
Groupe OCP	SQM
Intrepid Mining, LLC	Terra Industries, Inc
K+S KALI GmbH	Uralkali



## 加拿大钾肥公司在中国的平衡施肥示范项目报告 (20)

### ——用科学发展观指导我国肥料资源高效利用

金继运

在十七大的报告中，胡锦涛总书记就我国资源环境方面的工作做出了具体明确的指示：科学发展观，第一要义是发展，核心是以人为本，基本要求是全面协调可持续，坚持生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路，建设资源节约型、环境友好型社会，确保国家粮食安全，提高能源资源利用效率。

我们要认真学习领会十七大精神，紧紧围绕全面建设小康社会奋斗目标的新要求，深入贯彻落实科学发展观，推动植物营养与肥料科学的发展和科学施肥的进步，保证肥料资源的科学合理应用。

目前，党和政府采取一系列惠农支农政策措施，使我国现代农业发展、新农村建设顺利推进，农民收入持续增长，农业、农村和农民工作呈现健康的发展势头。但是，从总体上看，农业资源紧张、农业基础薄弱、城乡差距扩大、农民教育和科技水平不高的挑战依然存在，“三农”工作仍处于爬坡阶段。就农业资源而言，我国最重要的农业资源—耕地十分紧缺。据国土资源部2008年4月发布的《国土资源公报》显示，2007年我国耕地资源已经减少为18.26亿亩，已经逼近18亿亩的警戒线，人均耕地不足世界平均水平的42%。我国以占世界约9%的耕地，养活了世界22%的人口，主要靠提高单产，这个成就是举世瞩目的。2006年我国粮食总产量4970亿公斤。同时，肉类、禽蛋、奶类和水产品等动物性食物总产量仍稳中有增，分别达到8100万吨、2940万吨、3290万吨和5250万吨。水果、蔬菜、茶叶等植物性食物增长较快，分别达到1.7亿吨、5.8亿吨和102万吨，更好地满足了人民生活的营养需求。但是，利用有限的耕地资源保障粮食安全和农产品供应，我们将面临长期的挑战。

我国农业基础薄弱的现实未有根本改变。长期以来，我国农田水利灌溉设施配套不完善，全国耕地中有效灌溉面积只有8亿多亩。我国耕地中的中低产田约占耕地总面积的2/3，“三废”排放无序、农化物质滥用，造成我国3亿亩左右的土地被重金属污染。

我国肥料资源及其利用现状也很严峻。众所周知，氮肥生产的问题实际上是能源问题，以煤为原料的企业生产1吨尿素，约需要消耗1.2吨煤和1200千瓦时电力。当今世界能源紧缺是最为严重的世界性问题，我国能源问题更加突出，我国人均煤炭、石油、天然气资源量仅为世界平均水平的60%、10%和5%，但是，我国能源消费总量已经位居世界第二，当前大约50%的石油依靠进口。磷肥和钾肥资源又是不可再生的重要矿产资源，我国磷肥资源有限，而且大部分分布在大西南，运输不便，而钾肥资源十分贫乏，钾肥主要靠进口。

长期以来，我国依靠化肥的大量投入提高作物产量，形成了特有的化肥高量投入和农田高强度利用的生产体系。2005年，我国化肥消费量达到4766万吨，占世界化肥消费总量的32%，但是，肥料利用效率低，氮素当季回收率仅有30%左右，比发达国家低15—20个百分点。大量的有机养分资源未能充分利用。据估计，我国农业生产系统内部生成的有机养分每年高达5300多万吨，但是有效返回农田的仅有三分之一左右。集约化农区氮磷肥过量施用以及有机肥资源浪费导致生态环境恶化，加重了环境和水体污染。

下接第14页



# 正确的肥料产品、正确的用量、正确的施肥时间 以及正确的施肥位置

## ——肥料最佳管理的准则

Terry L. Roberts

这篇文章最初于2007年3月7—9日在比利时首都布鲁塞尔召开的国际化肥工业协会(IFA)“化肥最佳管理研讨会”上以大会报告交流。获得允许在此再版。

农业最佳管理(BMPs)并不是一个新概念。大约20年前引入,钾磷肥研究所(PPI)的科学家们将BMPs定义为通过研究以及农民实践证明能发挥最佳生产潜力、投入效率和保护环境的那些管理措施(PPI, 1989; Griffith and Murphy, 1991)。如今,这个概念更关注环境而非最佳生产潜力,现在对BMPs的定义是指一套实用的管理措施或专门设计的系统,用于减少土壤流失以及减轻由养分、动物粪便和泥沙引起的不良环境对水质的影响。一般BMPs把注意力贯注在缓解措施上,包括条带种植、坡地梯化、等高种植、生草水道、特殊粪肥处理、动物粪便处理设施、蓄水池、少耕、草本过滤带和施肥管理。农业BMPs则特别强调对杂交品种成熟期、作物行距、播种率、密度、综合虫害防治、杂草控制、病害防治和养分管理。

土壤保持和农业BMPs可结合起来使用,以达到最佳生产潜力和减轻因养分管理不当导致的不利环境效应对水质的影响。虽然BMPs会因目标的不同而不同,但农民们使用它们必须有经济效益,他们使用的措施和管理必须获利,并具有可持续性。养分管理需要特别而持续的关注,因为它对优化生产潜力和保护环境很关键。

我们在化肥行业所面临的一个挑战就是社会上好多人不信任我们。不少人认为化肥是盲目地施用,化肥行业只对赚钱感兴趣……通过销售不需要的化肥……而农民只是一味地购买,不必要地过量施肥来获取高产量,导致植物养分含量过高而破坏环境。当然这不是真的,但是偏见已经存在了,这使得决策者们制定了养分管理条例、水质准则、总日负荷限定,以及其它政策和规程,以限制和排除化肥的使用。

要获取公众对我们养分管理能力的信心,办法之一是通过大力提倡广泛采用肥料BMPs。作为一个行业,我们需要共同来推动BMPs,其目的是在不牺牲农民利益的前提下提高养分利用率和保护环境。北美的化肥工业一直在提倡最佳化肥管理措施,以促进有效而负责任的使用化肥养分,使作物需求量与肥料投入量相吻合,从而减少养分从田间流失(加拿大肥料研究所,肥料研究所)。方法很简单:将正确的养分以适宜的用量,在合适的时间和地方施入以满足作物需要——即正确的肥料产品、正确的用量、正确的施用时间和正确的施用位置。这是化肥BMPs的基本原则。

以下是这些指导原则的总结。更加深入的讨论可参看Roberts(2006)。

● **正确的肥料产品:** 根据作物需求和土壤特性选取相应的化肥产品。要注意养分间的交互作用,并根据土壤测试和作物需求来平衡氮、磷、钾及其它养分。平衡施肥是增加养分利用率的关键之一。

● **正确的施用量:** 根据作物需求施入相应化肥用量。施肥过多会导致淋失和其它损失而进入环境,而施肥不足又会减产,降低品质,养分残留减少而不能保护和培肥土壤。实际的产量目标、土壤测试、缺素小区、作物养分预算、组织测试、植株分析、施肥器具校正、变量施肥技术、作物监测、记录和养分管理计划都是BMPs的内容,这些都有助于确定化肥适宜用量。



● **正确的施肥时间:** 在作物需要养分时施用。当养分供给与作物需求同步时, 养分利用率最高。养分施用时间(种植前或分次施肥), 控释技术, 稳定剂和抑制剂, 以及化肥品种选择都是MBPs的例子, 这些因素无疑会影响养分有效性的施用时间。

● **正确的施肥位置:** 把养分施在作物可利用的地方。养分施用方法对肥料有效利用率十分关键。作物、耕作体系和土壤特性决定着大多数适宜的施用方法, 但是综合考虑这些因素通常是正确施肥及提高利用率的最佳选择。保护性耕作、作物缓冲带、地表作物和灌溉管理则是其它BMPs, 它们可以使肥料养分保持在施用位置, 并有利于作物利用。

不存在一套全球通用的化肥BMPs。按照定义, BMPs适用于特定的地点和作物; 因而随土壤、气候和小型家庭农场的具体情况而变化, 从一个地区到另一个地区, 从一个农场到另一个农场都各不相同。适宜的施用量、合适的施肥时间, 恰当的施肥位置具有相当的灵活性, 这些指导原则可用于印尼的水稻生产、拉丁美洲的香蕉生产, 美国玉米带的玉米生产或世界上任何一个农业系统的化肥管理中。

化肥BMPs应当有助于保证目标作物对肥料的吸收和移走是最优化的, 流失到环境中的肥料是最小的。化肥BMPs应当增加养分利用率, 但是养分利用率的最佳化并不是主要目的。其目的是有效地利用肥料来为作物提供充足的养分。

如果追求最大肥料利用率是目的, 那么我们的施肥只需考虑产量反应曲线的较低部分就行了。对一个典型的产量反应曲线, 曲线的较低部分反映出低产特性, 属于有效养分缺乏或施肥不足(图1)。养分利用率在产量曲线的底部很高, 因为添加任何一种限制养分都会产生较大产量效应。如果尽可能地提高施入养分的利用率成为唯一目标的话, 那么只需施一小点肥料, 目标就可以在产量曲线的较低端得到实现。低量的化肥投入有利于环境, 这是因为作物带走的多, 留在土壤里的少, 因而可能流失的养分也少。但是低产作物的生物量小, 没有足够的残茬落叶来保护土壤, 增加土壤有机质。随着产量反应曲线向上移动, 养分利用率就会下降。然而, 下降的幅度受控于使用的BMPs以及土壤和天气条件。

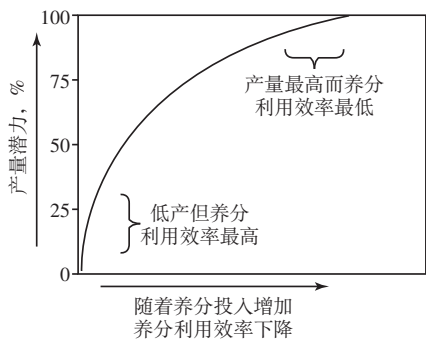


图1 产量效应与养分利用率的关系  
(根据Dibb, 2000 改编)

肥料养分在作物高产优质的现代农业中必不可少, 但是必须合理使用。化肥行业要证明自己的产品和对环保的责任感, 就必须发展和采用化肥BMPs, 这可以帮助农民持续高产、高效。每个农场和田块都各不相同。肥料BMPs必须适用于所有的耕作体系……但一个药方不能治百病。正确的养分、适宜的施用量、合适的施肥时间以时恰当的施肥位置给农民提供了一个施肥原则, 在此指导下, 农民可以根据自己田间的土壤、作物、天气和自身管理能力选用最佳BMPs。

下接第25页

## 施用氯化钾提高玉米对茎腐病的抗性

何萍, 李文娟, 金继运

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 农业部植物营养与  
养分循环重点开放实验室, 北京 100081)



**摘要:** 采用田间试验研究氯化钾施用对玉米茎腐病抗性的影响, 结果表明增施钾肥可有效提高玉米产量, 降低玉米茎腐病发病率, 提高玉米茎髓和叶片钾素含量。回归分析发现, 玉米茎髓和穗位叶片钾素含量与玉米茎腐病发病率呈现显著负相关。表明通过合理施用钾肥能够提高玉米对茎腐病的抗性。

**关键词:** 钾; 玉米; 茎腐病

玉米茎腐病是一种危害严重的土传病害, 在我国和世界范围内普遍发生。该病害在美国、加拿大、印度、法国、南斯拉夫等 20 多个国家均有发生, 在我国玉米产区尤为严重。据在广西、浙江、湖北、河北、山东、辽宁、吉林等 18 个省区调查, 常年发病率 10%~20%, 严重年份可达 50% 以上, 减产 25% 以上, 并严重影响玉米品质, 是玉米生产中继大斑病、小斑病、丝黑穗病之后又一个亟待解决的重要病害 (李春霞等, 2001; 曹如槐等, 1996)。

增施钾肥可有效提高玉米抗茎腐病的能力。玉米茎腐病是一种典型的土传病害, 由于病原菌的种类和来源多种多样, 对于茎腐病没有单一的控制措施, 也没有一个品种是完全抗茎腐病的。应用化学防治方法无法有效控制该病害。因此, 茎腐病及其他土传病害防治中常采用选用抗病品种和合理施肥等综合防治技术体系 (温瑞等, 2000; Krauss & Soberanis, 2002; Grewal et al, 2002)。各种施肥措施中, 以施用钾肥防治该病害的效果最为显著。李红等 (2004) 研究表明, 施钾 (10 公斤  $K_2O$ /亩) 分别使三个玉米品种四密 25、郑单 21 和通油 1 号的茎腐病发病率由不施钾的 11.4%, 7.2% 和 13.8% 降低到 1.8%, 1.4% 和 2.4%。许多研究资料均证明施用钾肥能大大提高玉米茎腐病抗性 (Marschner, 1995; 李红等, 2004; 尹艳和何黎明, 2004; Bullock et al, 1990; Zuber, 1986; Bayaron, 1989), 但迄今, 有关钾素对玉米茎腐病抗性机制却少见报道。

本文通过研究人工接菌后施钾对玉米茎髓和叶片钾素含量的影响, 揭示钾素营养与玉米茎腐病抗性的关系, 为合理施钾控制玉米茎腐病提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验设计

试验采用田间小区试验, 布置在吉林省刘房子镇的一块玉米连作的缺钾土壤上, 土壤速效钾含量为 50.85 毫克/公斤。试验设 3 个施钾处理:  $K_0$ 、 $K_1$ 、 $K_2$ , 其  $K_2O$  用量分别为 0, 8 和 16 公斤/亩。各处理施氮磷量均相同, 分别为 13.3 公斤 N/亩和 8 公斤  $P_2O_5$ /亩。根据土壤养分测试结果, 补充缺乏的 S(1.3 公斤/亩)、Zn(0.7 公斤/亩)、Cu(0.07 公斤/亩)。所有养分均作底肥条施。小区面积 20 平方米, 3 次重复。玉米品种采用中抗品种 (吉单 180) 和感病品种 (吉单 327)。2005 年 4 月 29 日播种, 播种时土壤接菌 (菌种为禾谷镰刀菌), 播种密度为 3333 株/亩。分别于播种后第 99、111、126、146 天 (分别为玉米抽雄期、灌浆期、蜡熟期、成熟期) 采取玉米地上第二茎髓组织和叶片样品, 分析

植株钾素含量。收获前，以玉米整株青枯为标准，调查茎腐病发生率。

## 1.2 植株分析与数据处理

植株钾素含量采用  $H_2SO_4-H_2O_2$  消煮，原子吸收方法测定。采用 SPSS10.0 软件进行处理间的多重比较分析和相关分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 施钾对玉米发病率和产量的影响

不管是感病品种还是抗病品种，施钾均显著提高玉米产量，降低茎腐病发病率。对于抗病品种吉单 180 来说，K0、K1 和 K2 处理的茎腐病发病率分别为 24.6%、13.7% 和 12.4%，施钾和不施钾处理之间玉米茎腐病发病率达到 5% 显著性差异，K1 和 K2 处理的相对免疫效果达到 44.4% 和 49.6%；而对感病品种吉单 327 而言，K0、K1 和 K2 处理的茎腐病发病率分别为 34.1%、17.1% 和 12.3%，K1 和 K2 处理的相对免疫效果达到 50.0% 和 63.8%（表 1）。可见施钾均能降低玉米茎腐病发病率，其中 K2 处理免疫效果优于 K1 处理。感病品种吉单 327 发病率高于抗病品种吉单 180，但施钾后感病品种抗病效果优于抗病品种。

表 1 不同钾处理对玉米发病率和产量的影响

处理	吉单 180				吉单 327			
	发病率 (%)	免疫效果 (%)	产量 (公斤/亩)	增产 (%)	发病率 (%)	免疫效果 (%)	产量 (公斤/亩)	增产 (%)
K0	24.6a	-	474c	-	34.1a	-	462c	-
K1	13.7b	44.4	611a	28.8	17.1b	50.0	570a	23.4
K2	12.4b	49.6	574ab	20.1	12.3b	63.8	523ab	13.2

注：同一列中不同字母表示处理之间在  $p=0.05$  水平下差异显著

### 2.2 施钾对玉米植株钾含量的影响

#### 2.2.1 施钾对地上第二节茎髓钾素含量的影响

从图 1 中可以看出，不论是感病品种还是抗病品种，在各个生育期，茎髓中钾素含量均表现为  $K2 > K1 > K0$ ，表明施钾直接提高玉米第二茎节髓部组织的钾素含量，而不施钾处理则第二茎节髓部组织钾素含量明显低于各施钾处理。与不接菌处理相比，接菌后 K2 处理钾素含量明显提高，这种趋势在抽雄期和成熟期表现尤为突出。



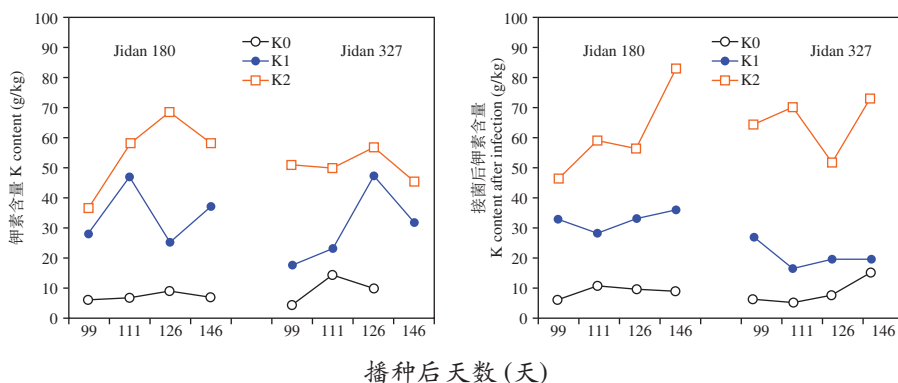


图1 不同施钾处理对各生育期地上第二节茎髓钾素含量的影响

### 2.2.2 施钾对穗位叶片钾素含量的影响

与茎髓中钾素含量趋势有所不同，玉米穗位叶片中钾素含量随生育进程呈下降趋势，表明伴随玉米后期籽粒灌浆，穗位叶片中的钾素在向籽粒或根系中转移而导致叶片钾素含量下降。如图2所示，穗位叶片中钾素含量表现为 $K2 > K1 > K0$ ，由此导致不施钾处理第二茎髓中钾素含量明显低于各施钾处理(图2)。不管是抗病品种还是感病品种，接菌与不接菌处理间的变化较为一致。不同品种之间穗位叶片钾素含量差异不明显。

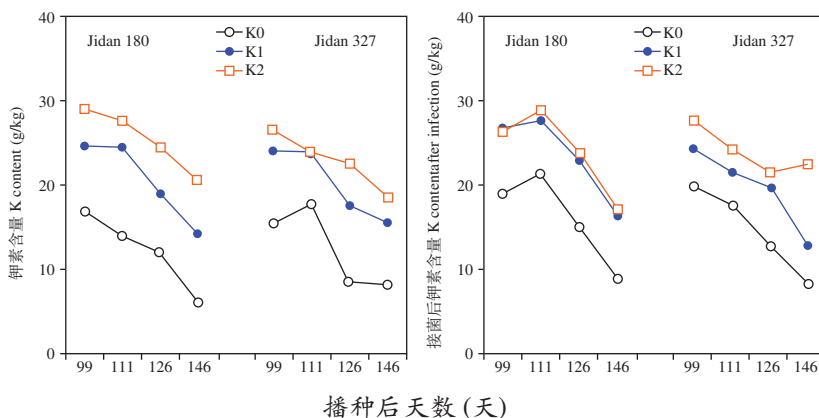


图2 不同施钾处理对各生育期穗叶钾素含量的影响

### 2.2.3 玉米茎腐病发病率与植株钾素含量之间的相关性

无论在茎髓还是穗叶中，钾素含量都与植株的发病率呈显著的负相关，且灌浆期时茎髓中钾素含量与发病率之间负相关达到极显著水平(表2)。抽雄期到灌浆期是玉米茎腐病的高发期，此期保持较高的钾素含量对于提高玉米对茎腐病的抗性至关重要，有利于控制玉米茎腐病的发生。

表 2 发病率与钾含量之间的相关性

钾含量 (%)		抽雄期	灌浆期	蜡熟期	成熟期
发病率	茎髓	-0.650(*)	-0.711(**)	-0.696(*)	-0.610(*)
		0.022	0.009	0.012	0.035
	穗叶	-0.646(*)	-0.641(*)	-0.655(*)	-0.685(*)
		0.023	0.025	0.021	0.014

\* 相关性达 5% 显著水平

\*\* 相关性达 1% 显著水平

### 3 讨论与结论

钾对植物病虫害的影响目前国内外已有许多报道。Don M.Huber, 从 1180 份报道中得出, 所有的矿质营养元素都对植物病害产生影响, 合理施用矿质营养元素可以有效的降低病害的发生 (Don M. Huber, 1996)。从他的研究中, 我们看到钾素可以对 196 种植物病害产生影响, 对其中的 144 种病害都有明显的抑制作用 (Don M.Huber, 1996)。如合理施用钾肥能明显提高柠檬对流胶病的抗性, 降低茶树炭疽病、轮斑病和云纹叶枯病 3 种病原菌的侵染率; 降低枇杷茎腐病的发病率 (魏胜林等, 1996; 阮建云, 2003; 蔡宗启等, 2001)。叶面喷施 KCl 可以降低小麦白粉病的发病症状 (Kettlewell, 2000)。施用钾肥能提高山茱萸叶片的钾浓度, 有利于保持其叶片的健康, 抵御炭疽病的发生 (Holzmueller et al, 2007), 抑制玉米茎腐病 (李莫然等, 1995; 梅丽艳等, 1995)。

研究表明, 钾素对植物的形态结构有显著影响, 进而影响到病菌侵染的难易程度。钾能改善作物组织结构, 增厚厚角组织细胞, 使厚壁细胞木质化及增加纤维素含量, 提高叶片的硅化度 (Marschner, 1986), 从而有效阻碍病菌入侵; 钾还可以改变植物生化过程, 促进蛋白质合成, 减少病原菌所需碳源和氮源 (李兰辉, 1989)。相反, 在缺钾植物中会积累大量的非有机态氮, 而这些非有机态氮恰恰会成为病原菌的氮源 (Kim Polizotto, 2005)。研究指出, 作物对真菌和细菌病害的抗性常依赖于氮/钾比。肖靖秀等 (2005) 研究指出, 增施钾肥有效降低小麦锈病发病率 46.15%-59.10%, 小麦锈病的发生与小麦体内氮素营养呈现极显著的正相关, 而与钾素营养没有明显的相关关系。董艳等 (2007) 研究表明, 维持烟草叶片适宜的氮钾比对于有效防治烤烟病害至关重要。当烤烟烟叶氮钾比 >2 时, 烤烟对炭疽病的抵抗能力下降。

本研究表明, 增施钾肥可有效提高玉米产量, 降低玉米茎腐病发病率, 提高玉米茎髓和叶片钾素含量。其可能的原因是钾素改善了玉米的机械组织强度, 从而有效阻止病原菌的侵入。回归分析发现, 玉米茎髓和穗位叶片钾素含量与玉米茎腐病发病率呈现显著负相关。但钾素是通过何种机制提高玉米茎腐病抗性则有待于深入研究。

#### 参考文献:

1. Holzmueller, Shibu Jose, Michel A. Jenkins, Influence of calcium, potassium, and magnesium on *Cornus florida* L. density and resistance to dogwood anthracnose, *Plant Soil* (2007) 290:189-199
2. Huber, Management of nutrition to control plant pathogens, *Botany & Plant Pathology*, 1996: 1-2.

3. Kettlewell, J.W. Cook and D.W. Parry, Evidence for an osmotic mechanism in the control of powdery mildew disease of wheat by foliar-applied potassium chloride, *European Journal of Plant Pathology* 106: 297-300, 2000.
4. Marschner H. *Mineral Nutrition of Higher Plants*[M]. London: Academic Press, 1986. 341 ~ 368
5. Onuorah Effect of Mineral Nutrition on the Fusarium Brown Foot-rot of Wheat, *Plant and Soil*, 1969(1):99-104
6. Polizotto Nutrient Management May Help Plants Fight Asian Soybean Rust, *PCS Sales Agri-views*, spring 2005
7. 蔡宗启, 林革等, 增施钾肥对枇杷茎腐病的影响试验, *福建农业科技*, 2001, 5:35
8. 董艳, 董坤, 范茂攀, 赵平, 林克惠。氮钾营养与氮钾平衡对几种烤烟病害的影响。 *中国农学通报*, 2007, 23 (1):302-304
9. 李红, 沙洪林, 宋淑云, 张伟, 晋齐鸣, 李羽, 王秀波。应用足量钾肥和高效种衣剂防治玉米茎腐病的试验研究。 *吉林农业大学学报*, 2004, 26 (4):360-362。
10. 李兰辉, 施用钾肥能增强油菜抗逆性[M] . *四川农业科技*, 1989. 122-123
11. 李莫然, 梅丽艳等, 黑龙江省玉米青枯病发生危害调查及钾肥防病研究。1994, *黑龙江农业科学*, 2:12-16
12. 梅丽艳等, 钾肥对玉米青枯病及其产量的影响, *黑龙江农业科学*, 1995, 6:22-24
13. 阮建云, 石元值, 马立锋, 吴洵, 钾营养对茶树几种病害抗性的影响, *土壤*, 2003, 2:165-167
14. 魏胜林, 秦烜南, 氮钾水平与多酚氧化酶活性对柠檬流胶病抗性的影响, *西南农业大学学报*, 1996, 18 (1):6-9
15. 温瑞等, 磷、钾、蔗糖对玉米茎腐病的田间防治效果, 1999, 3 (3):26-27
16. 肖靖秀, 郑毅, 汤利, 李隆, 朱有勇, 杨进成。小麦蚕豆间作系统中的氮钾营养对小麦锈病发生的影响。 *云南农业大学学报*, 2005, 20(5):640-645





## ASI 与 Olsen 法土壤有效磷相关性及其直接推荐磷肥

张国辉 王秀芳 谢佳贵 王立春 侯云鹏 尹彩侠 张宽  
(吉林省农业科学院农业环境与资源研究中心, 长春, 130033)

**摘要:** 土壤测试得出: “ASI” 与 “Olsen” 法测得的土壤有效磷之间存在极密切直线正相关, 其函数式为  $Y=0.2111 + 0.406X$  ( $R=0.9178^{**}$ ), 说明两种结果均可作为推荐磷肥的科学依据。试验得出: 玉米施用磷肥最大效益和最高产量用量同供试土壤有效磷测定值之间存在极显著的直线负相关, 其函数式分别为  $Y=100.16 - 1.2506X$  ( $R= - 0.8002^{**}$ ) 和  $Y=117.47 - 1.2966X$  ( $R= - 0.7642^{**}$ ); 依据两个关系式, 提出了玉米施用磷肥最大效益和最高产量的推荐量。通过土壤有效磷含量不同 (2.1~81.2 毫克/公斤) 的白浆土、黑土和淡黑钙土, 74 个磷肥量级田间校验结果得出: 玉米施用磷肥最大效益与最高产量用量及其变幅 (0~109.5 公斤/公顷与 10.1~125 公斤/公顷); 应用上述两项结果运算得出: “用土测值直接推荐磷肥两个最佳用量” 的精准程度 (田间校验获得的两个实际量与推荐量的吻合率高达 92%, 与推荐量的相对差值仅仅为: -14.7~15.3% 与 -13.1~13.9%) 均高于吉林省第二次土壤普查期间采用的 “目标产量法”。

**关键词:** ASI 法、Olsen 法、土壤有效磷、玉米、磷肥最佳用量、精准程度

近年来, 测土推荐施肥工作已在吉林省普遍开展起来了。对克服全省盲目施肥现象, 充分发挥化肥增产效应, 提高化肥利用效率, 实现科学用肥, 增加粮食总产和农民收入, 促进我省高效农业发展均做出了较大贡献。但是, 这项工作在全省发展的很不平衡, 有的市县在完成的数量与质量上均落后于先进的县市。其主要原因之一是这些市县仍采用常规方法对土壤进行化验分析; 应用习惯技术对化肥进行施肥推荐, 这就严重影响了土样的化验速度与数量及化肥推荐的精准程度。土壤常规分析法存在的主要问题是化学浸提剂提取的元素单一、分析过程繁琐、分析速度较慢、数量较少。以 Olsen 法测定有效磷为例: 一名化验员一天只能完成 20~30 个土壤样品 (即 20~30 项次) 的化验分析, 这样的化验速度与数量远远不能满足大面积测土施肥的需求。如果能将当前世界较先进的 ASI 法 [即土壤养分状况系统研究法<sup>[1, 2, 3]</sup>, (该法采用联合浸提剂和系列配套设施, 一次可以提取多种元素, 每人每天可完成 100 个土样、六种元素: P、K、Zn、Cu、Mn、Fe, 约 600 个项次的测定)]<sup>[5]</sup> 同惯用的常规分析方法 (Olsen 法) 所获得的化验结果结合起来运用, 并应用两种分析方法的土测值进行磷肥最大效益与最高产量施磷量的直接推荐, 这不仅能加快测土施肥进度, 扩大覆盖范围, 同时还提高了测土推荐施肥的精准程度。但要实现上述目标必须具备两个条件, 一是 “ASI” 与 “Olsen” 两种方法的土壤有效磷测定值必须存在密切函数相关; 二是土壤有效磷测定值同磷肥对玉米的最大效益与最高产量施磷量之间必须存在密切函数关系。为此, 本文将通过大量化验数据和田间试验结果来阐述这两个问题。同时, 还通过大量田间校验结果, 验证本推荐方法的精准程度。

## 1 材料和方法

1.1 在吉林省公主岭、梨树和伊通等市县的黑土、草甸黑土和冲积土上，试验田与示范田的24块农田中，取0—20厘米耕层土样。应用“Olsen”法和“ASI”法测定土壤有效磷含量，探讨二者的相关性。

1.2 在吉林省榆树、德惠、九台、梨树、伊通、公主岭、长岭、前郭、双辽、扶余、永吉、蛟河等市县的黑土、淡黑钙土、白浆土等三个代表性土壤上，布置玉米磷肥量级试验。探讨土壤有效磷含量同玉米施用磷肥最大效益和最高产量施用量的关系，检验“应用土测值直接推荐磷肥最佳用量”方法的精准程度。

1.2.1 取土：在各试验点的供试土壤上，取0—20厘米耕层土样并用Olsen法和ASI法测定土壤有效磷含量。

1.2.2 试验处理与化肥用量：在N（150—280公斤/公顷），钾（K<sub>2</sub>O 60—90公斤/公顷）基础上，设六个磷肥量级（P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0—150公斤/公顷）处理。

1.2.3 田间设计：试验小区面积为20—30平方米，小区为长方形，四垅区，试验设三次重复，试验小区为随机排列，试验重复间设一米宽间道，试验区周边设3—6垅保护行。

1.2.4 秋收与测产：玉米成熟后收获各试验小区内中间两垅，单收单测产，以18%含水量计算产量。

1.2.5 结果统计：首先运用各试验点的玉米产量结果与磷肥用量，通过程序运算求得二者的函数相关模式： $Y=B_0 + B_1X + B_2X^2$ ，经检验在确定该方程达到显著或极显著水准后，再将其回归系数和有关经济参数（玉米与磷肥的价格）一并输入电脑，进行“FERT-1”和“FERT-2”程序运算，便求得各试验点的磷肥最大效益与最高产量施用量。

## 2 结果与分析

### 2.1 ASI法与Olsen法土测值存在密切函数关系

应用“Olsen”与“ASI”两种方法，测定吉林省伊通、梨树、公主岭等市县黑土、草甸黑土和冲积土等土壤有效磷含量（见表1）。并对表1中24组数据进行函数相关运算得出：两种方法土壤有效磷测定值之间存在着极显著的直线正相关，其方程式为 $Y=0.2111 + 0.406X$  ( $R=0.9178^{**}$ )；Olsen法与ASI法两组土壤有效磷测定值的相关图为直线（见图1）。

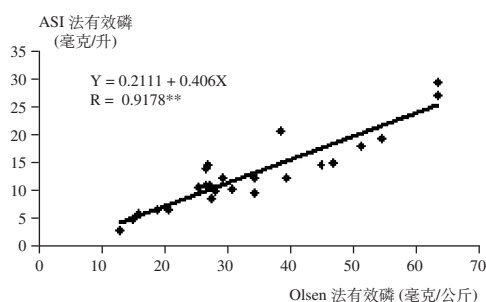


图1 Olsen法有效磷与ASI法有效磷相关图

从图1清楚可见，ASI法与Olsen法土壤有效磷测定值高低趋势一致。即两组测定值之间存在着极密切的函数关系，说明两组有效磷测定值可同时作为推荐磷肥用量的科学依据。在农业生产中，作物施用磷肥的推荐方法较多，但能否找出一种既简便易行、又快速准确的方法是当前我省测土推荐施肥工作中亟待解决的一项重要技术问题。为此，我们正在探索作物施用磷肥的最大效益用量和最高产量施用量同土壤有效磷含量之间的关系。如果二者存在极密切函数关

系，我们就可以直接用土壤有效磷测定值来推荐磷肥用量。

表 1 土壤有效磷测定值

土壤代号	土壤名称	Olsen 法磷 (毫克/公斤)	ASI 法磷 (毫克/升)	土壤代号	土壤名称	Olsen 法磷 (毫克/公斤)	ASI 法磷 (毫克/升)
1	冲积土	12.6	3.9	13	黑土	28.9	13.1
2	冲积土	14.6	5.9	14	草甸黑土	30.4	11.1
3	黑土	15.7	7.0	15	冲积土	33.8	13.2
4	冲积土	18.5	7.6	16	草甸黑土	33.9	10.6
5	黑土	20.4	7.6	17	黑土	38.0	21.2
6	黑土	25.0	11.4	18	黑土	38.9	13.2
7	黑土	26.3	11.8	19	草甸黑土	44.5	15.5
8	黑土	26.3	14.8	20	草甸黑土	46.4	15.7
9	黑土	26.6	15.3	21	草甸黑土	50.8	18.7
10	黑土	26.9	11.9	22	草甸黑土	54.0	20.0
11	黑土	27.0	9.4	23	冲积土	62.9	27.5
12	黑土	27.5	10.8	24	冲积土	63.0	29.8

### 2.2 玉米磷肥最佳用量与土壤有效磷含量间存在密切函数关系

将 36 个磷肥量级田间试验所获得的玉米最大效益施磷量与最高产量施磷量列入表 2 (略)。应用表 2 中各点供试土壤有效磷测定值，分别同最大效益施磷量与最高产量施磷量进行统计运算得出：玉米最大效益施磷量和最高产量施磷量同土壤有效磷含量之间存在着极显著的直线负相关，其相关模式分别为  $Y=100.16 - 1.2506X$  ( $R=0.8002^{**}$ ) 和  $Y=117.47 - 1.2966X$  ( $R= - 0.7642^{**}$ )，将二者相关图分别列入图 2 和图 3。由于玉米最大效益施磷量和最高产量施磷量同土壤有效磷含量存在极密切函数相关，因此，可将土壤有效磷含量作为玉米施用磷肥最大效益用量和最高产量施磷量的重要科学依据。

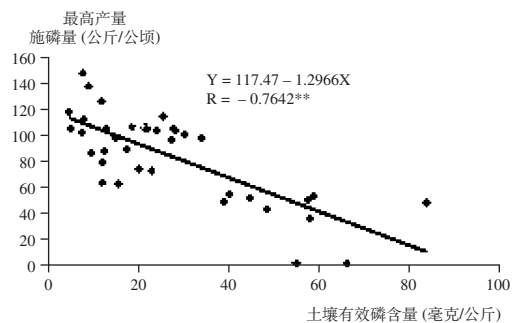
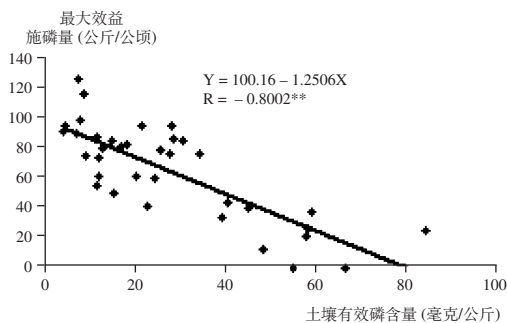


图 2 土壤有效磷含量与最大效益施磷量相关图

图 3 土壤有效磷含量与最高产量施磷量相关图



### 2.3 应用土壤有效磷测定值直接推荐玉米磷肥最佳用量

通过上述36个田间试验得出：土壤有效磷测定值分别同玉米施用磷肥的最大效益与最高产量用量存在着极密切的函数关系，其模拟方程分别为 $Y=100.16 - 1.2506X$  ( $R= - 0.8002^{**}$ ) 和 $Y=117.47 - 1.2966X$  ( $R= - 0.7642^{**}$ )。依据这两个方程，针对全省土壤有效磷含量状况，便可提出玉米施用磷肥的推荐量（见表3），供全省参考与应用。

表3 磷肥推荐量

土壤有效磷含量		磷肥推荐量 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		土壤有效磷含量		磷肥推荐量 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	
Olsen 法 (毫克/公斤)	ASI 法 (毫克/升)	最大效益 施磷量 (公斤/公顷)	最高产量 施磷量 (公斤/公顷)	Olsen 法 (毫克/公斤)	ASI 法 (毫克/升)	最大效益 施磷量 (公斤/公顷)	最高产量 施磷量 (公斤/公顷)
2	1.02	97.7	114.9	28	11.58	65.1	81.1
4	1.84	95.2	112.3	30	12.39	62.6	78.5
6	2.65	92.7	109.7	32	13.20	60.1	75.9
8	3.46	90.2	107.1	34	14.01	57.6	73.4
10	4.27	87.7	104.5	38	15.63	52.6	68.2
12	5.08	85.2	101.9	44	18.06	45.1	60.4
14	5.90	82.7	99.3	50	20.49	37.6	52.6
16	6.71	80.2	96.7	56	22.92	30.1	44.8
18	7.52	77.6	94.1	62	25.35	22.6	37.1
20	8.33	75.2	91.5	68	27.78	15.1	29.3
22	9.14	72.6	88.9	78	30.21	2.6	16.3
24	9.96	70.1	86.3	94	33.45	0.0	0.0
26	10.77	67.6	83.7				

### 2.4 “应用土测值直接推荐磷肥最佳用量” 精准程度的田间检验

在吉林省东、中、西部地区，白浆土、黑土和淡黑钙土三大代表性土壤上，布置了74个玉米磷肥量级试验，以期检验“应用土测值直接推荐磷肥最佳用量”的精准程度。用74个田间试验获得的磷肥最大效益与最高产量用量（结果略）同表3相对应的磷肥推荐量进行比较，将靠近表3推荐量的磷肥两个最佳用量变幅及其差值变幅，按土壤区域分别列入表4。

表4 试验获得的磷肥最佳用量与其推荐量的差值幅度

试验区域	田间试验数量 (个)	供试土壤有效磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) 含量范围 (毫克/公斤)	最大效益施磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) 量 (92% 试验结果)		最高产量施磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) 量 (92% 试验结果)	
			(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 公斤/公顷)	与推荐量之差 公斤/公顷 %	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 公斤/公顷)	与推荐量之差 公斤/公顷 %
东部白浆土区	25	5~81.2	0~96.0	-11.4~14.2 -14.7~13.1	10.1~111.0	-9.4~17.5 -11.8~13.5
中部黑土区	25	6.4~60.3	25.6~96.0	-9.1~13.8 -13.8~14.9	37.4~106.5	-11.2~13.4 -13.1~13.9
西部淡黑钙土区	24	2.1~32.3	51.0~109.5	-8.4~16.8 -12~15.3	71.5~125.0	-9.9~13.2 -11.8~10.4
全省合计与变幅	74	2.1~81.2	0~109.5	-11.4~16.8 -14.7~15.3	10.1~125	-11.2~17.5 -13.1~13.9

从表 4 可见, 供试土壤有效磷 ( $P_2O_5$ ) 变幅较大 (2.1~81.2 毫克/公斤), 已将吉林省有效磷含量不同的主要土壤均包含在其中。74 个田间试验所获得的磷 ( $P_2O_5$ ) 肥最大效益与最高产量用量的变幅也较大, 分别为 0~109.5 公斤/公顷与 10.1~125 公斤/公顷。全省与三个地区三种土壤所获得的两个最佳用量一样, 均随着供试土壤有效磷含量的升高而有规律性降低, 说明本结果具有较好的代表性、规律性与可靠性。

从表 4 还可看出: 在 74 个磷肥量级田间试验中, 有 68 个试验 (占 92%) 所获得的最大效益与最高产量施磷 ( $P_2O_5$ ) 量, 同磷肥推荐量之差仅仅为 -11.4~16.8 公斤/公顷 (-14.7%~15.3%) 与 -11.2~17.5 公斤/公顷 (-13.1%~13.9%); 说明本推荐方法获得的磷肥最大效益与最高产量用量同磷肥推荐量的吻合程度较好, 吻合率已高达 92%, 高于吉林省第二次土壤普查期间采用的目标产量法 (吻合率仅为 50~56%)<sup>[6]</sup>。因为磷肥最大效益与最高产量用量同磷肥推荐量的相对差值较小, 仅仅为 -15~15% 与 -13~14%。所以, 本推荐方法的精准程度也超过目标产量法 [同诊断量的相对差值为 -50% (诊断半量)~100% (诊断倍量)]<sup>[6]</sup>。如此看来, “应用土测值直接推荐磷肥最佳用量的方法” 是精准程度较高, 既简便易行, 覆盖范围又广的一种较好的测土推荐施肥方法。

### 3 小结与讨论

3.1 获得一种快速、准确而且与作物反应相关性良好的土壤化验分析方法, 是实现大面积测土推荐施肥工作的重要技术保障。“ASI 法” 是美国国际农化服务公司 Dr.Hunter 提出, 通过中国-加拿大钾肥合作研究项目引进我国。经过全国多年实践证实, 该法不仅工作效率大于我们惯用的常规分析方法, 同时还适应各类土壤的养分检测, 是当前开展测土推荐施肥工作可以引用的一种高效、快速、准确的土壤化验分析方法。

3.2 对公主岭、伊通和梨树等市县试验田与示范田黑土、草甸黑土和冲积土有效磷的测定结果得出: Olsen 与 ASI 法有效磷测定值之间存在极密切直线正相关, 其方程式为  $y=0.2111 + 0.406x$  ( $R=0.9178^{**}$ )。说明两组测定结果可以同时作为测土推荐施肥的科学依据。针对吉林省省情, 如果将两组结果紧密结合运用, 将会覆盖测土施肥的更大范围、扩大测土推荐施肥的更大面积。

3.3 通过全省 36 个田间试验及其供试土壤有效磷的测定结果得出: 玉米施用磷肥最大效益与最高产量用量随供试土壤有效磷含量的增加而降低, 二者之间存在极显著的直线负相关。其方程式分别为  $y=100.16 - 1.2506x$  ( $R= - 0.8002^{**}$ ) 与  $y=117.47 - 1.2966x$  ( $R= - 0.7642^{**}$ )。依据两个方程式, 参照吉林省土壤有效磷含量范围, 提出玉米施用磷肥最大效益与最高产量的建议施磷量 (见表 3)。

3.4 在 74 个磷肥量级的田间校验中, 有 68 个试验获得的磷肥最大效益与最高产量施磷 ( $P_2O_5$ ) 量, 同磷肥推荐量之差仅仅为 -11.4~16.8 公斤/公顷 (-14.7~15.3%) 与 -11.2~17.5 公斤/公顷 (-13.1~13.9%)。可见, 二者吻合程度较好, 吻合率已高达 92%, 超过 “目标产量法” (吻合率仅为 50~56%)<sup>[6]</sup>; 其精度也超过 “目标产量法” [同推荐的诊断量相对差值为 -50% (诊断半量)~100% (诊断倍量)]<sup>[6]</sup>。如此看来, “应用土测值直接推荐磷肥最佳用量法” 是精准程度较高, 简便易行, 覆盖范围较广的一种测土推荐施肥方法。

### 参考文献：

- [1] 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：中国农业科技出版社，1992.
- [2] 金继运主编. 土壤养分状况系统研究法学术讨论会论文集[C]. 北京：中国农业科技出版社，1995.
- [3] Dowdle S Portch S A. Systematic approach for determining soil nutrient constrains and establishing balanced fertilizer recommendations for sustained high yield. Proceedings of the International Symposium on Balanced Fertilization [C]. Nov. 8-12, 1988, Beijing, China, 243-251.
- [4] Hunter A H. Laboratory and greenhouse techniques for nutrient survey to determine the soil amendments required for optimum plant growth [R]. Mimeograph. Agro Service International, Florida, USA. 1980.
- [5] 杨俐苹, 金继运等, AS1 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, 土壤通报, 2000 年 12 月, 第 31 卷第 6 期.
- [6] 吉林省农牧厅土地管理处. 一九八三年土壤普查成果应用试验示范总结, 吉林省农牧厅, 吉林省土壤普查成果应用资料汇编 (第二辑), 1984 年 8 月.

上接第 1 页

因此, 我国农业, 尤其是种植业, 面临着资源紧缺和环境质量下降的双重挑战。一方面, 满足 13 亿人口和国民经济高速发展的需求, 必须利用有限的耕地生产尽可能多的粮棉油和其他农产品, 这就需要加大投入, 包括增加肥料的施用。但是, 另一方面, 我们又必须坚持生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路, 建设资源节约型、环境友好型社会。我国高投入、高产出、高度集约化的生产体系加大了保持良好的生态环境的难度。因此, 必须加强研究, 通过理论和技术上的创新, 最大限度和科学利用所有可以利用的有机肥料资源, 变废为宝, 减轻其对环境的压力。最大限度的提高化肥的利用效率, 降低损失率, 提高施肥效益。通过建立科学的有机-无机肥料相结合的肥料管理和施用体系, 实现有机和无机肥料资源的合理配置和高效利用, 才有可能实现作物优质高产和保护生态环境的双赢目标。



## 延津县平陵村农田耕层土壤养分精准管理与 小麦高产推荐施肥

孙克刚<sup>1</sup> 李丙奇<sup>1</sup> 金辉<sup>1</sup> 雷振生<sup>2</sup> 吴政卿<sup>2</sup>

(河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所, 郑州,  
450002)

(河南省农业科学院小麦研究中心, 郑州, 450002)

**摘要:** 应用地理信息系统(GIS)技术结合土壤养分状况系统研究法, 对河南省新乡市延津县高寨乡平陵村面积约3450亩的粮田耕层(0~20厘米)土壤养分进行了空间变异特征与分区管理技术研究及其在推荐施肥中的应用。结果表明, 粮田耕层土壤中N、P、K、S、Mn、Cu、Fe、Zn等营养元素普遍缺乏, 营养元素K状况分为6个级别, 25.9~50.0毫克/升、50.1~60.0毫克/升、60.1~70.0毫克/升、70.1~80.0毫克/升、80.1~90.0毫克/升、90.1~100.0毫克/升, 低于临界值下土壤样品数占68.9%。营养元素P状况分为7个级别, <6.0毫克/升、6.1~12.0毫克/升、12.1~18.0毫克/升、18.1~24.0毫克/升、24.1~30.0毫克/升、30.1~36.0毫克/升、>36.1毫克/升, 低于临界值的土壤样品数占11.1%。营养元素S状况分为5个级别, <11.0毫克/升、11.1~12.0毫克/升、12.1~13.0毫克/升、13.1~14.0毫克/升、>14.1毫克/升, 低于临界值的土壤样品数占15.6%。营养元素Zn状况分为8个级别, <1.0毫克/升、1.01~1.50毫克/升、1.51~2.00毫克/升、2.01~2.50毫克/升、2.51~3.00毫克/升、3.01~3.50毫克/升、3.51~4.00毫克/升、>4.1毫克/升, 低于临界值的土壤样品数占91.1%。营养元素Fe状况分为5个级别, <5毫克/升、5.1~10.0毫克/升、10.1~20.0毫克/升、20.1~30.0毫克/升、>30.1毫克/升, 低于临界值的土壤样品数占33.3%。营养元素Cu状况分为6个级别, <0.5毫克/升、0.51~1.0毫克/升、1.1~1.2毫克/升、1.21~1.3毫克/升、1.31~1.4毫克/升、>1.41毫克/升, 低于临界值下土壤样品数占24.4%。营养元素Mn状况分为5个级别, <4.0毫克/升、4.1~5.0毫克/升、5.1~8.0毫克/升、8.1~10.0毫克/升、>10.1毫克/升, 低于临界值下土壤样品数占53.3%。

**关键词:** 农田 土壤养分 精准养分管理 GIS 空间变异 推荐施肥

精准农业是近年来国际上农业科学研究的热点领域, 也是现代信息技术与传统农业紧密结合的产物, 精准农业一改传统农业经验型的粗放管理为科学精准的数字管理, 其含义是按田间每一操作单元的具体条件, 精准地调整各项土壤和作物管理措施, 最大限度地优化使用各项农业投入, 以获取最高产量和最大经济效益, 同时保护农业生态环境, 保护土地等农业自然资源。管理好土壤养分, 用好肥料, 尤其是化肥, 是关系到我国农业可持续发展的重大技术问题。这个问题的重要性和紧迫性随着农业生产的发展和化肥使用量的增加而显得越来越突出。在持续农业发展中, 土壤管理是影响持续农业发展的关键因素。合理的土壤管理能保护土地资源、提高环境质量。相反, 不合理的土壤管理会导致土壤退化、水土流失、环境污染, 甚至导致灾难性的后果。

传统的测土施肥都是采用均一施肥量。由于土壤肥力的空间变异性, 同一地块肥力可能存在较大差异, 均一施肥会导致肥力较高的地方施肥过多, 肥力低的地方施肥不足。这既浪费了肥料资源、影响产量, 又可能使土地资源的生产潜力得到充分发挥, 或造成环境污染问题。应用精准农业技术进行推荐施肥, 大大提高了肥料利用率和施肥增产效益。



精准农业在我国的研究刚刚起步。本研究结合地理信息系统和土壤养分系统研究法,探讨在小麦-玉米轮作制农业生产条件下土壤养分空间变异特征,通过揭示土壤养分的空间变异规律,为实现土壤养分的精准管理及合理推荐施肥提供科学依据。本项研究得到河南农业科学院资助。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究试区的基本情况

研究区域选择在河南省新乡市延津县高寨乡平陵村。耕地面积为3450亩,种植制度为小麦—玉米轮作。土壤类型为潮土,该区为北亚热带和暖温带过渡地带,属大陆性季风气候。气候温和,四季分明,年均气温13.7℃,年均降水量356毫米。年均日照2504.8小时,无霜期年均224天,最长年份为280天,最短年份为190天。

### 1.2 土壤样品采集

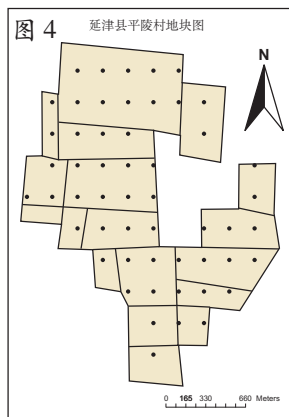
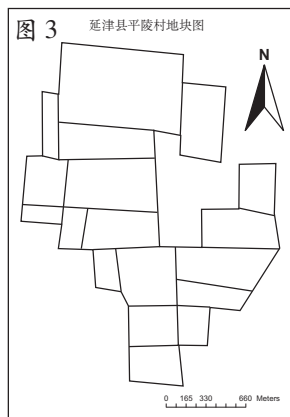
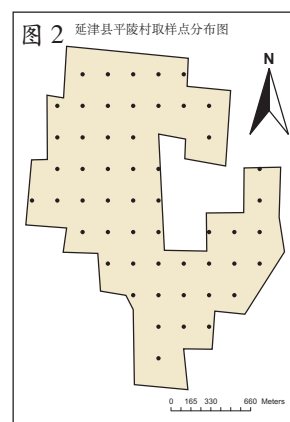
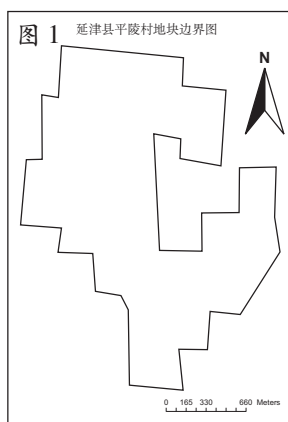
本研究采用GPS定位技术,利用网格取样法采集土壤样品,取样间隔为300~500米。取样方法为,在以网格点为圆心,3米为半径的范围内采集10~20钻的耕层(0~20厘米)土壤组成代表该点的混合样本。共取土样45个。取样地块和取样点分布如图1-图4所示。

### 1.3 土壤样品的分析

用土壤养分系统研究法分析土壤养分状况,该技术的核心是应用联合浸提剂和系列化操作规程,能快速准确测定

和全面评价土壤中各种大、中、微量营养元素状况和供应能力,并根据土壤分析结果和作物目标产量提出各种作物的平衡施肥技术推荐。

土壤中的速效磷(P)、钾(K)、铜(Cu)、铁(Fe)、锰(Mn)和锌(Zn)采用ASI联合浸提剂(0.25mol/L NaHCO<sub>3</sub>-0.01 mol/L EDTA-0.01mol/L NH<sub>4</sub>F)同时浸提;速效硼(B)和硫(S)用0.08mol/L的过磷酸钙溶液浸提;速效钙(Ca)、镁(Mg)和铵态氮(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)用1mol/L的KCl浸提;有机质用0.2 mol/L NaOH-0.01 mol/L EDTA - 2% 甲醛溶液提取。有机质和非金属元素用比色法测定,金属元素用原子吸收分光光度计测定。



## 2 结果与分析

### 2.1 粮田耕层土壤速效养分状况

粮田耕层土壤速效养分状况见表1。该农田土壤有机质水平较低。速测有机质平均含量为0.34%。从作物所需的各种营养元素看,特别是作物所需的3种大量营养元素氮磷钾来看,全部土壤极缺氮,土壤速效态氮( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ )在0.6~7.8毫克/升,平均值为3.02毫克/升,显著低于临界值水平,并且所有土壤样品测定值全部低于临界值。土壤速效磷在6.4~63.3毫克/升,平均值为25.96毫克/升,但土壤样品测定值中有11.1%的样品磷的含量低于临界值。说明大部分土壤不缺磷。土壤速效钾在25.9~223.0毫克/升,平均值为75.76毫克/升,显著低于临界值水平,且有68.9%的样品钾的含量低于临界值。说明大部分土壤还是缺钾的。农田土壤养分中微量元素S、Zn、Fe、Cu、Mn五元素也存在缺乏。土壤速效态硫在10.9~89.4毫克/升,平均值为23.6毫克/升,且15.6%的土壤样品测定值低于临界值12毫克/升。土壤速效锌在0.4~7.7毫克/升,平均值为1.12毫克/升,显著低于临界值水平,且91.1%的土壤样品测定值低于临界值2.0毫克/升。土壤速效铁在4.8~31.3毫克/升,平均值为11.32毫克/升,且33.3%的土壤样品测定值低于临界值10.0毫克/升。土壤速效铜在0.3~3.2毫克/升,平均值为1.26毫克/升,且24.4%的土壤样品测定值低于临界值1.0毫克/升。土壤速效锰在3.4~11.0毫克/升,平均值为5.4毫克/升,且53.3%的土壤样品测定值低于临界值5.0毫克/升。

以上营养元素是作物产量的主要限制因子。土壤中钙、镁、硼的含量相对较高,含量一般在适宜水平。从土壤养分分析结果看,氮素是农田最主要的限制因子,增施氮肥可以有明显的增产效果。其次是钾肥。中微量元素中以锌素为第1限制因子,第二是锰素,第3为铁素,第4为铜素、第五位为硫素。

表1 小麦粮田土壤速效养分含量范围及临界值指标(毫克/升)

地块	pH	OM %	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	P	K	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
最大值	8.4	0.5	7.8	115.5	63.3	223.0	89.4	31.3	3.2	11.0	7.7	3.3
最小值	7.65	0.13	0.6	1.3	6.4	25.9	10.9	4.8	0.3	3.4	0.4	0.43
平均值	8.04	0.34	3.02	25.55	25.96	75.76	23.60	11.32	1.26	5.40	1.12	1.27
中 值	8.05	0.34	2.8	20.4	20.2	61.7	13.7	11	1.2	4.9	0.8	1.14
标准差	0.12	0.07	1.61	27.23	14.66	40.15	21.24	4.23	0.53	1.70	1.11	0.45
变异系数	1.5	21.7	53.2	106.6	56.5	53.0	90.0	37.4	42.1	31.5	98.9	35.1
低于临界值土样数 占总土样数的百分数 (%)			100		11.1	68.9	15.6	33.3	24.4	53.3	91.1	0
临界值			50		12	78.2	12	10	1	5	2	0.2

注: 取样地点: E114° 14' 10.3" -15' 9.2", N35° 11' 58.9" -13' 6.60", n=45.

## 2.2 农田耕层土壤养分 (N、P、K、S、Mn、Cu、Fe、Zn) 空间变异

应用地理信息系统对研究的地块土壤养分数据进行空间内插后形成的养分图可以反映土壤养分空间变异规律 (如图 5- 图 15)。从图中可以看出, 平陵村全部土壤氮素缺乏。小部分土壤速效磷含量低于临界值, 低于临界值的土壤面积为 16.5%, 土壤速效磷含量分为 6 个等级, 土壤速效磷含量 <6.0 毫克/升 的占总面积的 1.2%, 6.1~12.0 毫克/升 的占总面积的 15.3%, 12.1~18.0 毫克/升 的占总面积的 50.5%, 18.1~24.0 毫克/升 的占总面积的 20.0%, 24.1~30.0 毫克/升 的占总面积的 5%, 30.1~36.0 毫克/升 的占总面积的 8%。说明土壤有大部分磷素不缺乏。土壤速效钾含量分为 7 个等级, 土壤速效钾含量小于 80.0 毫克/升 的占总面积的 75.0%, 大部分土壤速效钾含量低于临界值, 低于临界值的土壤面积为 70.0%。土壤速效硫含量分为 5 个等级, 土壤速效硫含量小于临界值的占总面积的 20.3%, 大部分土壤速效锌含量低于临界值, 低于临界值的土壤面积占总面积的 97.4%。土壤速效铁含量低于临界值, 低于临界值的土壤面积占总面积的 42.4%。土壤速效铜低于临界值的土壤面积占总面积的 34.4%。土壤速效锰低于临界值的土壤面积占总面积的 60.4%。

图 5

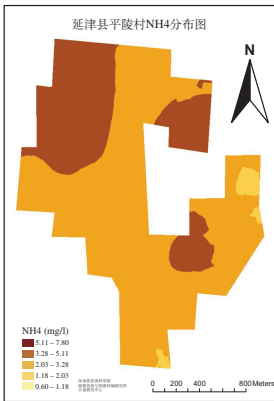


图 6

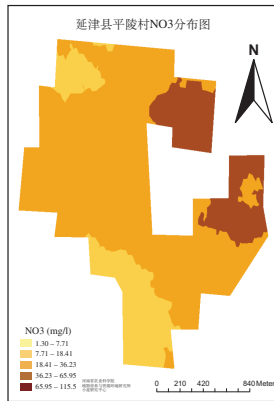


图 7

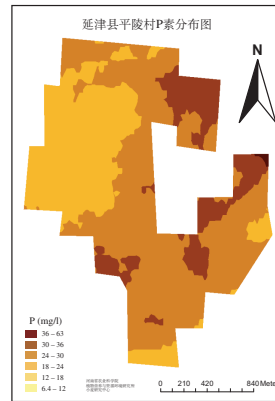


图 8

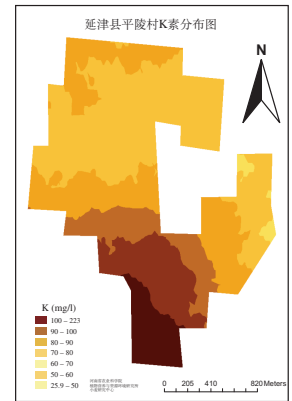


图 9

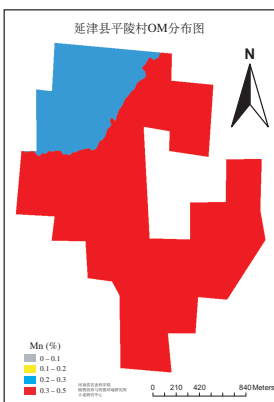


图 10

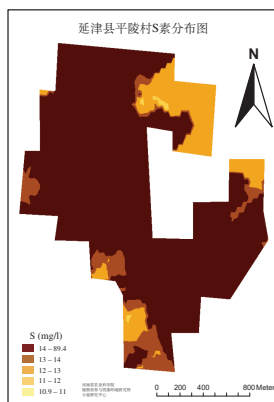


图 11

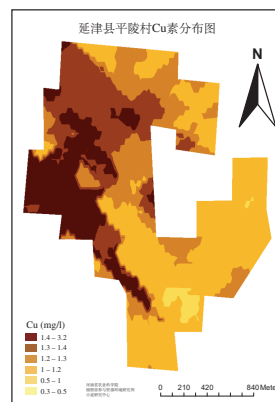


图 12

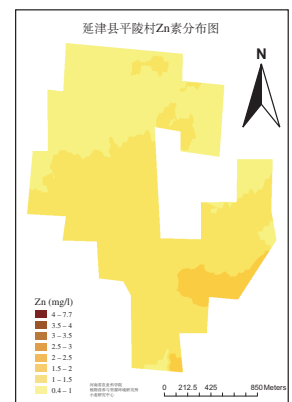


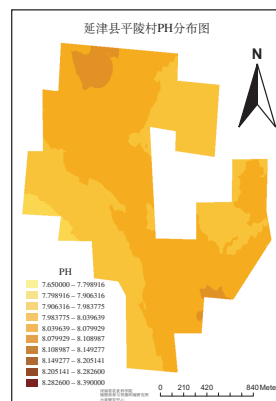
图 13



图 14



图 15



### 2.3 农田土壤小麦目标产量施肥推荐

在通过土壤测试分析土壤 N、P、K 空间变异性基础上, 根据“目标产量测土施肥法”结合当地农民施肥水平和小麦产量水平, 提出小麦子粒产量在 400~500 公斤/亩之间的推荐施肥建议。

由于测定的速效态氮不能完全反映土壤的供氮水平, 氮肥的推荐是根据目标产量和有机质水平确定的。整个研究区域氮肥的推荐为 15 公斤/亩。

磷钾肥用量根据不同区域 P、K 变异状况提出。整个研究区域土壤速效磷含量分为 6 个等级, 土壤速效磷含量分为 7 个级别, <6.0 毫克/升、6.1~12.0 毫克/升、12.1~18.0 毫克/升、18.1~24.0 毫克/升、24.1~30.0 毫克/升、30.1~36.0 毫克/升、>36.1 毫克/升, 低于临界值的土壤样品数占 11.1%。因此磷肥推荐施肥分为两个区域, 速效磷含量小于 12.1 毫克/升, 磷肥推荐为 9 公斤/亩, 速效磷含量大于 12.1 毫克/升, 磷肥推荐为 6 公斤/亩。

整个研究区域土壤速效钾含量分为 6 个等级, 25.9~50.0 毫克/升、50.1~60.0 毫克/升、60.1~70.0 毫克/升、70.1~80.0 毫克/升、80.1~90.0 毫克/升、90.1~100.0 毫克/升, 低于临界值下土壤样品数占 68.9%。大部分土壤速效钾含量低于临界值, 因此钾肥推荐施肥分为两个区域, 速效钾含量小于 80.1 毫克/升钾肥推荐为 12 公斤/亩, 速效钾含量大于 80.1 毫克/升, 钾肥推荐为 9 公斤/亩。

整个研究区域土壤速效硫含量分为 5 个等级, 土壤速效硫含量 <11.0 毫克/升、11.1~12.0 毫克/升、12.1~13.0 毫克/升、13.1~14.0 毫克/升、>14.1 毫克/升, 临界值 12 毫克/升, 低于临界值的土壤样品数占 15.6%。硫素推荐施肥根据土壤速效硫含量也分为 2 个等级, 分别为: 6 公斤/亩 (土壤速效硫含量 <11 毫克/升)、4 公斤/亩 (土壤速效硫含量 11.1~12.0 毫克/升)。

整个研究区域大部分土壤速效锌含量低于临界值, 营养元素 Zn 状况分为 8 个级别, <1.0 毫克/升、1.01~1.50 毫克/升、1.51~2.00 毫克/升、2.01~2.50 毫克/升、2.51~3.00 毫克/升、3.01~3.50 毫克/升、3.51~4.00 毫克/升、>4.1 毫克/升, 低于临界值下土壤样品数占 91.1%。说明有绝大部分土壤缺锌素。锌肥推荐施肥分为两个区域: 土壤速效锌含量小于 2.00 毫克/升 锌肥推荐为 2 公斤/亩, 土壤速效锌含量大于 2.01 毫克/升, 锌肥推荐为 1 公斤/亩。

营养元素 Fe 状况分为 5 个级别, <5 毫克/升、5.1~10.0 毫克/升、10.1~20.0 毫克/升、20.1~30.0 毫克/升、>30.1 毫克/升, 低于临界值的面积占 33.3%。说明有一部分土壤缺 Fe 素。铁素临界值为 10mg/L, 铁肥推荐施肥分为两个区域: 土壤速效铁含量小于 5.00 毫克/升 铁肥推荐为 2 公斤/亩, 土壤速效铁含量大于 5.1 毫克/升, 铁肥推荐为 1 公斤/亩。



营养元素Cu状况分为6个级别,<0.5毫克/升、0.51~1.0毫克/升、1.1~1.2毫克/升、1.21~1.3毫克/升、1.31~1.4毫克/升、>1.41毫克/升,铜素临界值为1毫克/升,低于临界值的土壤样品数占24.4%。铜肥推荐施肥分为两个区域:土壤速效铜含量小于0.5毫克/升铜肥推荐为2公斤/亩,土壤速效铜含量在0.51~1.0毫克/升,铜肥推荐为1公斤/亩。营养元素Mn状况分为5个级别,<4.0毫克/升、4.1~5.0毫克/升、5.1~8.0毫克/升、8.1~10.0毫克/升、>10.1毫克/升,锰素临界值为5毫克/升,低于临界值的土壤样品数占53.3%。锰肥推荐施肥分为两个区域:土壤速效锰含量小于4毫克/升锰肥推荐为2公斤/亩,土壤速效锰含量在4.1~5.0毫克/升,锰肥推荐为1公斤/亩。

### 3 小结

1) 研究区域农田耕层土壤N、P、K、S、Mn、Cu、Fe、Zn等普遍缺乏,是农田土壤养分管理的重点。

2) 农田不同土壤养分的变异情况存在较大差异,其中土壤N、P、Zn测试值变异较大,而土壤K、S的测试值变异较小。

3) 农田不同土壤养分的空间变异结构存在较大差异。而土壤N、P、Zn具有明显的空间变异结构,其含量基本趋于以小块变异为主,渐变性分布的规律差;而土壤K、S含量也具备明显的空间变异结构,其含量基本趋于以大块状变异为主,具有较强的渐变性分布规律。

4) 小麦-玉米轮作制下小麦-玉米高产优质分区平衡推荐施肥技术能大幅度增加小麦玉米产量,既增加了作物产量,提高了农户的经济效益,又降低了肥料的投入,也降低了因过量施肥对环境造成污染的可能性。

#### 参考文献:

[1] 金继运. 精准农业及其在我国的应用前景.金继运和白由路主编,精准农业与土壤养分管理.中国大地出版社.2001, 1-9.

[2] 黄绍文,金继运,杨俐苹等.土壤养分空间变异特征与管理.金继运和白由路主编,精准农业与土壤养分管理.中国大地出版社.2001, 39-50.

[3] 黄绍文,金继运,杨俐苹等.县级粮田土壤养分的空间变异.金继运和白由路主编,精准农业与土壤养分管理.中国大地出版社.2001, 58-68.

[4] 白由路,金继运,杨俐苹等.农田土壤养分变异与推荐施肥.金继运和白由路主编,精准农业与土壤养分管理.中国大地出版社.2001, 69-76

[5] 姜城,杨俐苹,金继运等.土壤养分变异与合理取样数量.金继运和白由路主编,精准农业与土壤养分管理.中国大地出版社.2001, 161-171

[6] 杨俐苹,姜城,金继运等.棉田土壤养分精准管理初探.金继运和白由路主编,精准农业与土壤养分管理.中国大地出版社.2001, 219-226.

[7] 黄绍文,金继运,杨俐苹等.县级粮田土壤养分空间变异与分区管理技术研究.金继运和白由路主编,精准农业与土壤养分管理.中国大地出版社.2001, 227-240.

[8] 杨俐苹,白由路,金继运等.土壤养分综合评价法和平衡施肥技术及其产业化.金继运和白由路主编,精准农业与土壤养分管理.中国大地出版社.2001, 241-247.

[9] 黄绍文,金继运,杨俐苹等.乡镇级土壤养分空间变异与分区管理技术研究.金继运和白由路主

编, 精准农业与土壤养分管理. 中国大地出版社. 2001, 248-259.

[10] 黄绍文, 金继运, 左余宝等. 农田土壤养分平衡状况及其评价的试点研究. 金继运和白由路主编, 精准农业与土壤养分管理. 中国大地出版社. 2001, 259-260.



河南小麦长势



河南省委陈全国副书记考察小麦长势

上接 41 页

#### 参考文献:

- [1] 高云晖, 田亚玲. 黄土区玉米氮磷钾适宜配比研究<sup>[J]</sup>. 陕西农业科学, 2006 (6) 39-41
- [2] 高云晖, 宋长青. 应用土测值实施冬小麦平衡施肥研究. 国际平衡施肥研讨会论文集 [C], 中国农业出版社. 1999. 12. 117-121.
- [3] 高云晖. 土壤及肥料对小麦产量的贡献效应与施肥对策<sup>[J]</sup>. 陕西农技推广, 2006. (4) 25-26
- [4] 中国土壤学会农业化学专业委员会, 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京, 农业出版社 1983.
- [5] 高云晖. 粮油轮作中施肥对产量和土壤肥力的影响<sup>[J]</sup>. 土壤肥料, 2004. (1) 22-24.
- [6] 邱凤琼等 有机物对土壤磷素和微量元素的影响 [J]. 土壤通报, 1986, 17 (7) : 73-76.
- [7] 北京农业大学. 南京农学院 农业化学 [M]. 北京, 农业出版社 1980, 110-117.
- [8] 王旭东等 磷在瘠土中的转化及有效性研究 [J]. 西北农业学报, 1995. 4 (增刊) 81-84.
- [9] 郭胜利, 余存祖, 戴鸣均. 有机肥提高土壤锌有效性的机理研究 [J]. 西北农业学报, 1995, 4 (增刊) : 104-109



## 钾肥品种在加工番茄上的肥效初探

胡伟<sup>1</sup> 张炎<sup>1</sup> 王海燕<sup>2</sup> 齐桂红<sup>2</sup> 杨洛成<sup>2</sup>

(1 新疆农业科学院土壤肥料研究所 830091

2 生产建设兵团农十二师头屯河农场 832000)

**摘要:** 以不施钾为对比, 研究加工番茄相同氮磷钾水平下不同钾肥品种的施用效果, 施钾明显增加产量, 增收 60 元/亩~171 元/亩, 以氯化钾效果最好, 增产 14.6%, 氯化钾配施硫肥产量次之, 但品质稍优于前者; 单施硫酸钾处理增产 6.8%, 施硫酸钾镁肥的产量、品质较硫酸钾处理均有所提高, 两个硫酸钾处理产量不及两个氯化钾处理但提高了产品品质, 氯化钾加硫及硫酸钾镁肥比相应钾肥增加了单株果数。

**关键词:** 加工番茄, 钾肥品种, 产量, 品质

番茄是需钾量较大的作物, 1 吨番茄产品需吸收 5.0 公斤  $K_2O$ <sup>[1]</sup>, 新疆是我国番茄酱生产及出口大省<sup>[2]</sup>, 并且最近五年加工番茄的单产增长速度明显高于全国其它地区<sup>[3]</sup>。新疆土壤缺氮少磷富钾的观念导致多年来对钾肥未引起足够的重视, 导致土壤钾素含量下降较快, 硫酸钾和氯化钾是常见的钾肥, 硫酸钾镁肥以前主要从德国和美国进口, 目前我国年产 60 万吨的青海格尔木吉乃尔盐湖硫酸钾镁肥生产基地, 有望改变这种局面<sup>[4]</sup>。2005 年我们研究这几种钾肥在加工番茄上的应用效果, 为合理施用钾肥提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验安排在农十二师头屯河农场五连, 栽培品种为里格尔 87-5, 土壤为灰漠土。有机质 12.34 克/公斤, 全氮 0.568 克/公斤、碱解氮 17.3 毫克/公斤, 速效磷 6.1 毫克/公斤, 速效钾 130 毫克/公斤。试验用肥: 硫酸钾镁 ( $K_2O$  22%,  $MgO$  8%,  $S$  14%), 硫酸钾 ( $K_2O$  33%,  $S$  18.4%), 氯化钾 ( $K_2O$  60%), 硫酸钙 (含  $S$  18.6%)。

### 1.2 试验设计

参照当地常规施用量设氮、磷用量相同的 5 个处理,  $N$  为 12.0 公斤/亩,  $P_2O_5$  为 7.2 公斤/亩,  $K_2O$  为 6.0 公斤/亩, 处理 1 为不施钾处理, 处理 2、3、4、5 为等  $K_2O$  量处理, 处理 5 与 3 为等硫量处理, 重复 3 次, 小区面积 33.6m<sup>2</sup>。

表 1 加工番茄钾肥肥效比较试验方案 (公斤/亩)

处理	尿素	三料磷肥	氯化钾	硫酸钾	硫酸钾镁	硫酸钙
NP	26	15.7				
NP+KCl	26	15.7	10			
NP+ $K_2SO_4$	26	15.7		18		
NP+ $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$	26	15.7			27.3	
NP+KCl+ $CaSO_4$	26	15.7	10			17.78

全部的磷肥、钾肥和40%的氮肥基施，剩余60%氮肥平均分两次追肥，随后灌水，生育期灌水6次。

### 1.3 品质与产量的测定

第一次采收前采集各小区成熟果实20个测定维生素C含量(2,6-二氯酚测定法)、可溶性固形物含量(折射仪法)、茄红素含量(苏丹1号比色法)，产量在田间称重并累积计产。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同钾肥对加工番茄产量和经济效益的影响

表2 不同钾肥对产量及经济效益分析表(公斤/亩)

处理	平均产量 (公斤/亩)	增产率 (%)	产值 (元/亩)	钾肥成本 (元/亩)	钾肥增效 (元/亩)	投资效率 (元/元)
NP+KCl	6491a	14.6	1532	24	171	7.1
NP+KCl+CaSO <sub>4</sub>	6164b	8.8	1455	33	85	2.6
NP+K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·MgSO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O	6057b	6.9	1430	38	54	1.4
NP+K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	6048b	6.8	1427	30	60	2.0
NP	5665c		1337			

注：F值为9.482，F<sub>0.05</sub> = 3.838。当年当地价格(元/吨)：氯化钾2400，硫酸钾1680，硫酸钙500，硫酸钾镁1400，加工番茄236。

据表2：施用钾肥显著增加了加工番茄的产量，氯化钾增产达14.6%，在5%水平下与其它各处理差异显著，氯化钾加硫、硫酸钾镁和硫酸钾处理三者产量递减且相互之间差异不明显，但与不施钾处理差异显著。在氯化钾基础上增施硫肥未见增产，硫酸钾镁肥产量较硫酸钾稍有增加，两个氯化钾处理的增产效果优于两个硫酸钾处理。

施用钾肥均明显增加了收益，氯化钾、氯化钾加硫、硫酸钾镁和硫酸钾处理除去钾肥成本因施用钾肥增加效益分别为171元/亩、85元/亩、54元/亩和60元/亩，投资效率达1.4~7.1元/元，经济效益明显。

### 2.2 不同钾肥对加工番茄品质和果实性状的影响

表3 不同处理对加工番茄品质特性及果形的影响

处理	茄红素 毫克/100克	固形物 %	维生素C 毫克/100克	烂果率 %	成熟度 %	纵径 厘米	横径 厘米	单株果数 个
NP+KCl	2.26	1.50	6.14	15.0	43.9	6.33	4.87	35.2
NP+KCl+CaSO <sub>4</sub>	2.65	1.83	6.20	16.5	44.4	6.18	4.91	44.3
NP+K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·MgSO <sub>4</sub>	3.05	2.33	7.96	16.3	48.4	6.09	4.74	50.0
NP+K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3.04	2.17	7.96	17.8	45.8	6.11	4.84	38.7
NP	2.74	2.17	6.97	20.4	40.6	5.98	4.73	49.8



由表3知：番茄品质中的茄红素、维生素C、可溶性固形物三者含量：氯化钾处理各值均最低，氯化钾加硫处理三项指标有所提高但仍低于对照处理；而硫酸钾及硫酸钾镁处理比对照要高，也许产量的大幅增高是导致品质下降的主导因素，硫酸钾处理茄红素含量比对照提高11%，维生素C含量提高14%。

烂果率、成熟度处理间差异也不显著。但不施钾处理的烂果率高而成熟度低于施钾处理，可见施用钾肥可以促进果实着色、成熟和提高抗性，氯化钾处理果实成熟相对较晚，其烂果率和成熟度均偏低，硫酸钾镁肥的效果最为理想，比单施硫酸钾烂果率降低了1.5%，成熟度提高了2.5%。

施用钾肥明显增大了加工番茄果实体积和单果重量，结合产量水平考虑：产量高的氯化钾、氯化钾加硫处理单株果数较少（为35.2个和44.3个），但果实纵、横径均大，因此产量较高，增施硫、镁肥处理单株果数比相应的钾肥处理明显增多，单株果数相对增加9.1个和11.3个。

### 2.3 钾肥品种示范

加工番茄成熟后分批采收并计产，氯化钾处理产量最高，为5796公斤/亩，其次是硫酸钾镁处理为5640公斤/亩，硫酸钾处理产量为5601公斤/亩，硫酸钾镁比硫酸钾增产0.7%，示范区几种钾肥的增产效应与试验区表现出相似的规律性。

## 3 结论

3.1 在氮磷基础上施用等量钾肥，几种钾肥均能显著增加加工番茄的产量，两个氯化钾处理增产效果优于两个硫酸钾处理，增施硫肥产量没有增加。

3.2 硫酸钾和硫酸钾镁比不施钾处理均提高了茄红素、维生素C和可溶性固形物含量，各处理中氯化钾内在品质最差，氯化钾加硫处理此三项指标得到一定提高，但仍低于不施钾处理，施用钾肥提高了加工番茄的成熟度和降低了烂果率。

氯化钾及氯化钾加硫处理促进了单果体积和重量，加硫的氯化钾和含镁的硫酸钾镁肥均比相应钾肥增加了单株果数。

3.3 施用钾肥明显增加了收益，投资效率高，经济效益较显著。

#### 参考文献：

- [1] 吕英华, 无公害蔬菜施肥技术 [M], 北京: 中国农业出版社, 2003, 163—165.
- [2] 庞胜群, 王祯丽, 张润, 等. 新疆加工番茄产业现状及发展前景 [J]. 中国蔬菜, 2005 (2): 39-41
- [3] 刘力, 张艳华, 司伟. 新疆番茄生产贸易现状及其影响因素分析 [D]. 新疆农垦经济, 2005.5: 28-32
- [4] 鲁剑巍, 陈防等. 钾与硼、硫、镁肥配合施用对桑叶产量和品质的影响 [J]. 蚕桑通报, 1996, 27 (1): 13-15



新疆加工蕃茄的生长情况

上接第3页

**参考资料：**

Canadian Fertilizer Institute(n.d.). Fertilizer and Environmental Stewardship. Retrieved February, 2007 from [http://www.cfi.ca/facts\\_issures/fertilizers\\_and\\_environmental\\_stewardship.asp](http://www.cfi.ca/facts_issures/fertilizers_and_environmental_stewardship.asp).

Dibb,D.W. 2000. The mysteries (myths)of nutrient use efficiency. Better Crops 84(3):3-5

Griffith,W.K. and L.S. Murphy.1991. The development of crop production systems using best management practices.Potash &Phosphate Institute.

PPI.1989.Conventional and Low-input Agriculture. Economic and Environmental Evaluation, Comparisons and Considerations. A White Paper Report. Potash&Phosphate Institute.

Roberts, T.L.2006. Improving nutrient use efficiency. In Proceedings of the IFA Agricultural Conference, Optimizing Resource Use Efficiency for Sustainable Intensification of Agriculture. 27 February-2 March,2006,Kunming,China.

The Fertilizer Institute(n.d.). Fertilizer Product Stewardship Brochure. Retrieved February 2007 from <http://www.tfi.org/issures/product%20stewardship%20brochure.pdf>.

原文自 Better Crops with Plant Food, 2007 (4) 14 — 15, 国际植物营养研究所成都办事处  
谢玲译 涂仕华校

Robert 博士(e-mail: troberts@ipni.net.) 是国际植物营养研究所总裁, 该研究所位于美国乔治亚州 Norcross。



## 水稻—蚕豆轮作养分平衡管理定位试验研究

付利波 陈华 苏帆 洪丽芳

云南省农业科学院农业环境资源研究所

**摘要** 本研究在国际植物营养研究所资助的云南省嵩明县土壤养分监测村进行了三年五季水稻—蚕豆养分平衡管理定位试验, 研究水稻—蚕豆轮作体系中不同养分配施施用对水稻、蚕豆产量、净收益及肥料养分农学效率的影响。

结果表明, 从产量角度考虑, 水稻、蚕豆最佳施肥处理是 N2P2K3; 水稻不施 N、P、K 三种元素中任一种元素时, 产量、净收益、肥料养分农学效率均显著降低; 蚕豆不施 N 肥对产量、净收益影响不明显, 不施 P、K 肥时产量、净收益、肥料养分农学效率均明显降低; 从净收益和肥料养分农学效率角度考虑, 水稻、蚕豆最佳施肥处理是 N2P2K2。

**关键词:** 养分管理; 水稻—蚕豆轮作; 产量; 净收益; 肥料养分农学效率

目前, 我国普遍存在化肥使用量过大, 尤其是生产水平相对较高地区, 化肥的肥效和当季作物利用率较低, 并造成一定的面源污染问题<sup>[1, 2]</sup>。嵩明县作为滇中大粮仓, 又是昆明主要饮水水源松华坝水库水源河流的上游汇水地区, 为解决这一吃饭与饮水安全问题的大矛盾, 如何在该地区合理进行养分平衡管理, 降低化肥用量, 提高农业生产效益, 避免或减轻面源污染, 意义重大。研究证明在主要的轮作体系下, 进行养分综合管理, 是降低化肥用量的有效途径<sup>[3]</sup>。水稻—蚕豆轮作是云南水稻主产区农田主要耕作制度, 为解决云南嵩明水稻—蚕豆养分平衡管理中这一问题, 本项目于 2004—2006 年连续三年在水稻—蚕豆轮作制中布置平衡施肥试验。

## 1 材料与方方法

### 1.1 供试土壤状况

试验安排在昆明市嵩明县杨桥乡白鹤村委会下甸心村国际植物营养研究所资助的土壤养分监测村定位试验田块进行, 供试土壤为水稻土, 土样分析用 ASI 法。供试土壤原始基本农化性状如表 1。

表 1 试验点原始土样养分状况

	pH	OM	Ca	Mg	K	Ca/Mg	Mg/K	NH <sub>4</sub>	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		%	毫克/升土												
测定值	6.5	1.7	4716.8	735.2	57.6	6.42	12.76	8.3	5.7	84.4	1.20	13.1	27.9	22.5	2.0
临界值			400.8	121.5	78.2			50	12	12	0.2	1	10	5	2

### 1.2 试验设计

三年试验处理相同, 设 10 个处理 (表 2), 4 次重复, 随机区组排列, 小区面积 13.3 平方米。供试肥料品种为尿素、普通过磷酸钙、氯化钾。水稻除普通过磷酸钙一次作底肥施用外, 尿素、氯化钾均分两次施用 (60% 作基肥, 40% 作分蘖肥), 蚕豆所有肥料作底肥一次性施入, 试验不用有机肥。

表2 水稻和蚕豆不同养分管理水平肥料施用情况表 (公斤/亩)

处理	水稻 (2004—2006)			蚕豆 (2004—2006)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 公斤/亩	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 公斤/亩	K <sub>2</sub> O
1.OPT(N2P2K2)	20	8	12	4	9	9
2.OPT-N	0	8	12	0	9	9
3.OPT-P	20	0	12	4	0	9
4.OPT-K	20	8	0	4	9	0
5. N1P2K2	16.7	8	12	2	9	9
6. N3P2K2	23.3	8	12	6	9	9
7. N2P1K2	20	5	12	4	5	9
8. N2P3K2	20	11	12	4	13	9
9. N2P2K1	20	8	8	4	9	5
10. N2P2K3	20	8	16	4	9	13

## 2 试验结果与分析

### 2.1 不同养分管理对水稻和蚕豆产量的影响

通过对三年五季作物产量进行统计分析,结果(表3)可看出,,三年五季作物不同N、P、K用量处理产量差异达极显著水平。水稻最佳施肥量为N 20 公斤/亩、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8 公斤/亩、K<sub>2</sub>O 16 公斤/亩;蚕豆最佳施肥量为N 4 公斤/亩、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 9 公斤/亩、K<sub>2</sub>O 13 公斤/亩。水稻不施N、P、K三种肥料之一,产量显著下降,比最佳处理产量减产9.3%—27.6%;蚕豆不施N肥对产量影响不明显,不施P、K肥时产量下降明显,比最佳处理产量减少34.5%—44.7%。N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O用量一定范围内固定其他两种肥料用量,增施N、P、K三种中任一种肥料时,水稻、蚕豆的产量均随这种肥料施用量的增加而有不同程度的增加。

表3 不同养分管理对水稻和蚕豆产量的影响 (公斤/亩)

处理	2004		2005				2006			
	水稻		蚕豆		水稻		蚕豆		水稻	
	产量	显著水平	产量	显著水平	产量	显著水平	产量	显著水平	产量	显著水平
	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%
OPT(N2P2K2)	761.3	ab A	296.7	ab A	837.9	a AB	303.1	ab AB	917.3	b AB
OPT-N	667.5	ef DE	275.0	b AB	610.8	d D	292.1	c C	779.5	e D
OPT-P	642.5	f E	185.8	d D	637.1	d D	191.6	f E	814.6	de CD
OPT-K	695.0	de CD	168.3	d D	625.4	d D	200.8	e E	814.6	de CD
N1P2K2	718.8	cd BC	285.4	ab A	758.8	bc BC	297.6	bc ABC	879.7	bc BC
N3P2K2	735.0	bc ABC	294.6	ab A	805.8	ab ABC	296.3	bc BC	887.3	bc BC
N2P1K2	711.3	cd BC	241.3	c BC	768.8	bc ABC	261.7	d D	897.3	bc BC
N2P3K2	751.3	ab AB	226.3	c C	807.9	ab ABC	305.2	a AB	874.7	bcd BC
N2P2K1	736.3	abc ABC	239.6	c C	742.5	c C	260.3	d D	847.2	cd BCD
N2P2K3	766.3	a A	304.2	a A	843.3	a A	306.8	a A	992.5	a A



### 2.2 不同养管理水平对水稻和蚕豆净收益的影响

通过对水稻和蚕豆纯收益的计算(表4),结果表明,三年来,扣除生产肥料成本,水稻的纯收益为OPT处理最好,缺N处理最低,缺P、K处理次之,OPT处理比缺N、P、K处理增收6.8%—35.1%;蚕豆表现为OPT处理最好,缺P处理最低,缺K处理其次,缺N处理蚕豆净收益比低P、K处理还高,说明N肥对蚕豆净收益增加影响不大,这与蚕豆自身具有固氮能力有关。

表4 不同养管理水平对水稻和蚕豆净收益的影响

处理	净收益(元/亩)				
	2004年 水稻	2005年 蚕豆	2005年 水稻	2006年 蚕豆	2006年 水稻
OPT	1570.3	270.3	1738.9	277.4	1913.7
OPT-N	1411.8	256.0	1287.2	274.8	1658.2
OPT-P	1319.7	160.4	1307.8	166.7	1698.2
OPT-K	1470.5	163.6	1317.4	199.4	1733.6
N1P2K2	1484.7	262.7	1572.7	276.1	1838.9
N3P2K2	1504.5	263.2	1660.4	265.0	1839.5
N2P1K2	1464.3	214.6	1590.8	237.2	1873.5
N2P3K2	1544.3	187.5	1668.9	274.5	1815.9
N2P2K1	1530.6	222.8	1544.3	245.5	1774.6
N2P2K3	1565.9	263.2	1735.5	265.9	2063.7

注:水稻2.2元/公斤;蚕豆1.0元/公斤;尿素1.1元/公斤;普钙0.24元/公斤;氯化钾2.3元/公斤

### 2.3 水稻—蚕豆不同养管理对肥料N、P、K养分农学效率的影响

养分农学效率指单位肥料养分的增产量。肥料N、P、K养分农学效率的计算结果(表5)说明,三年五季作物氮、磷、钾的养分农学效率均是OPT处理最高。当N肥在水稻20公斤/亩、蚕豆4公斤/亩施用量内,N养分农学效率随施N量的增加而增加,超过该用量则开始下降;当P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>在水稻8公斤/亩、蚕豆9公斤/亩施用量内,P养分农学效率随P肥施用量的增加而增加;当K<sub>2</sub>O在水稻12公斤/亩、蚕豆9公斤/亩施用量内,K养分农学效率随K肥施用量的增加而增加。

表5 水稻、蚕豆不同养管理水平对肥料N、P、K养分农学效率(公斤产量/公斤养分)的影响

		04年		05年		06年	
		水稻	蚕豆	水稻	蚕豆	水稻	蚕豆
N 养分农学效率	N2P2K2	4.7	5.4	11.4	2.8	10.7	
	N1P2K2	3.1	5.2	8.9	2.7	6.0	
	N3P2K2	2.9	3.3	8.4	0.7	4.6	
P 养分农学效率	N2P2K2	14.8	12.3	25.1	12.4	22.2	
	N2P1K2	13.8	11.1	26.3	14.0	16.5	
	N2P3K2	9.9	3.1	15.5	8.9	5.5	
K 养分农学效率	N2P2K2	5.5	14.3	17.7	11.4	14.8	
	N2P2K1	5.2	14.3	14.6	11.9	4.1	
	N2P2K3	4.5	10.5	13.6	8.0	6.4	

注:养分农学效率=(施用某养分处理作物产量-未施该养分处理作物产量)/该养分施用量

### 3 讨论

3.1 三年五季作物不同N、P、K用量处理产量增加达极显著水平,产量最高处理为N2P2K3。水稻不施N、P、K三种元素中任一种元素时,产量降低明显,比最高产量减产9.3%—27.6%;蚕豆不施N肥对产量影响不明显,不施P、K肥时产量显著下降,比最高产量减产34.5%—44.7%。在N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O用量一定范围内固定其他两种元素肥料用量,增施N、P、K三种元素中任一种元素肥料时,水稻、蚕豆的产量均随这种元素施用量的增加而有不同程度的增加,三年规律相同。

3.2 三年水稻的纯收益均为OPT处理最好,比缺N、缺P、缺K处理增收6.8%—35.1%;蚕豆同样表现为OPT处理最好,缺P、缺K处理收益降低明显,缺N处理蚕豆净收益比低P、K处理还高,说明N肥对蚕豆净收益增加影响不大。

3.3 三年五季作物氮、磷、钾的养分农学效率均以OPT处理最高。在一定范围内,固定N、P、K中两种元素肥料用量,N、P、K养分农学效率均随着该元素肥料施用量的增加而增加,超过一定用量范围反而下降。

#### 参考文献:

[1] 鲁如坤,刘鸿翔,闻大中等.我国典型地区农业生态系统养分循环和平衡研究Ⅲ.全国和典型地区养分循环和平衡现状.土壤通报,1996,27(5)

[2] 加拿大钾磷肥研究所北京办事处.土壤养分状况系统研究法,北京:中国农业科技出版社,1992

[3] 金继运.加拿大钾肥公司在中国的平衡施肥示范项目报告(15)—土壤养分综合系统评价法与测土配方施肥.高效施肥,2005年(2)

# 长江流域冬油菜区氮磷钾硼肥施用效果

邹娟<sup>1</sup> 鲁剑巍<sup>1</sup> 李小坤<sup>1</sup> 李银水<sup>1</sup> 陈防<sup>2, 3</sup>

1 华中农业大学资源与环境学院, 湖北 武汉 430070;

2 国际植物营养研究所武汉办事处, 湖北 武汉 430074;

3 中国科学院武汉植物园, 湖北 武汉 430074

**摘要:** 在长江流域和河南共10个冬油菜主产省(市)布置39个田间试验,研究了氮、磷、钾及硼肥施用对油菜籽产量、经济效益及品质的影响。结果表明,氮、磷、钾及硼肥施用能明显提高油菜籽产量,平均增产率分别为40.3%、25.2%、10.3%和14.1%;氮磷钾硼配合施用处理平均产量为176公斤/亩,较不施氮、不施磷、不施钾和不施硼处理分别增收纯利润195元/亩、125元/亩、32元/亩和83元/亩;施用氮肥具有提高籽粒蛋白质含量而降低油分含量的作用,而磷、钾或硼肥施用则有提高油菜籽含油量而降低蛋白质含量的趋势,施肥对油菜籽硫甙和芥酸含量有一定影响,但对食用品质指标影响不大。

**关键词:** 油菜; 氮; 磷; 钾; 硼; 产量; 经济效益; 品质

油菜是我国主要的油料作物和蛋白质饲料作物,同时正在成为重要的生物能源作物。从1999年开始,我国油菜籽年均产量超过1000万吨,居世界首位,其中位于长江流域的湖北、四川、湖南、江西、安徽以及江浙一带是我国油菜的集中生产区,常年种植面积9000万亩左右,占全国油菜种植面积的80%以上,年均总产量约占全国的85%。

然而,长江流域土壤养分不平衡,总体表现为“低氮、缺磷、缺硼、钾不足”,绝大部分油菜种植户对科学施肥的重要性也缺乏认识,往往以经验施肥为主。已有研究表明,科学施肥可明显改善油菜营养生长,提高籽粒产量,并对油菜籽品质有一定影响。但是,这些研究所涉及的范围有限,缺乏区域性研究结果。为探讨当前生产条件下长江流域冬油菜产区氮、磷、钾及硼肥的施用效果,2006/2007年度统一制定施肥方案在长江流域的湖北、四川、江苏、江西、浙江、重庆、安徽、贵州和湖南9个省(市)及河南布置田间试验39个,以期为冬油菜的科学施肥提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

2006年9月至2007年5月,在长江流域冬油菜主产区的湖北、四川、江苏、江西、浙江、重庆、安徽、贵州及湖南9个省(市)以及河南省布置油菜氮磷钾硼田间肥效试验39个,湖北省的试验共13个,河南省2个,其余8省(市)油菜肥效试验各3个。

试验田基础土壤养分状况为pH 3.9~8.2,有机质含量5.9~25.1克/公斤(平均9.9克/公斤),铵态氮含量2.8~91.0毫克/升(平均22.8毫克/升),速效磷含量1.7~42.4毫克/升(平均12.4毫克/升),速效钾含量44.7~216.0毫克/升(平均84.4毫克/升),有效硼含量0.03~1.45毫克/升(平均0.47毫克/升)。土壤样品分析由中一加合作土壤测试实验室采用系统研究法进行测定<sup>[1]</sup>。

供试油菜品种全部为甘蓝型油菜,分为两类,一类为双低油菜(低硫甙、低芥酸),另一类为双高油菜(高硫甙、高芥酸),其中双低品种有华双、华油杂、中双、中油杂及油研系列等,双高品种有中

油 821 等。试验前茬作物为水稻或棉花。

## 1.2 试验设计

各试验均设 6 个处理, 分别为: (1) OPT (整个生育期的养分施用量分别为: N 12 公斤/亩、 $P_2O_5$  6 公斤/亩、 $K_2O$  8 公斤/亩, 硼砂 0.5 公斤/亩。); (2) OPT-N (不施氮); (3) OPT-P (不施磷); (4) OPT-K (不施钾); (5) OPT-B (不施硼), (6) CK (空白不施肥)。

施肥时期和肥料施用比例为: 磷肥和硼砂全部作基肥在油菜移栽时施用, 氮肥和钾肥分 3 次施用, 基肥占 60%, 苗肥 (移栽后 50 天) 和 薹肥 (移栽后 90 天) 各占 20%。

供试肥料品种分别为尿素 (含 N 46%)、过磷酸钙 (含  $P_2O_5$  12%)、氯化钾 (含  $K_2O$  60%)、硼砂 (含 B 量 11%)。各处理重复 3 次, 小区面积 20 m<sup>2</sup>。其他生产管理措施均采用当地常规管理方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 施用氮磷钾硼肥的增产效应

表 1 列出了 39 个试验点的不同处理油菜籽的产量范围及平均值。结果显示, OPT 处理油菜籽产量最高, 最高达到 315 公斤/亩, 39 个试验点平均产量为 176 公斤/亩, OPT-N、OPT-P、OPT-K、OPT-B 及 CK 处理分别比 OPT 减产 40.3%、25.2%、10.3%、14.1% 和 57.5%。说明长江流域油菜产区限制油菜籽产量因子的顺序为 N>P>K、B。从增产量及增产率的范围来看, 磷、钾及硼肥的施用并非在所有的试验点中均表现增产效果, 仍有一小部分试验点在施用磷、钾或硼肥后油菜籽不增产或有小幅度减产的趋势, 这与该点基础土壤养分状况有关。当土壤有效磷、钾或硼高于一定水平时, 继续施用磷、钾或硼肥油菜籽增产效果不明显<sup>[2-3]</sup>。

表 1 氮磷钾硼肥施用对油菜籽产量的影响

处理	产量 (公斤/亩)		与 OPT 比减产 (公斤/亩)		与 OPT 比减产 %	
	范围	平均	范围	平均	范围	平均
OPT	81~315	176	0	0	0.0	0.0
OPT-N	29~203	104	-187~-13	-73	-69.9~-7.5	-40.3
OPT-P	20~255	132	-158~12	-44	-75.9~5.6	-25.2
OPT-K	71~272	158	-54~12	-18	-32.2~9.0	-10.3
OPT-B	54~282	150	-46~8	-26	-34.0~5.3	-14.1
CK	53~138	73	-167~-35	-102	-72.0~-20.2	-57.5

### 2.2 施用氮磷钾硼肥的经济效益分析

长江流域油菜产区施用氮、磷、钾及硼肥的经济效益结果见表 2, 表明氮磷钾硼肥配合施用 (OPT 处理) 可有效提高油菜籽的产值, 增加农民经济收入。39 个田间试验结果显示, OPT 处理较 -N、-P、-K、-B 处理分别增收 195 元/亩、125 元/亩、32 元/亩和 83 元/亩, 而空白不施肥处理 (CK) 每亩产值仅为 248 元, 较 OPT 处理减收 239 元/亩。油菜生产中, 施用氮、磷、钾及硼肥的经济纯效益大小为: 氮肥>磷肥>硼肥>钾肥。



表 2 施用氮磷钾硼肥对油菜籽经济效益的影响

处理	产值 (元/亩)		肥料成本 元/亩	扣除肥料后收益 (元/亩) 与 OPT 比较减收 (元/亩)		与 OPT 比较减收 (元/亩)	
	范围	平均		范围	平均	范围	平均
OPT	277~1073	600	113	164~960	487	0	0
OPT-N	98~689	352	60	38~629	292	-583~7	-195
OPT-P	67~868	450	88	-21~780	362	-512~64	-125
OPT-K	242~926	539	83	159~843	455	-155~71	-32
OPT-B	183~959	511	107	76~853	404	-150~32	-83
CK	181~468	248	0	181~468	248	-455~-6	-239

注：尿素价格为 2.0 元/公斤，过磷酸钙为 0.5 元/公斤，氯化钾为 2.2 元/公斤，硼砂为 12 元/公斤，油菜籽价格为 3.4 元/公斤

### 2.3 施用氮磷钾硼肥对油菜籽品质的影响

施肥对油菜籽品质的影响与其品种有关，本试验中各试验点的研究对象均为当地主要种植的油菜品种。分别以重庆潼南（双低油菜“油研 10 号”）及江西上高（双高油菜“中油 821”）两个试验点的结果来阐述施肥对油菜籽主要品质指标的影响。结果显示，OPT-N 处理油菜籽含油量最高，而蛋白质含量最低，双低及双高油菜表现一致。施用氮肥后，双低油菜籽绝对含油量下降 2.25 个百分点，降幅为 4.57%；蛋白质绝对含量提高 2.87 个百分点，增幅为 16.10%；芥酸含量随着氮肥的施用有增加趋势，而硫甙、油酸含量明显降低，其中硫甙含量由 53.66  $\mu\text{mol}/\text{克}$  下降至 37.31  $\mu\text{mol}/\text{克}$ 。氮肥施用对双高油菜品质的影响不如双低油菜明显。

施用磷、钾及硼肥，油菜籽油分含量有增加的趋势，但其增加效应没有氮肥的降低作用显著。就不同品种而言，施磷增加双低油菜籽含油量的作用较双高油菜明显，油分含量上升 2.91 个百分点；而硼肥施用提高双高油菜籽含油量的作用更大，含油量增加了 1.69 个百分点。说明在施氮的基础上，配合施用磷、钾及硼肥，不仅可以提高油菜籽产量，也有减少因施氮肥降低油分含量的作用。油菜籽蛋白质含量随着磷、钾及硼肥的施用呈降低趋势，而蛋白质产量由于籽粒产量的大幅度提高，最终表现为增加。试验结果还显示，在施用磷、钾及硼肥后，油菜籽硫甙、芥酸含量上升，但双低品种与双高品种在品质上所存在的差异不因施肥与否而改变。

表 3 施用氮磷钾硼肥对双低油菜“油研 10 号”品质的影响

处理	含油量 %	蛋白质 %	硫甙 $\mu\text{mol}/\text{克}$	芥酸 %	油酸 %	亚油酸 %
OPT	46.96	20.69	37.31	4.00	60.61	21.44
OPT-N	49.21	17.82	53.66	1.41	66.05	21.08
OPT-P	44.05	20.82	24.16	0.00	63.76	20.83
OPT-K	46.32	19.78	22.89	0.00	63.36	20.73
OPT-B	46.57	20.03	32.13	1.28	65.01	21.83

表4 施用氮磷钾硼肥对双高油菜“中油821”品质的影响

处理	含油量 %	蛋白质 %	硫甙 $\mu\text{mol/g}$	芥酸 %	油酸 %	亚油酸 %
OPT	39.33	22.40	91.27	39.17	21.62	14.44
OPT-N	40.65	21.77	91.99	36.27	21.49	13.17
OPT-P	38.80	24.30	85.86	38.51	20.89	14.07
OPT-K	38.76	23.43	87.90	34.82	23.77	14.47
OPT-B	37.64	22.96	85.69	41.94	20.03	14.22

### 3 小结

3.1 10个油菜主产省(市)共39个田间肥效试验结果表明,施用氮、磷、钾及硼肥油菜籽增产效果明显。

3.2 OPT处理较-N、-P、-K和-B处理分别增收195元/亩、125元/亩、32元/亩和83元/亩,氮、磷、钾及硼肥的经济效益大小为:氮肥>磷肥>钾肥>硼肥。

3.3 施用氮肥提高籽粒蛋白质含量而降低油分含量,而磷、钾或硼肥有提高油菜籽含油量而降低蛋白质含量的趋势。

3.4 施肥对油菜籽硫甙和芥酸含量有一定影响,但对食用品质影响不大。

#### 参考文献:

[1] 金继运. 土壤养分系统研究法. 北京: 中国农业科技出版社, 1992, 17-41.

[2] 鲁明星, 邹娟, 鲁剑巍, 等. 湖北省油菜磷肥施用效果与土壤速效磷分析标准研究. 中国油料作物学报, 2006, 28(4): 448-452.

[3] 鲁剑巍, 陈防, 余常兵, 等. 油菜施钾效果及土壤速效钾临界值初步判断. 中国油料作物学报, 2003, 25(4): 107-112.



长江流域冬油菜区氮磷钾硼肥效果



## 长江流域氮肥施用对油菜产量及经济效益的影响

邹娟<sup>1</sup> 鲁剑巍<sup>1</sup> 陈防<sup>2,3</sup> 李银水<sup>1</sup>

1 华中农业大学资源与环境学院, 湖北 武汉 430070;  
2 国际植物营养研究所武汉办事处, 湖北 武汉 430074;  
3 中国科学院武汉植物园, 湖北 武汉 430074

**摘要:** 连续两个年度在长江流域和河南共 10 个冬油菜主产省(市)进行了 74 个氮肥肥效试验, 旨在研究氮肥施用对油菜产量及经济效益的影响。结果表明, 在磷、钾及硼肥基础上增施氮肥, 增产、增收效果明显, 74 个试验平均增产量及增产率分别为 74 公斤/亩和 72.2%, 74 个试验中有 35% 的试验增产率超过 100%; 油菜的氮肥农学效率约为 6.0 公斤/公斤 N; 油菜施氮纯利润在 -7~594 元/亩之间, 平均纯利润为 200 元/亩, 平均产投比为 4.8; 10 个主产省(市)中, 江苏省油菜施氮效果最好, 增产量达到 165 公斤/亩, 每亩净收入 510 元, 而江西、重庆两地油菜施氮的效果相对较差。

**关键词:** 油菜; 氮肥; 产量; 经济效益

油菜是需氮量较大的作物, 氮肥是影响油菜籽产量的主要因子之一。合理施用氮肥能明显改善油菜营养生长状况, 增加单株分枝数、有效角果数和每角粒数, 从而显著增加油菜籽产量。长江流域是中国冬油菜的主要产区, 常年种植面积、年产量均占全国油菜种植面积及总产的 80% 以上。氮肥的投入在这一区域油菜的生产成本中占有很大比例, 为探讨氮肥施用对冬油菜产量和经济效益的影响, 于 2005/2006、2006/2007 两个年度在长江流域 10 个油菜主产省(市)进行了共计 74 个田间肥效试验, 以期明确当前生产条件下油菜施用氮肥的增产增收效果, 为冬油菜高产高效栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

2005/2006、2006/2007 两个年度共进行了 74 个田间肥效试验, 其中 2005/2006 年 35 个田间试验, 试验点设在湖北省的 12 个油菜主产县(市); 2006/2007 年 39 个田间试验, 分布在长江流域冬油菜主产区的湖北、四川、江苏、江西、浙江、重庆、安徽、贵州及湖南 9 个省(市)以及河南省, 其中湖北省的试验共 13 个, 河南省 2 个, 其余 8 省(市)各 3 个。

试验田基础土壤养分状况见表 1, 土壤样品分析由中-加合作土壤测试实验室采用系统研究法测定<sup>[1]</sup>。

供试油菜为当地主要推广种植的品种, 如华双、华油杂、中双、中油杂及油研系列等。试验前茬作物为水稻或棉花。

### 1.2 试验设计

试验设置 PKB (-N) 和 NPKB (+N) 两个处理。-N 处理整个生育期养分施用量分别为:  $P_2O_5$  6 公斤/亩、 $K_2O$  8 公斤/亩, 硼砂 0.5 公斤/亩, +N 处理施 N 12 公斤/亩。肥料施用期和施用比例为: 磷肥和硼砂全部作基肥在油菜移栽时施用, 氮肥和钾肥分 3 次施用, 基肥占 60%, 苗肥(移栽后 50 天)

表1 长江流域油菜产区基础土壤养分状况 (n=74)

	pH	OM (%)	土壤有效养分含量 (毫克/升)										
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
最小值	3.9	0.59	1.3	1.7	31.3	401	24	6.2	9.6	1.4	1.2	0.7	0.03
下四分位数	5.0	0.80	5.4	7.3	46.9	1356	159	35.5	60.7	11.0	3.2	1.3	0.30
中位数	5.7	0.97	8.1	11.4	58.7	2024	262	59.3	115.0	20.5	4.2	1.7	0.68
上四分位数	6.9	1.20	21.3	17.0	82.0	2855	383	97.9	173.3	42.7	5.3	2.5	1.20
最大值	8.2	2.51	91.0	42.4	216.0	5388	748	427.6	336.7	81.6	9.1	12.9	2.35
平均	5.9	1.04	15.5	13.6	72.6	2196	277	74.6	128.2	28.0	4.4	2.2	0.78
标准差	1.2	0.34	16.4	9.4	38.2	1074	156	66.3	82.5	22.3	1.7	1.7	0.57

和藁肥(移栽后90天)各占20%。供试肥料品种分别为尿素(含N 46%)、过磷酸钙(含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%)、氯化钾(含K<sub>2</sub>O 60%)、硼砂(含B 11%)。各处理重复3次,小区面积20 m<sup>2</sup>。其它生产管理措施均采用当地常规管理方法。

$$\text{氮肥农学利用率} = (\text{施N处理产量} - \text{不施N处理产量}) / \text{施氮量}^{[2]}$$

## 2 结果与分析

### 2.1 油菜施用氮肥的增产效应

田间试验油菜籽实产结果显示,74个试验点施氮均表现出增产效应,施氮增产油菜籽13~190公斤/亩,平均增产74公斤/亩,增产幅度为8.1%~316.6%,平均增产率达到72.2%。图1为74个试验点施用氮肥后油菜籽增产量及增产率的分布频率,可以看出,61%的试验点油菜籽增产量集中在30~90公斤/亩,另外,有20%的试验点增产量超过120公斤/亩;增产率不足10%的试验点仅占3%,近1/3的试验点施氮后籽粒增产率大于100%。结果说明,在磷、钾及硼肥基础上配合施用氮肥,油菜籽增产效果显著。

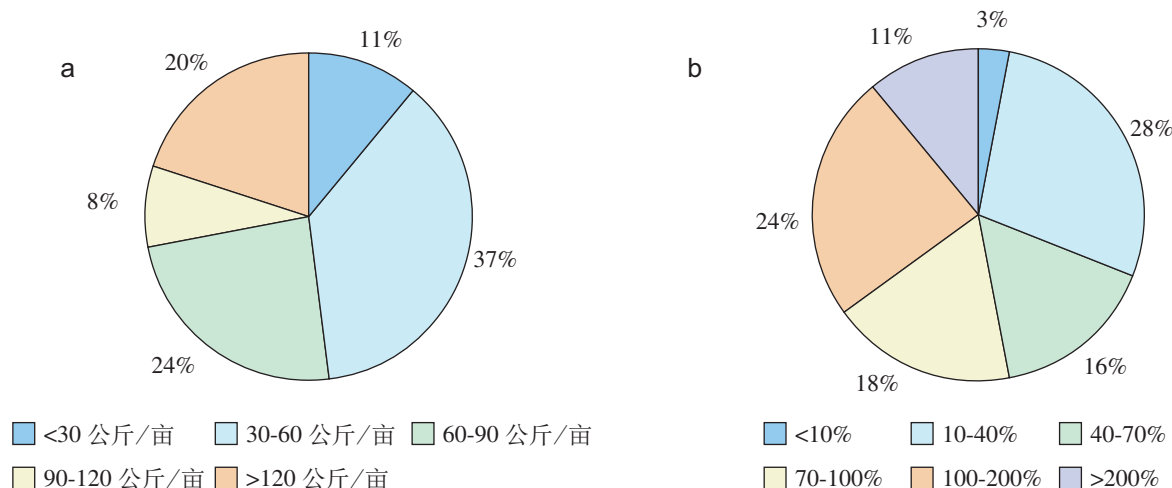


图1 油菜施氮籽粒增产量及增产率分布频率图 (n=74)



将2006/2007年度的39田间肥效试验按省份分成10个不同生产区域,统计不同生产区域油菜施用氮肥的产量效应,结果表明(表2),各生产区域油菜施氮增产效果明显,不施氮处理的平均产量为104公斤/亩,施氮处理为176公斤/亩,平均增产量和增产率分别是72公斤/亩和69.2%。油菜生产中,每施用1公斤纯N,平均增产油菜籽6.06公斤。

因基础土壤养分状况、气候条件等不一,不同生产区域油菜籽的产量水平及氮肥效果存在一定差异,-N、+N处理油菜籽产量均以河南省最低,仅为56公斤/亩及112公斤/亩,而江苏省油菜单产水平较高,施氮处理产量高达279公斤/亩;施氮油菜籽增产率>100%的省份有江苏和贵州,其中布置在江苏省的3个试验点施氮平均增产率最高,达到145.4%,平均每亩增产165公斤,氮素农学效率远高于其他省份,为13.77公斤/公斤N。

表2 氮肥施用对不同区域油菜籽产量的影响

省份	产量(公斤/亩)		增产量 (公斤/亩)	增产率 %	农学利用率 (公斤/公斤)
	CK	+N			
湖北	111	198	87	78.8	7.26
四川	108	176	68	63.1	5.69
江苏	114	279	165	145.4	13.77
江西	148	176	28	18.9	2.33
浙江	72	121	49	68.5	4.10
重庆	106	139	33	31.7	2.79
安徽	88	133	45	51.0	3.74
贵州	71	144	73	102.2	6.06
河南	56	112	56	98.4	4.63
湖南	125	194	69	55.3	5.75
平均	104	176	72	69.2	6.06

## 2.2 油菜施用氮肥的经济效应

两个年度共74个田间肥效试验的结果表明,油菜施用氮肥具有显著的增产增收效果。每亩施氮纯利润-7~594元,平均纯利润为200元/亩,只有两个试验点利润为负值。11%的试验点施氮纯利润<50元/亩,而有42%的试验纯利润高于200元/亩(图2-a)。油菜施用氮肥产投比在0.9~12.4之间,平均4.8。产投比的分布频率如图2-b,产投比<1.5的试验仅占7%,产投比在1.5~3.0、3.0~5.0和5.0~8.0之间的比例分别为23%、30%和20%,另外,有20%的试验施氮产投比>8.0。可见,长江流域冬油菜施用氮肥经济收益明显。

氮肥施用的经济效益也以江苏省最高(表3),平均纯利润达到510元/亩,产投比为10.8,此外,湖北省油菜施氮增收效果也较可观,每亩纯利润为244元,而江西及重庆两地油菜施氮增收效果相对较差,纯利润均不足100元/亩。

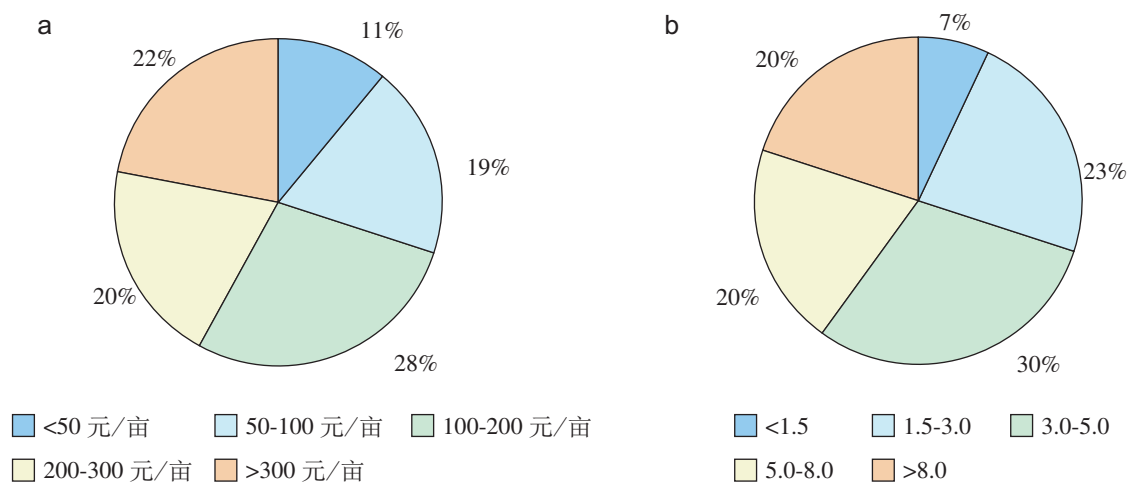


图 2 油菜施氮纯利润及产投比分布频率图 (n=74)

表 3 不同生产区域油菜施用氮肥的经济效益分析

省份	产值 元/亩		增加收入 (元/亩)	增加氮肥投入 (元/亩)	纯利润 (元/亩)	产投比
	CK	+N				
湖北	376	672	296	52	244	5.7
四川	368	600	232	52	180	4.4
江苏	386	948	562	52	510	10.8
江西	504	599	95	52	43	1.8
浙江	244	411	167	52	115	3.2
重庆	359	473	114	52	62	2.2
安徽	300	452	153	52	101	2.9
贵州	242	489	247	52	195	4.7
河南	192	380	189	52	137	3.6
湖南	424	658	234	52	182	4.5
平均	352	600	247	52	195	4.7

注：按 2007 年尿素价格 2.0 元/公斤（合 N 4.35 元/公斤），油菜籽价格 3.4 元/公斤计算

下接第 45 页

# 钾肥和有机肥对小麦玉米轮作产量和土壤肥力的影响

高云晖

(陕西宝鸡市土壤肥料工作站, 宝鸡 721001)

**摘要:** 为提高钾肥和有机肥资源利用效率, 采用田间定位试验方法连续3年在潮土、塿土区研究钾肥、有机肥对产量和土壤耕层化学性质的影响, 结果表明: 冬小麦—夏玉米轮作连续3年施钾, 小麦仍有显著增产作用, 平均增产335.8kg/公顷, 增产7.2%, 施常量有机肥对二种作物有显著增产作用, 小麦、玉米分别平均增产813kg/公顷、628kg/公顷, 增产率分别为17.5%、11.4%。夏玉米施有机肥土壤有机质收支基本平衡, 并有利于提高土壤氮素营养水平; 冬小麦施有机肥土壤速效磷含量提高; 塿土年一季施有机肥土壤钾素水平提高, 且Fe、Mn、Cu收支基本平衡。

**关键词:** 钾肥; 有机肥; 小麦; 玉米; 产量; 土壤肥力

冬小麦—夏玉米轮作是陕西关中平原粮食产区主要种植方式。关于小麦、玉米单季施肥效应研究以前已有部分报导<sup>[1-3]</sup>。但对小麦—玉米轮作连续施肥效应缺乏研究, 在已往大田习惯施肥基础上, 在关中西部渭河川道、渭北平原的潮土、塿土区设置连续施肥试验, 以探索冬小麦—夏玉米轮作中施用钾肥、有机肥的效应, 为合理利用钾肥、有机肥资源, 促进粮食持续稳定高产、确保增产增收并指导大面积土壤培肥、持续稳定发展高效农业提供科学依据。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 供试材料及土壤条件

田间试验2003—2006年在陕西关中西部的扶风、凤翔、陈仓区的渭河川道及渭北台塬区连续实施3年, 土壤为潮土、塿土。土壤基本性质见表1。供试肥料品种用尿素、普通过磷酸钙、硫酸钾及农家有机肥, 农家肥养分含量历年平均为: 有机质2.43%, 全氮2.16克/公斤、全P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>2.22克/公斤、全K<sub>2</sub>O24.42克/公斤。

表1 供试土壤基本性质

土壤类型	质地	pH	有机质 (%)	全氮 (克/公斤)	全P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (克/公斤)	全K <sub>2</sub> O (克/公斤)	碱解氮 (毫克/公斤)	速效P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (毫克/公斤)	速效K <sub>2</sub> O (毫克/公斤)	阳离子交换量 (cmol/kg)
潮土	中壤	8.2	1.20	1.18	2.08	23.8	79.2	17.3	190	8.2
塿土	重壤	8.3	1.40	1.17	1.45	21.9	105	11.0	152	11.8

### 1.2 试验设计

试验设计: (1) 每季作物施N、P肥, 在冬小麦上施有机肥; (2) 每季作物施N、P肥, 在夏玉米上施有机肥; (3) 每季作物施N、P、K肥, 不施有机肥。小区面积67平方米, 多点无重复设置, 顺序排列。试验采用冬小麦—夏玉米轮作方式。除玉米N肥50%作底肥、50%作追肥外, 其余均分别在小麦、玉米播种前作底肥一次施入。试验定位连续实施3年, 每季作物肥料施用量见表2, 田间管理同

一般大田生产，作物收获后取耕作层（0~20 厘米）土样，分析土壤有关化学性质。

表 2 各处理施肥量

土壤名称	作物	处理	施肥量 (公斤/公顷)			
			有机肥	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
潮土	冬小麦	(1)	75000	133.5	90.0	
		(2)	0	133.5	90.0	
		(3)	0	133.5	90.0	32.5
	夏玉米	(1)	0	150.0	96.2	
		(2)	75000	150.0	96.2	
		(3)	0	150.0	96.2	16.3
瘠土	冬小麦	(1)	75000	123.0	86.9	
		(2)	0	123.0	86.9	
		(3)	0	123.0	86.9	32.5
	夏玉米	(1)	0	142.5	91.0	
		(2)	75000	142.5	91.0	
		(3)	0	142.5	91.0	16.3

### 1.3 测试方法

采用常规方法分析测试土壤、有机肥样品，有机质用 K<sub>2</sub>CrO<sub>7</sub> 容量法，全氮用半微量开氏法，水解氮用碱解扩散法，全磷用 HClO<sub>4</sub>—H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 消煮钼锑抗比色法，速效磷用 NaHCO<sub>3</sub> 浸提钼锑抗比色法，全钾用氢氧化钠熔融火焰光度法，速效钾用 NH<sub>4</sub>OAc 浸提火焰光度法，有效铁、锰、铜、锌用 DTPA 提取原子吸收光谱法<sup>[4]</sup>。

## 2 结果与分析

3 年共获有效田间定位试验 3 个，连续完成 3 个轮作周期。

### 2.1 施肥对作物产量的影响

**2.1.1 钾肥的增产效应** 对连续 3 年小麦、玉米施钾与不施钾处理产量结果进行配对 t 检验表明，连续少量施用钾肥小麦增产显著 ( $t=3.18^* n=8$ )，玉米未达到显著水平。不同土壤类区的增产效应各异，潮土区小麦、玉米平均增产分别为 319 公斤/公顷、392 公斤/公顷，增产率分别为 6.0%、6.9%，每公斤 K<sub>2</sub>O 分别增产粮食 9.8 公斤、24.0 公斤；瘠土区分别增产 352.5 公斤/公顷、237.5 公斤/公顷，分别增产 9.0%、4.5%，每公斤 K<sub>2</sub>O 分别增产粮食 10.8 公斤、14.6 公斤。

**2.1.2 有机肥增产效应** 对连续 3 年试验产量结果 t 检验表明，每年一季施有机肥，小麦、玉米增产均达显著水平（小麦  $t=2.77^*$ ，玉米  $t=2.38^* n=8$ ）。每年一季施常量有机肥均保持显著的增产作用。其中潮土区小麦、玉米增产分别为 1239 公斤/公顷、972.5 公斤/公顷，分别增产 23.1%、17.1%，1000 公



表3 试验各处理产量结果 (公斤/公顷)

土壤名称	处理	第一年		第二年		第三年		三年平均	
		小麦	玉米	小麦	玉米	小麦	玉米	小麦	玉米
潮土	(1)	7500	6789	7881	5812	4401	4440	6594	5680
	(2)	6100	7711	6055	5812	3909	6435	5355	6653
	(3)	6166	6270	6582	6262	4273	5685	5674	6072
瘠土	(1)	4675	4860	3610.5	5398	4609	5722	4298	5327
	(2)	3825	5190	3537	5748	4372	5895	3911	5611
	(3)	4515	4995	3610	5893	4666	5805	4264	5564

斤有机肥增产粮食分别为 16.5 公斤、13.0 公斤。瘠土区小麦、玉米施有机肥分别增产 387 公斤/公顷、284 公斤/公顷，分别增产 9.9%、5.3%，1000 公斤有机肥增产粮食分别为 5.2 公斤、3.8 公斤。有机肥在成土时间短的潮土的增产效应优于成土时间长的瘠土，在小麦上的增产效应优于玉米。

## 2.2 对土壤肥力的影响

2.2.1 土壤有机质及氮素 由表 4 可知，瘠土区试验二年后，玉米施有机肥的处理 2 土壤有机质含量比处理 3、处理 1 和试前均有不同程度增加。潮土区也表现出类似趋势。表明夏玉米施常量有机肥土壤有机质消长收支基本平衡。土壤全氮含量瘠土区试验二年后处理 2 比处理 1、3 均提高 17% 以上，比试前提高 20% 以上（表 4），潮土区也呈类似趋势。土壤碱解氮瘠土试验二年后处理 2 比处理 1、3 均提高 10% 以上，比试前提高 8% 以上（表 4）。说明夏玉米施有机肥有利于维持土壤氮素营养平衡、提高土壤氮素营养水平。

表4 土区不同处理对土壤化学性质的影响

时间	处理	pH	有机质	全氮	全 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	全 K <sub>2</sub> O	碱解氮	速效 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	速效 K <sub>2</sub> O	阳离子 交换量	Fe	Mn	Cu	Zn
			(%)	(克/公斤)	(克/公斤)	(克/公斤)	(毫克/公斤)	(毫克/公斤)	(毫克/公斤)	(cmol/kg)				
试前		8.3	1.40	1.17	1.45	21.9	105	11.0	152	11.8	5.60	8.43	0.72	3.90
一年后	(1)	8.2	1.40	1.15	1.49	23.8	97	11.2	168	10.5	6.88	8.41	0.49	1.11
	(2)	8.3	1.41	1.20	1.48	23.2	98	8.2	156	11.3	6.76	6.78	0.44	0.86
	(3)	8.3	1.39	1.13	1.43	22.0	96	10.8	158	10.2	5.24	6.24	0.42	2.70
二年后	(1)	8.0	1.38	1.20	1.43	24.7	103	27.0	174	8.7	5.66	8.12	0.83	1.69
	(2)	8.2	1.44	1.41	1.42	24.4	114	8.7	172	8.7	3.94	4.10	0.48	0.64
	(3)	8.3	1.33	1.10	1.38	21.9	98	10.7	148	6.0	2.64	4.05	0.36	2.38

2.2.2 土壤钾、磷素 从表 4 可知，瘠土区二年后不同季节施有机肥的处理 1、2 的土壤全钾含量均比处理 3 和试前提高 11% 以上。土壤速效钾含量处理 1、2 均比处理 3 提高 16% 以上，均比试前提高 13% 以上。表明瘠土区小麦、玉米一年一季施常量有机肥可提高土壤钾素营养水平。连施少量化学钾肥的

处理3两年后全钾含量瘠土区与试前持平,速效钾则略低于试前水平(表4),从平衡土壤钾素营养看,连施少量化学钾肥效果不如一年一季施有机肥,钾肥施用量应适当增加,与小麦玉米在粮油轮作中情况一致<sup>[6]</sup>。同期瘠土土壤全磷含量处理1、2均比处理3略有增加,比试前均略有下降;特别是速效磷含量处理1比处理2、3分别提高2.1倍、1.5倍,比试前提高1.5倍(表4),潮土区也呈类似趋势,表明冬小麦施有机肥土壤速效磷含量增加。一方面施入有机肥,土壤磷的吸附和保持量都较高,而解吸量低于化肥<sup>[6]</sup>,形成瘠土区处理3比处理2速效磷高。另一方面处理1在10月施入有机肥,月平均气温10℃左右,处理2在6月施入有机肥,月平均气温25℃左右,不仅影响有机肥腐解,且影响磷在土壤中转化及有效性,不溶于水的Ca<sub>3</sub>-P在高温下形成,磷酸与阳离子交换吸附服从Freundlich吸附等温线,即随温度增加而增加,因此,高温会降低磷的有效性<sup>[7]</sup>,在25℃时,瘠土施入有机肥150天,土壤中Ca<sub>2</sub>-P、Ca<sub>8</sub>-P、Al-P、Fe-P及Ca<sub>10</sub>-P增加,总量是速效磷的2.9倍<sup>[8]</sup>,导致处理2比1速效磷含量低的多。

2.2.3 土壤微量元素 试验实施二年后测定的瘠土区土壤有效Fe、Mn、Cu、Zn含量(表4),处理1比2均有不同程度增加,有效Fe、Mn、Cu含量与试前基本持平。说明小麦施有机肥有利于土壤有效Fe、Mn、Cu、Zn等微量元素营养的收支平衡。瘠土不同时期处理3土壤有效Zn含量比施有机肥的处理1、2明显增加,说明施有机肥提高了作物对土壤有效Zn的吸收利用<sup>[9]</sup>。在施有机肥时应注意补充施Zn,保证作物对锌吸收的需要。

### 3 结论

3.1 通过连续3年在陕西关中西部瘠土、潮土区田间定位施肥试验研究表明:小麦—玉米轮作一年一次施常量农家有机肥有显著的增产作用,小麦、玉米分别增产813公斤/公顷、628公斤/公顷,增产率分别为17.5%、11.4%,1000公斤有机肥分别增产粮食10.8公斤、8.4公斤。每季连续施用少量化学钾肥小麦平均增产335.8公斤/公顷,增产7.2%,每公斤K<sub>2</sub>O平均增产小麦10.3公斤。

3.2 不同季节施常量有机肥可不同程度改善土壤肥力状况。夏玉米施有机肥土壤有机质消长收支基本平衡,并有利于提高土壤氮素营养水平;小麦则需要同时配合施用有机物料以维持土壤有机质消长稳定、平衡和地力不衰,但可提高土壤速效磷含量和有利于保持瘠土有效Fe、Mn、Cu收支平衡。瘠土施有机肥可提高土壤钾素营养水平。

3.3 从土壤钾素收支平衡考虑,瘠土区小麦、玉米一年一季施常量有机肥的效果大于连续施用少量化学钾肥,可适当增加钾肥用量,以维持土壤钾素营养消长的稳定、平衡。

下接 21 页



## 安徽省生姜平衡施肥技术示范

李录久<sup>1</sup> 姚殿立<sup>2</sup> 丁楠<sup>2</sup> 柳希玉<sup>2</sup> 郭熙盛<sup>1</sup> 高杰军<sup>2</sup>

(1 安徽省农科院土肥所 合肥 230031, 2 临泉县农业技术推广中心 236400)

**摘要:** 在调查农民习惯施肥的基础上, 根据生姜多年田间试验结果, 在安徽省淮北平原开展了生姜平衡施肥技术大田对比试验和大面积示范。结果表明: 推荐施肥较农民习惯施肥法具有显著的增产效果, 并能节省化肥投入, 增加农民经济收入。3年对比试验, 推荐施肥生姜亩产量为3502~4020公斤, 较农民习惯施肥增产23.7~30.2%, 平均增产26.3%。每亩节省化肥投入21~62元, 增收899~1602元/亩。

生姜为囊荷科多年生草本植物, 地下根茎肥厚, 含有辛香浓郁的挥发油和姜辣素等独特成分, 具有特殊的芳香和辣味, 是人们日常生活中常用的重要调味品之一, 广泛用于烹调和食品的加香, 为我国重要的特产创汇蔬菜品种。此外, 鲜姜可加工成糖姜片等保健功能食品, 是重要的工业原料。生姜还有祛寒、发汗和解毒等功能, 是一种传统中药材, 在医药卫生领域有广泛用途。

中国是生姜发源地之一, 是世界上最早栽培生姜的国家, 距今已有2000多年的栽培历史。目前除东北和西北高寒地区外, 全国各地都有种植。安徽是全国生姜重要产区, 全省常年种植面积20多万亩, 江南、淮北和江淮丘陵地区都有栽培。安徽临泉是全国著名的生姜产地, 产品销往武汉、西安、上海等大中城市, 并有多家生姜加工出口企业, 是当地重要的出口创汇产品, 对地方经济的发展起到了重要的推动作用, 是当地农民增收的重要来源。

生姜产量高, 吸收的养分多, 对氮钾需求量大, 对钾素营养极为敏感。但是, 近年来, 生姜产区土壤速效钾含量大幅度下降, 生姜种植户偏施氮肥或氮磷肥, 不施或少施钾肥的现象较为突出, 氮磷钾比例严重失调, 中微量元素缺乏, 导致生姜病虫害加剧, 产量剧减, 品质变差, 种姜的经济效益低下, 严重挫伤了姜农生产的积极性。因此, 开展生姜高产高效平衡施肥技术研究, 对指导农民合理施肥, 促进生姜生产有积极作用。1999~2002年, 在加拿大钾磷研究所(现国际植物营养研究所IPNI)的资助下, 在安徽省生姜主产区临泉等地, 连续多年开展了生姜氮磷钾配施增产效应研究, 取得了显著的增产增收和改善品质效果, 深受当地政府和广大群众的欢迎。2003~2006年, 在对农民施肥习惯进行调查的基础上, 开展大田对比试验, 同时制定生姜优质高产平衡施肥技术方案, 实施大面积示范和推广应用。现将结果整理如下。

## 1 材料与方法.

### 1.1 农民习惯施肥调查

在安徽省临泉县杨集、谭棚和高塘等生姜主产乡镇, 选择有代表性的地块, 2003年调查姜田农民习惯施肥种类、数量和比例以及生姜根茎产量。共选择10户农民10块地作为调查对象, 研究姜田肥料投入和产出情况。

## 1.2 生姜大田对比试验

在2003年施肥调查基础上,2004~2006年在高塘、杨集和单桥等3个乡镇,选择有代表性的3块地,开展生姜高产施肥大田对比试验。供试土壤为普通砂姜黑土,肥力中等,排灌条件良好。试验前0~20厘米耕层土壤样品经中一加合作土壤植株测试实验室采用ASI方法分析,养分状况见表1。

表1 供试土壤的养分状况

年份地点	pH	有机质 (%)	土壤有效养分含量(毫克/公斤)								
			氮 N	磷 P	钾 K	硫 S	硼 B	铁 Fe	锰 Mn	铜 Cu	锌 Zn
2004 杨集	6.8	0.98	19.1	5.8	62.6	28.5	0.16	12.5	19.7	1.6	1.6
2005 高塘	6.2	0.78	12.9	15.3	82.1	7.6	0.00	41.6	84.3	5.2	1.5
2006 单桥	6.9	0.51	15.0	40.1	77.2	3.6	0.48	84.3	83.3	2.9	1.5

对比试验设2个处理:①推荐施肥 OPT (NPKZn) ②农民习惯施肥 FP (按当地农民施肥习惯进行),施肥量见表2。OPT处理供试肥料:N-尿素(含N 46%),P-磷酸二铵(N 18%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%),K-氯化钾(K<sub>2</sub>O 60%),Zn-硫酸锌(Zn 20%)。60%氮肥和全部磷钾锌肥作基肥,剩下的40%氮肥于8月初和9月上旬追施。小区面积分别为400、350和600 m<sup>2</sup>,不设重复。供试生姜品种为当地主栽的狮头姜,种植密度8000株/亩。其它栽培管理措施同当地一般生姜田。

表2 生姜平衡施肥对比试验施肥量

年份地点	推荐施肥 OPT (公斤/亩) (N—P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —K <sub>2</sub> O—Zn)	农民习惯施肥 FP (公斤/亩) (N—P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —K <sub>2</sub> O—Zn)
2004 杨集	25.0—6.0—20.0—0.2	30.0—15.0—10.0—0
2005 高塘	27.5—6.0—22.5—0.2	35.0—20.0—12.5—0
2006 单桥	30.0—6.0—25.0—0.2	40.0—20.0—15.0—0

## 1.3 平衡施肥大面积示范和推广应用

在试验研究的基础上,2005~2006年,安徽省农科院土壤肥料研究所与临泉县农业技术推广中心等单位合作,根据当地土壤养分供应状况和生姜平衡施肥试验结果,研制了适合当地生产特点的生姜专用BB肥,在临泉、阜南及阜阳等县市生姜产区,进行生姜平衡施肥技术大面积示范和推广应用。连片示范面积为20~100亩不等,示范地生姜亩施总养分42%的生姜专用BB肥50公斤作基肥,每亩追施生姜专用BB肥25公斤和尿素25公斤/亩。每年于生姜收获期选择5块地进行测产,同时测定相邻地块农民习惯施肥法生姜产量。

## 2 结果与分析

### 2.1 农民习惯施肥现状

表3的施肥调查结果表明,安徽省淮北平原生姜产区,农民习惯施肥仍以氮肥为主,偏施氮磷肥,不施钾肥现象仍然存在,钾肥施用量普遍不足,氮磷钾比例严重失调。其中最高施N量和P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>量分别高达56公斤/亩和46公斤/亩,平均为35.9公斤/亩和25.0公斤/亩,远远超过生姜需要量,特别是磷,N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>最高达1:1.02。而钾肥的施用量却较少,部分农民甚至不施钾肥,K<sub>2</sub>O平均施用量仅16.0



公斤/亩, N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 平均为 1:0.68:0.49。有关的研究表明, 生姜对氮钾需求量大, 对钾素营养较为敏感。生姜对氮磷钾的吸收量之比为 1:0.12:1.29, 适宜的氮磷钾施用量为 1:0.12~0.20:0.80~1.20。因此, 应根据土壤养分状况稳定氮肥用量, 降低磷肥施用量, 增施钾肥, 适当补充微量元素。调查同时显示, 氮磷钾施用比例较适宜的农户, 生姜根茎产量相应也较高。

表3 生姜田农民习惯施肥用量调查

项目	最低 (kg/亩)	最高 (kg/亩)	平均值 (kg/亩)	极差 (kg/亩)	标准差 (kg/亩)	变异系数 (%)
施 N 量	22.0	56.0	35.9	34.0	14.1	41.2
施 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 量	9.0	46.0	25.0	37.0	13.7	54.9
施 K <sub>2</sub> O 量	0.0	26.0	16.0	26.0	7.0	44.2
生姜根茎产量	2100	3800	3155	1700	460.9	14.6

## 2.2 生姜高产施肥大田对比试验结果

从表 4 可以看出, 氮磷钾锌肥配施的推荐平衡施肥技术较农民习惯施肥具有显著的增产效果, 并能节省化肥投入, 增加农民经济收入, 提高施肥的经济效益。3 年对比试验, 推荐施肥处理生姜根茎产量达 3502~4020 公斤/亩, 农民习惯施肥亩产生姜 2690~3250 公斤, 平均产量分别为 3703 公斤/亩和 2932 公斤/亩, 增产 732~812 公斤/亩, 增产率为 23.7~30.2%, 平均增产 26.3%。与农民习惯施肥相比, OPT 施肥每亩节省化肥投入成本 21~62 元, 增收 878~1540 元/亩, 增收节本创直接经济效益 899~1602 元/亩。

表4 平衡施肥对生姜产量和经济效益的影响

年份地点	处理	亩产 (公斤)	增产 (公斤)	增产率 (%)	增收 (元/亩)	肥料投入 (元/亩)	净增收 (元/亩)
2004 年杨集	习惯 FP	2855	--	--	--	162	--
	推荐 OPT	3587	732	25.6	878	141	899
2005 年高塘	习惯 FP	2690	--	--	--	250	--
	推荐 OPT	3502	812	30.2	1299	193	1356
2006 年单桥	习惯 FP	3250	--	--	--	289	--
	推荐 OPT	4020	770	23.7	1540	227	1602

注: 生姜、N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 价格, 2004 年按 1.20、3.00、3.33、2.22 元/公斤, 2005 年按 1.60、3.91、4.00、2.66 元/公斤, 2006 年按 2.00、3.91、4.12、3.33 元/公斤, Zn 均按 10.00 元/公斤计算。

## 2.3 生姜平衡施肥大面积示范结果

2005~2006 年度生姜平衡施肥大面积示范测产结果, 平衡施肥生姜根茎产量为 3305~3870 公斤/亩, 农民习惯施肥产量为 2810~3275 公斤/亩, 平均亩产分别为 3510 公斤和 2935 公斤, 平衡施肥较农民习惯施肥增产 310~825 公斤/亩, 增产率为 15.2~23.8%, 平均增产 575 公斤/亩, 平均增产率为 19.6%。每亩平均节省肥料投入 56 元, 增收 1091 元 (生姜分别按 1.60 和 1.80 元/公斤计算), 增

收效果非常显著,深受当地政府和广大群众的欢迎。目前,生姜平衡施肥技术在当地已得到大面积推广应用。

### 3 小结

3.1 安徽省淮北平原生姜产区,农民习惯施肥仍以氮肥为主,偏施氮磷肥、不施钾肥现象仍然存在,钾肥施用量普遍不足,氮磷钾比例失调。

3.2 平衡施肥较农民习惯施肥具有显著的增产效果,并能节省化肥投入,增加农民经济收入。3年对比试验,推荐施肥生姜亩产量为3502~4020公斤,较农民习惯施肥产量2690~3250公斤增产23.7~30.2%,平均增产26.3%。每亩节省化肥投入21~62元,增产节本增收899~1602元/亩。

3.3 生姜BB肥增产节本增收效果显著。目前,生姜平衡施肥技术在当地已得到大面积推广应用。

上接第37页

### 3 小结

3.1 长江流域10个油菜主产省(市)共74个田间肥效试验结果表明,油菜施氮增产效果明显,平均增产量和增产率分别为74公斤/亩和72.2%,其中增产率>100%的试验占35%。

3.2 油菜施用氮肥每亩纯利润达到200元,产投比为4.8,74个试验中有20%的产投比>8.0。

3.3 油菜生产中,氮肥的农学效率为6.06公斤/公斤N。

3.4 10个油菜主产省(市)中,江苏油菜施氮增产增收效果最明显,其次是贵州和湖北,而江西及重庆油菜施氮效果相对较差。

#### 参考文献:

[1] 金继运. 土壤养分系统研究法. 北京: 中国农业科技出版社, 1992, 17-41.

[2] 彭少兵, 黄见良, 钟旭华, 等. 提高中国稻田氮肥利用率的研究策略[J]. 中国农业科学, 2002, 35(9): 1095 - 1103.



## 珠江三角洲巴西蕉的适宜种植密度

李国良 姚丽贤 周修冲 陈婉珍

(广东省农科院土壤肥料研究所, 广东 广州 510640)

**摘要:** 从植株长势、叶片光合特性和养分状况、果实品质、产量及种植效益等方面探讨了珠江三角洲主栽品种巴西蕉的适宜种植密度。结果表明, 在种植密度 112~144 株/亩范围内, 提高第一造蕉种植密度可明显增加单位面积产量和提高种植利润, 但植株生长延迟, 叶片(尤其是下位叶)光合作用下降, 叶片 N、K、Mg 养分含量受到影响, 单株产量下降, 收获推迟。第二造蕉调整至相同密度时, 第一造蕉密度较大的处理使其第二造蕉植株长势受到较大影响, 但叶片 N、K 养分含量却显著提高, 最终使第二造蕉产量接近, 收获时间也基本一致。结合香蕉收获时间及种植效益, 提出在不降低株产及果实品质的前提下, 春种第一造蕉的适宜种植密度约为 128 株/亩。

**关键词:** 香蕉; 种植密度; 光合特性; 叶片营养

世界上不同香蕉主产区由于栽培品种、气候、土壤、栽培管理习惯和水平不同, 香蕉种植密度有较大差别。如威廉斯每公顷适宜种植密度为 127-147 株/亩<sup>[1]</sup>, 广西北海地区为 180 株/亩<sup>[2]</sup>, 福建丘陵坡地蕉园每亩种植台蕉 150 株和 130 株的平均株产差别不大, 前者比后者增产果实 300 公斤/亩<sup>[3]</sup>。珠江三角洲是我国香蕉的重要产区, 巴西蕉 (Musa 适 AAA Giant Cavendish cv. Baxi) 是近年来该地区及华南地区最主要的栽培品种。珠江三角洲地区香蕉种植密度通常为 100~120 株/亩。而姚丽贤等<sup>[4]</sup>研究认为该种植密度可能偏低。本试验旨在不降低香蕉株产及果实品质的前提下, 探讨巴西蕉的适宜种植密度, 为该地区高产高效的香蕉生产提供有效可行的栽培措施。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

供试香蕉品种为巴西蕉。供试土壤为粘壤土, 其主要农化性状为: pH 6.35、有机质 17 克/公斤、有效 N 17.2 (单位毫克/公斤, 下同)、P 8.9、K 74.3、Ca 2469、Mg 357.2、S 58.8、Fe 70.1、Mn 53.5、B 1.35、Zn 2.15。除土壤 Ca、Mg、S、Fe、Mn 含量较高外, 其它养分均为缺乏。试验使用的肥料为尿素、磷酸二铵、氯化钾及香蕉专用肥 (18-7-25)。

### 1.2 试验方法

试验于 2004 年 2 月至 2005 年 10 月在中山市黄圃镇团范村农户香蕉园进行。2004 年 2 月种植巴西蕉试管苗。第一造蕉试验设 3 个密度处理: 每亩植 112 株, 每个小区植 14 株 ( $D_{112}$ ); 每亩植 128 株, 在行间间种 2 株, 每个小区植 16 株 ( $D_{128}$ ); 每亩植 144 株, 在行间间种 4 株, 每个小区植 18 株 ( $D_{144}$ )。每个处理 3 次重复, 小区面积 83.3 平方米。种植规格均为单畦双行种植, 行株距 2.22 米 × 2.67 米。不同密度处理的香蕉排列见图 1。每个密度处理的单株施肥量为 N 0.5 公斤、 $P_2O_5$  0.15 公斤、 $K_2O$  0.65 公斤, 于 2005 年 1 月 7 日至 3 月 7 日采收。

2004 年 8 月中旬，留第一造蕉吸芽作为第二造蕉， $D_{128}$  和  $D_{144}$  处理间种的香蕉不留吸芽，在收获后将残株砍去。第二造蕉 3 个处理密度均为 112 株 / 亩。每个密度处理的单株施肥量为 N 0.40 公斤、 $P_2O_5$  0.1 公斤、 $K_2O$  0.72 公斤，于 2005 年 8 月 26 日至 10 月 1 日收获。

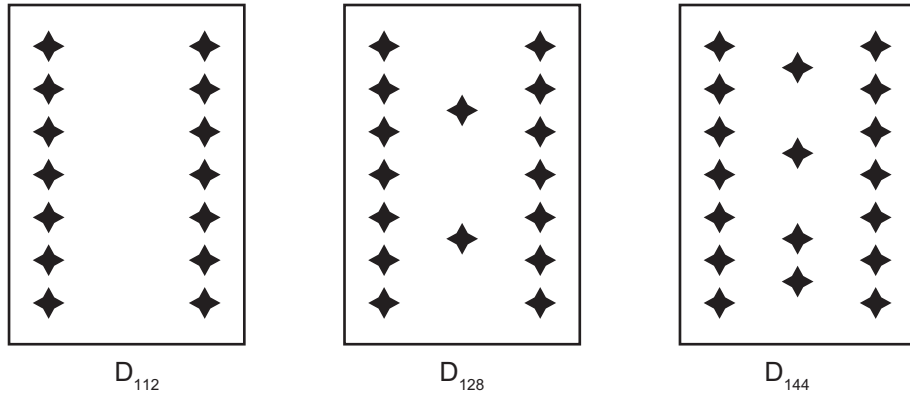


图 1 第一造蕉不同密度处理区的蕉株分布

### 1.3 调查项目

在第一造蕉主要生育期调查植株株高和茎围，采集叶片样本用常规方法测定 N、K、Ca 和 Mg 等养分含量，并在抽蕾期调查抽蕾率。在晴天 11:00~13:00 期间每个处理选取 8 株香蕉，选择上部及下部生长正常的完整叶片作为上、下位叶，用 LD-6400 型光合作用测定仪（美国 LD-COR 公司产）分别测定其净光合速率（Pn），气孔导度（Gs）及胞间二氧化碳浓度（Ci）。在果实采收期采集不同密度处理的香蕉果穗样本进行果实品质分析，并统计产量和种植效益。

在第二造蕉孕蕾期调查植株株高、茎围和单株青叶片数，采集叶片样本测定 N、K、Ca、Mg 等养分含量，在抽蕾期调查抽蕾率，并在果实采收期统计产量和种植效益。

## 2 结果与分析

### 2.1 第一造蕉植株长势

香蕉主要生育期长势调查结果（表 1）显示，香蕉植株在营养生长期、花芽分化期、孕蕾期和抽蕾期的株高和茎围呈现出随着种植密度增加而下降的趋势。而且，提高密度使香蕉抽蕾率下降。 $D_{144}$  处理的抽蕾率分别比  $D_{112}$  和  $D_{128}$  处理降低 10.6 个百分点和 4.7 个百分点。可见，增加香蕉种植密度，香蕉生长变慢，抽蕾延迟。

表 1 第一造蕉各生育期长势变化

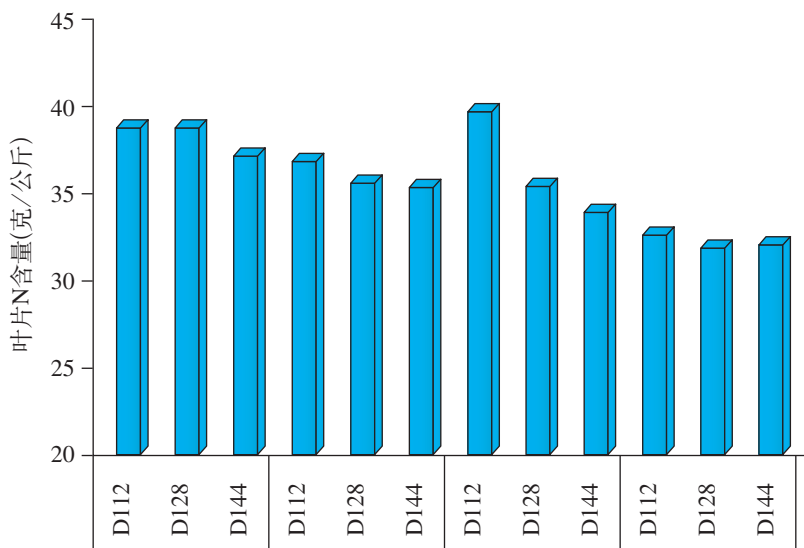
密度	营养生长期		花芽分化期		孕蕾期		抽蕾期		抽蕾率 (%)
	株高 (厘米)	茎围 (厘米)	株高 (厘米)	茎围 (厘米)	株高 (厘米)	茎围 (厘米)	株高 (厘米)	茎围 (厘米)	
$D_{112}$	114.5a	27.9	160.7a	38.2	193.3	45.3	238.3	57.0	97.6
$D_{128}$	110.0ab	26.9	160.3a	38.4	191.8	44.1	239.4	54.7	91.7
$D_{144}$	107.9b	26.4	155.6b	37.0	187.3	43.3	238.3	54.7	87.0

注：表中同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著，表 2、表 4~6 同。

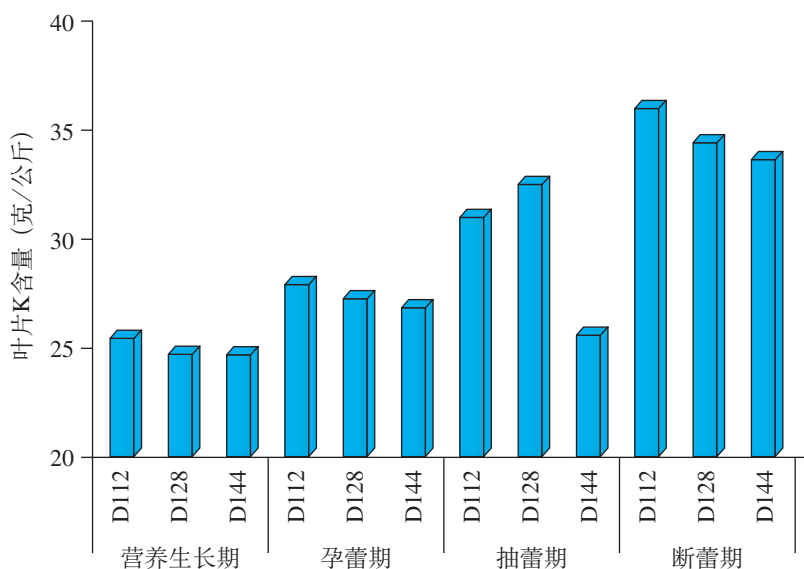


## 2.2 第一造蕉叶片养分变化

N、K、Ca、Mg是香蕉吸收和累积最多的四种元素<sup>[6]</sup>，提高香蕉种植密度，单位体积土壤中的根数增加，植株对养分的竞争加剧。香蕉叶片N、K、Ca、Mg养分测定结果（图2）显示，香蕉各主要生育期叶片N、K、Mg含量整体上随种植密度的增加而下降，植株的N、K、Mg营养受到抑制。叶片Ca含量在营养生长期、孕蕾期及断蕾期均为D<sub>128</sub>处理高于其他2个处理，在抽蕾期则以D<sub>112</sub>处理较高。植物在吸收K、Ca、Mg营养时存在拮抗作用，这三者之间存在复杂的平衡关系，因而香蕉K、Mg营养受到抑制的同时可能会促进对Ca的吸收而提高叶片Ca含量。



a



b

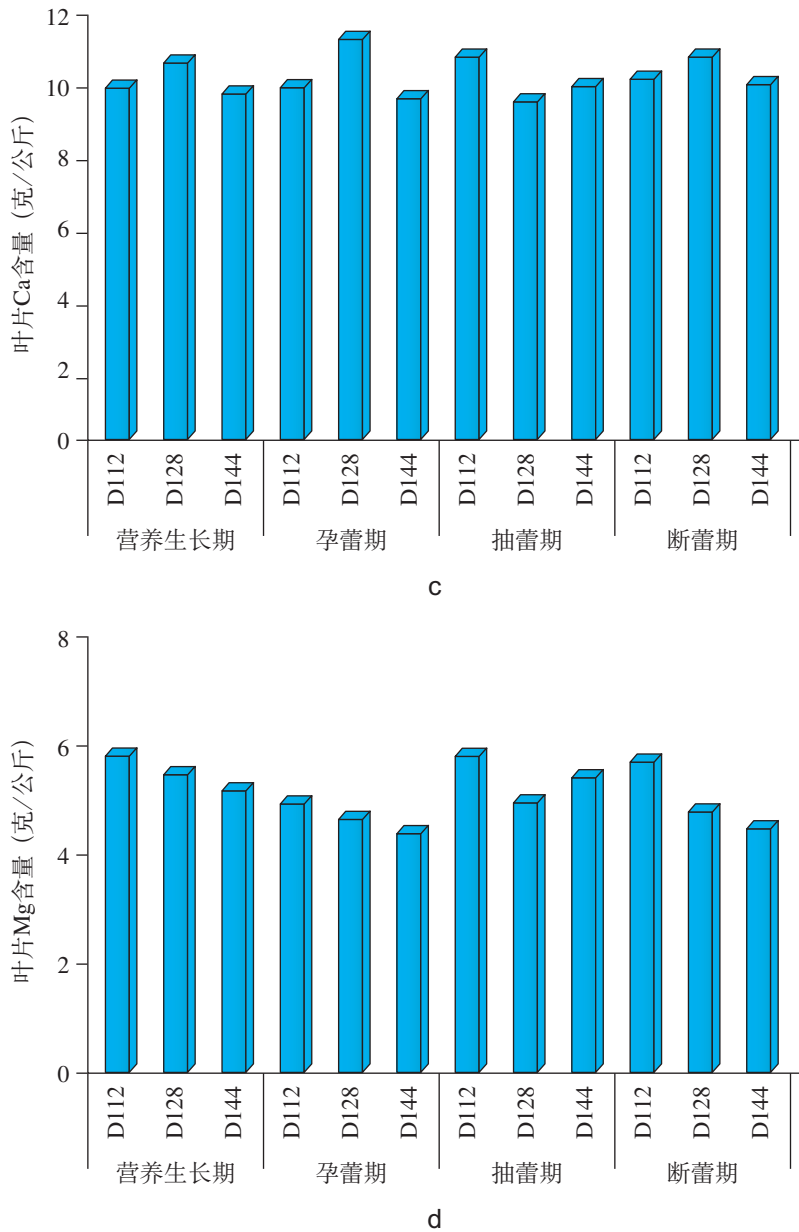


图2 第一造蕉不同种植密度处理主要生育期叶片养分含量变化

### 2.3 第一造蕉叶片光合特性变化

叶片净光合速率 (Pn)、气孔导度 (Gs) 及胞间 CO<sub>2</sub> 浓度 (Ci) 是反映植株光合作用的 3 个重要参数。在香蕉营养生长中后期, D<sub>112</sub> 处理叶片尚未完全封行, 但 D<sub>128</sub> 与 D<sub>144</sub> 处理已基本封行。3 个密度处理香蕉上位叶的净光合速率、气孔导度和胞间 CO<sub>2</sub> 浓度差别不大, 但下位叶的净光合速率、气孔导度和胞间 CO<sub>2</sub> 浓度均随种植密度的增加而降低。D<sub>112</sub> 处理与 D<sub>128</sub> 处理及 D<sub>128</sub> 处理与 D<sub>144</sub> 处理叶片 3 个

参数的差异均不显著，然而 D<sub>144</sub> 处理的 3 个参数均比 D<sub>112</sub> 处理显著下降。

在香蕉抽蕾期，3 个密度处理植株基本或完全封行，上位叶片基本可以完全伸展但不会互相遮阴，因此上位叶的净光合速率、气孔导度及胞间 CO<sub>2</sub> 浓度差异不大。同时，3 个密度处理下位叶的净光合速率差异不大，但仍以 D<sub>144</sub> 处理最低；D<sub>112</sub> 与 D<sub>128</sub> 处理的气孔导度与胞间 CO<sub>2</sub> 浓度较为接近，均显著高于 D<sub>144</sub> 处理。在断蕾期，香蕉叶片全部抽生，叶片数最多，高密度处理香蕉上位叶部分遮阴，D<sub>112</sub> 处理上位叶的净光合速率、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度及下位叶的净光合速率均显著高于 D<sub>128</sub> 与 D<sub>144</sub> 处理，其余参数差异不明显。

可见，在同一生育期随种植密度的提高，香蕉叶片光合作用有所抑制，随着香蕉从营养生长到生殖生长，密度对叶片（主要是下位叶）光合作用的影响加大。另外，同一密度处理在不同生育期，香蕉上位叶的净光合速率和气孔导度明显大于下位叶，这与其它作物的表现一致<sup>[5, 6]</sup>。

表 2 第一造蕉不同密度处理叶片光合作用参数

生育期	密度	上位叶			密度	下位叶		
		Pn*	Gs <sup>†</sup>	Ci‡		Pn	Gs	Ci
营养 生长期	D <sub>112</sub>	16.3	0.564	276.8	D <sub>112</sub>	9.5 a	0.304 a	272.1 a
	D <sub>128</sub>	16.9	0.579	273.6	D <sub>128</sub>	8.4 ab	0.236 ab	266.6 ab
	D <sub>144</sub>	16.6	0.587	271.8	D <sub>144</sub>	8.0 b	0.218 b	262.9 b
抽蕾期	D <sub>112</sub>	15.3	0.478	268.2	D <sub>112</sub>	9.0	0.264 a	274 a
	D <sub>128</sub>	15.7	0.544	280.0	D <sub>128</sub>	9.5	0.233 a	266 a
	D <sub>144</sub>	17.3	0.463	257.0	D <sub>144</sub>	8.7	0.171 b	241 b
断蕾期	D <sub>112</sub>	14.6 a	0.327	248.5 a	D <sub>112</sub>	8.7 a	0.153	229.3
	D <sub>128</sub>	10.1 b	0.196	202.5 b	D <sub>128</sub>	5.4 b	0.125	203.9
	D <sub>144</sub>	11.1 b	0.201	234.5 ab	D <sub>144</sub>	5.5 b	0.138	30.3

注：\* 单位为 μ mol/m<sup>2</sup>s，<sup>†</sup> 为 mol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>s，<sup>‡</sup> μ mol/mol。

## 2.4 第一造蕉果实品质

成熟期香蕉果实品质测定结果（表 3）显示，D128 处理果实的可溶性固形物、Vc 含量高于其它 2 个密度处理，而 D112 处理的可溶性糖含量最高，D144 处理的可溶性固形物、可溶性糖和 Vc 含量均明显低于另外 2 个密度处理的。

表 3 不同密度处理第一造蕉果实品质

密度	可溶性固形物（克/公斤）	可溶性糖（克/公斤）	Vc（毫克/公斤）
D <sub>112</sub>	230	182	79.6
D <sub>128</sub>	235	181	84.6
D <sub>144</sub>	220	177	74.7

## 2.5 第一造蕉产量及种植效益

香蕉产量和种植效益统计结果（表 4）显示，D<sub>112</sub> 与 D<sub>128</sub> 处理的株产十分接近，均极显著高于 D<sub>144</sub>

处理；然而， $D_{128}$  和  $D_{144}$  处理小区产量没有显著差异，均显著高于  $D_{112}$  处理。在生产上，香蕉株产（即一穗香蕉的重量）对其收购价有较大影响。对于第一造蕉，每穗香蕉通常以 22.5 公斤为标准， $\geq 22.5$  公斤的香蕉收购价一般每 50 公斤比低于此标准的香蕉高 5~10 元。因此，在扣除肥料等各种成本后， $D_{128}$  比  $D_{112}$  处理每公顷纯利润增加 412 元/亩，增收 21.3%， $D_{144}$  比  $D_{112}$  处理增收 9.9%。从第一造蕉的种植利润来看，增加密度有利于提高种植效益。然而，根据香蕉收获时间记录，密度试验香蕉在 2005 年 1 月上旬开始分批收获， $D_{112}$  与  $D_{128}$  处理香蕉收获时间差别不大，但  $D_{144}$  处理由于抽蕾较慢，比  $D_{112}$  与  $D_{128}$  处理约推后 20 天完成收获，可能会延迟第二造蕉的生长。

表 4 第一造蕉不同密度处理产量及种植效益比较

密度	株产 (公斤)	小区产量 (公斤)	产量 (公斤/亩)	产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	其它成本 (元/亩)	利润 (元/亩)	增收 (%)
$D_{112}$	23.4 a	326.7 b	2613	4181	500	1750	1931	-
$D_{128}$	23.2 a	370.7 a	2965	4745	571	1830	2343	21.3
$D_{144}$	21.6 b	388.5 a	3108	4662	643	1910	2123	9.9

注：其它成本指地租、整地、人工、蕉苗、农药、地膜、竹桩、灌溉系统等。下同。肥料价格：尿素 1800 元/吨，磷酸二铵 2200 元/吨，KCl 1800 元/吨，50% 香蕉专用肥 2000 元/吨。香蕉收购价：穗重  $\geq 22.5$  公斤的香蕉 1.6 元/公斤，穗重  $< 22.5$  公斤的香蕉 1.5 元/公斤。

## 2.6 第二造蕉长势

从表 5 第二造蕉调查数据看出，孕蕾期  $D_{112}$  与  $D_{128}$  处理的株高、茎围较为接近，均显著大于  $D_{144}$  处理，三个处理的单株青叶片数则没有差别，但  $D_{128}$  与  $D_{144}$  处理植株抽蕾反而比  $D_{112}$  处理早。这意味着在第二造蕉密度相同情况下，第一造蕉增加种植密度缩短了第二造蕉的生长时间，使抽蕾提前。

表 5 第二造蕉孕蕾期和抽蕾期长势调查结果

处理	孕蕾期			抽蕾率 (%)
	株高 (厘米)	茎围 (厘米)	单株青叶数 (片)	
$D_{112}$	274 a	66.5 a	12.4	47.1
$D_{128}$	270 ab	64.4 a	12.2	54.8
$D_{144}$	247 b	57.4 b	12.1	59.0

## 2.7 第二造蕉孕蕾期叶片养分状况

第二造蕉孕蕾期叶片养分含量分析结果 (表 6) 显示，第二造蕉叶片 N、K 含量呈现出随第一造蕉密度增加而增加的趋势，与第一造蕉变化趋势大致相反。这可能一是因为第一造蕉单株肥料施入量相等，密度越大残留在土壤中的养分越多；二是由于第一造蕉收获后，其庞大的肉质根分解释放养分，密度越大根系越多，可释放更多的养分供第二造蕉吸收。孕蕾期  $D_{128}$  处理由于叶片 K 含量最高，相应地 Ca、Mg 含量降低，但不同处理间 Ca、Mg 含量没有显著差异。另外，孕蕾期香蕉叶片养分含量也有利于解释表 5 中  $D_{144}$  和  $D_{128}$  处理植株比  $D_{112}$  处理抽蕾稍快的现象。

表6 第二造蕉孕蕾期叶片养分含量 (%)

密度	N	K	Ca	Mg
D <sub>112</sub>	3.63 b	3.60 b	1.009	0.378
D <sub>128</sub>	3.79 a	4.02 a	0.921	0.349
D <sub>144</sub>	3.92 a	3.98 ab	0.986	0.368

## 2.8 第二造蕉产量及种植效益

第二造蕉由于在夏季断蕾，温度高，湿度大，香蕉果实发育快，因此收获时间差别不大。虽然株产及单位面积产量都非常接近（表7），但第一造蕉种植密度增大仍使第二造蕉产量稍有下降，D<sub>128</sub>和D<sub>144</sub>处理种植利润比D<sub>112</sub>处理分别下降2.7%和7.4%。

## 2.9 两造蕉种植效益比较

在香蕉生产上通常以两造蕉为一个种植周期。从本试验两造蕉的种植效益比较结果来看（表8），D<sub>128</sub>处理的效益虽然高于其他2个处理，但在一个种植周期内增收幅度不大。由于第二造蕉产量明显高于第一造蕉，在一个种植周期利润中所占比重较大，虽然提高第一造蕉种植密度可以明显提高当造利润，但由于第二造蕉产量稍有下降，对一个种植周期内的利润仍有一定影响。因此，需要继续重点考虑提高第二造蕉的种植密度以获得更大效益，具体的栽培施肥措施仍有待进一步研究。

表7 第二造蕉的产量及种植效益调查结果

处理	株产 (公斤)	小区产量 (公斤)	折合产量 (公斤/亩)	产值 (元/亩)	利润 (元/亩)	比D <sub>112</sub> ± (%)
D <sub>112</sub>	40.7a	569.3a	4555	10020	7909	
D <sub>128</sub>	39.8a	557.2a	4458	9807	7696	-2.7
D <sub>144</sub>	38.3a	536.2a	4290	9437	7326	-7.4

注：第二造蕉的生产成本为2111元/亩，其中肥料成本631元/亩、其他成本1480元/亩；香蕉收购价为2.2元/公斤。

表8 两造蕉的种植效益比较

处理	第一造利润 (元/亩)	第二造利润 (元/亩)	合计 (元/亩)	比D <sub>112</sub> ± (%)
D <sub>112</sub>	1931	7909	9840	
D <sub>128</sub>	2343	7696	10039	+2.0
D <sub>144</sub>	2123	7326	9449	-4.0

## 3 结论

在种植密度为112~144株/亩范围内，提高第一造蕉种植密度能使香蕉生长变慢、抽蕾延迟、叶片光合作用受到抑制；从营养生长期至生殖生长期，种植密度对叶片（主要是下位叶）光合作用的影



响加大；各主要生育期香蕉N、K、Mg营养受到抑制。 $D_{144}$ 处理香蕉果实可溶性固形物、可溶性糖和Vc含量均明显低于 $D_{112}$ 和 $D_{128}$ 处理。 $D_{112}$ 与 $D_{128}$ 处理株产极为接近，均显著高于 $D_{144}$ 处理，而且 $D_{144}$ 处理收获推迟。然而， $D_{128}$ 和 $D_{144}$ 处理单位面积产量均极显著高于 $D_{112}$ 处理，分别比 $D_{112}$ 提高种植效益21.3%和9.9%。

第二造蕉种植密度调整至相同时，第一造蕉增加种植密度提高了第二造蕉叶片N、K含量，抽蕾提前。 $D_{128}$ 和 $D_{144}$ 处理株产及单位面积产量稍低于 $D_{112}$ 处理，种植利润分别下降2.7%和7.4%。由于第二造蕉在一个种植周期利润中所占比重大，提高第一造蕉密度仍对种植周期的利润有影响。建议珠江三角洲地区春种第一造蕉适宜种植密度约为128株/亩，且今后需继续重点研究提高第二造蕉的种植密度以获得更高效益。

#### 参考文献：

- [1] Robinson, JC, Nel, DJ. Banana density comparison between high and medium-vigour plantations. Information Bulletin-Citrus and Subtropical Fruit Research Institute. 1989, 207:3-4.
- [2] 李俊文。“威廉斯”香蕉种植密度试验总结[J]. 广西热作科技, 1997, (1): 11-14.
- [3] 郑銮坚, 何忠春, 林醒华, 等. 香蕉丰产、优质栽培技术研究报告[J]. 福建热作科技, 1994, 19 (1): 7-10.
- [4] 姚丽贤, 周修冲, 彭志平, 等. 巴西蕉的营养特性及钾镁肥配施技术研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11 (1): 116-121.
- [5] 王珍, 武志海, 徐克章. 玉米群体冠层光合速率与叶面积指数关系的初步研究[J]. 吉林农业大学学报, 2001, 23 (2): 9-12, 16.
- [6] 白祥和, 曲文章, 吴存祥, 等. 不同密度条件下甜菜叶片光合速率与块根产量关系的研究[J]. 中国甜菜, 1995, 5 (2): 25-29.

上接 58 页

3.3 在三大土壤类型区(褐土、潮土、砂姜黑土)上, 砂姜黑土区每公斤氧化钾增产5.36公斤小麦和1.72公斤小麦。潮土区每公斤氧化钾增产3.21公斤小麦。褐土区每公斤氧化钾增产4.68公斤小麦。

3.4 在三大土壤类型区(褐土、潮土、砂姜黑土)上, 平衡施肥处理, 潮土区小麦产量最高为581公斤/亩, 其次为褐土区产量为566公斤/亩, 砂姜黑土区产量最低为495公斤/亩和429公斤/亩。



## 河南省三大土壤类型区 玉米氮磷钾平衡施肥研究<sup>[1]</sup>

孙克刚 李丙奇 杨占平 张文明

(河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所, 郑州,  
450002)

(河南省新乡市延津县司寨乡平陵村, 453212)

**摘要:** 河南省三大土壤类型区氮磷钾平衡施肥对玉米的增产作用不同: 从试验结果看, 在三大土壤类型区(褐土、潮土、砂姜黑土), 氮磷钾平衡施肥均能提高玉米产量, 限制小麦产量的主要因子, 在潮土区和褐土区氮素是第一位、钾素是第二位、磷素是第三位。在砂姜褐土区由于今年受到涝灾, 限制玉米产量的主要因子, 氮素为第一位, 其次为磷素, 第三位钾素。每公斤氧化钾增产小麦产量为, 砂姜黑土区每公斤氧化钾增产1.72公斤小麦和5.36公斤小麦。潮土区每公斤氧化钾增产3.21公斤小麦。褐土区每公斤氧化钾增产4.68公斤小麦。同时在平衡施肥处理时, 潮土区小麦产量最高为581公斤/亩, 其次为褐土区产量为566公斤/亩, 砂姜黑土区产量最低为495公斤/亩和429公斤/亩。

**关键词:** 郑单958 平衡施肥 土壤类型

河南省位于我国中东部, 黄河中下游, 黄淮海大平原的西南部。河南省是一个农业大省, 全省面积16~17万平方公里, 其中耕地面积720万公顷。农村人口占全省总人口的85.9%, 农村社会总产值占全省社会总产值的为54.1%, 以农产品为原料的轻工业产值的比重为78.8%, 农业的基础地位显得尤为重要。河南省的地势基本上是西高东低。流经河南省境内的河流有黄河、淮河、海河、长江四大水系。气候处于暖温带和亚热带交错的边缘地区, 气候具有明显的过渡性特征。全省年平均气温为12.8~15.5℃, 7月最热, 月平均气温为27~28℃, 1月最冷, 月平均气温为-2~2℃。年降水量从北到南大致为600~1200毫米之间。全省农作物多为一年两熟。主要以小麦、水稻、棉花、大豆、花生、芝麻、油菜、烟叶等为主。全省农作物总播种面积为1419万公顷, 其中粮食播种面积达930万公顷, 占68.7%; 油料作物播种面积为155万公顷, 占11.36%; 棉花播种面积80万公顷, 占5.9%。粮食作物中小麦播种面积为501万公顷, 占总播种面积适35.3%, 占粮食作物播种面积的54.5%, 为玉米播种面积为258万公顷, 占总面积为18.2%, 占粮食面积的24.38%。各种作物平均产量分别为: 小麦5638公斤/公顷, 玉米5603公斤/公顷, 花生3841公斤/公顷, 棉花1037公斤/公顷。全省化肥纯用量为540.43万吨, 氮肥纯用量为207.2533万吨, 磷肥纯用量为97.2577万吨, 钾肥纯用量为46.1753万吨, 比项目合作前的1990年用量增加近5倍。氮肥用量占整个化肥用量的38.3%, 磷肥用量占整个化肥用量的18.0%, 钾肥用量占整个化肥用量的8.5%。氮磷钾的比例为1:0.481:0.191。全省氮磷钾化肥总用量在增加, 氮肥所占百分比是在下降, 磷肥所占比例保持在28%左右, 钾肥所占比例是在逐年增加, 到目前达到11.4%, 复合肥用量在逐年增加。而1990年在没有和加拿大钾磷研究所进行钾肥合作项目前河南省全省肥料用量为195.2691万

[1] 本研究由国际植物营养研究所(IPNI)北京办事处资助。

吨，氮肥纯用量为 137.2876 万吨，氮肥占化肥用量的 70.3%，磷肥纯用量为 51.9846 万吨，磷肥占化肥用量的 26.6%，钾肥纯用量为 5.9969 万吨，钾肥仅占化肥用量的 3.1%。氮磷钾比例为 1:0.379:0.044。

## 1 材料与方 法

试验地点：玉米试验安排在驻马店市驿城区水屯镇新坡村和遂平县和兴乡和兴村、洛阳市孟津县送庄乡朱寨村、新乡市延津县司寨乡平陵村。土壤类型：分别为姜砂黑土、姜砂黑土、褐土和潮土。玉米品种为：郑单 958，种植密度为 6-7.5 万株/公顷。小区面积 20~30M<sup>2</sup>，重复 3 次，随机区组排列。收获各小区子粒（或收获部分）和秸秆（或生物）产量；田间管理按丰产田要求，并记录生物学性状。播种前取土壤样品送中国农业科学院区划所中加合作土壤植物样品分析实验室和河南农科院资环所实验室分析。钾肥用加拿大产氯化钾。

表 1 试验地土壤养分基本状况

地点	实验室编号	经度	纬度	pH	OM	NH <sub>4</sub>	P	K	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
					%	毫克/升								
新坡村	AYY G 01	E114° 09' 38.8"	N32° 56' 54.7"	6.21	0.87	10.5	10.5	66.5	2.1	87	2.6	27.7	1.3	0.33
平陵村	AYY W 08	E114° 14' 15.5"	N35° 12' 43.1"	8.25	0.3	7.2	72.3	82.9	8.7	18.4	4	7.1	1.6	1.65
和兴村	AYZ G 09	E113° 58' 21.6"	N33° 14' 25.0"	5.31	0.74	26	22.6	49.9	5.4	134.6	9.7	82.7	5.1	0.17
朱寨村	AYY R 03	E112° 32' 02.9"	N34° 49' 00.5"	8.13	0.53	6.7	14.4	49.9	9.7	8	1.6	5.8	1.5	1.61

## 2 试验结果与经济效益分析

### 2.1 遂平县和兴乡和兴村玉米养分监测村试验：

遂平县和兴乡和兴村玉米试验结果经方差分析，F 值达到显著水平（表 3）。在玉米试验中六个处理以氮磷钾 N<sub>15</sub>P<sub>6</sub>K<sub>12</sub> 处理产量最高，达 429 公斤/亩，其利润是第 4 位 484 元/亩，产投比为 5.1，生物产量为第 2 位 913 公斤/亩，经济系数为 0.47，产量与其他各个处理均达到 1% 差异，氮磷 N<sub>15</sub>P<sub>6</sub> 处理产量为第 2 位达 408 公斤/亩，其利润是 497 元/亩，产投比为 7.7，生物产量是第 3 位 888 公斤/亩，经济系数为 0.46。氮钾 N<sub>15</sub>K<sub>12</sub> 处理产量为第 3 位达 399 公斤/亩，其利润为第 6 位 461 元/亩，产投比为 5.7，生物产量是第 5 位 849 公斤/亩，经济系数为 0.47。农民习惯施肥 N<sub>15</sub> 处理产量为 395 公斤/亩，其利润为 497 元/亩，产投比为 10.0，生物产量为第 1 位 919 公斤/亩，经济系数为 0.43。磷钾 P<sub>6</sub>K<sub>12</sub> 处理产量为 375 公斤/亩，其利润为第 5 位 464 元/亩，产投比为 8.6，生物产量为第 5 位 852 公斤/亩，经济系数为 0.44，不施肥 CK 处理产量为 365 公斤/亩。在氮磷钾基础上，不施 N 减产 14.4%。不施 P 减产 7.5%。不施 K 减产 5.0%。显然影响玉米产量因素第 1 为氮素，其次为磷素，第 3 为钾素。氮、磷、钾三元素对产量贡献不同。每公斤氧化钾增产 1.72 公斤玉米。今年因为驻马店地区发生了涝灾，对玉米产量影响很大。

表2 试验与示范设计方案 (公斤/亩)

处理	洛阳孟津玉米试验方案			处理	驻马店遂平玉米试验方案		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1 OPT	15	6	12	1 OPT	15	6	12
2 OPT-N	0	6	12	2 OPT-N	0	6	12
3 OPT-P	15	0	12	3 OPT-P	15	0	12
4 OPT-K	15	6	0	4 OPT-K	15	6	0
5 FP	12	0	0	5 FP	15	0	0
6 CK	0	0	0	6 CK	0	0	0

处理	水屯镇新坡村玉米试验方案			处理	延津县平陵村玉米试验方案		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1 OPT	15	6	12	1 OPT	15	6	12
2 OPT-N	0	6	12	2 OPT-N	0	6	12
3 OPT-P	15	0	12	3 OPT-P	15	0	12
4 OPT-K	15	6	0	4 OPT-K	15	6	0
5 FP	15	0	0	5 FP	12	0	0
6 CK	0	0	0	6 CK	0	0	0

表3 驻马店遂平县和兴乡和兴村玉米试验结果和经济分析

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		减产		经济分析				产投 比	生物产量 公斤/亩	经济 系数
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		5%	1%	公斤	%	产值	成本	利润	与最佳差			
15	6	12	429	a	A	0	0	601	117	484	0	5.1	913	0.47
0	6	12	375	d	D	54	14.4	525	61	464	76	8.6	852	0.44
15	0	12	399	c	C	30	7.5	559	98	461	42	5.7	849	0.47
15	6	0	408	b	B	21	5	572	75	497	29	7.7	888	0.46
15	0	0	395	c	C	34	8.6	553	56	497	48	10	919	0.43
0	0	0	365	e	E	64	17.5	511	0	511	90		849	0.43

注：价格 (元·kg<sup>-1</sup>) N 3.7、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.2、K<sub>2</sub>O 3.5、玉米 1.4

## 2.2 驻马店市驿城区水屯镇新坡村玉米试验结果与经济分析：

驻马店市驿城区水屯镇新坡村玉米试验结果经方差分析，F值达到显著水平（表4）。在玉米试验中六个处理以N<sub>15</sub>P<sub>6</sub>K<sub>12</sub>处理产量最高，达495公斤/亩，其利润也是最高为577元/亩，产投比为5.9，生物产量为第1位1054公斤/亩，经济系数为0.47，产量与各个处理均达到1%差异，N<sub>15</sub>P<sub>6</sub>处理产量为431公斤/亩，其利润是第2位529元/亩，产投比为8.1，生物产量也是第2位937公斤/亩，经济系数为0.46。氮钾N<sub>15</sub>K<sub>12</sub>处理产量为第3位达417公斤/亩，其利润为第5位487元/亩，产投比为6.0，生物产量是第4位888公斤/亩，经济系数为0.47。农民习惯施肥N<sub>15</sub>处理产量为397公斤/亩，其利润为第4位500元/亩，产投比为10.0，生物产量为第3位922公斤/亩，经济系数为0.43。P<sub>6</sub>K<sub>12</sub>

处理产量为389公斤/亩，其利润为第6位483元/亩，产投比为8.9，生物产量为第5位883公斤/亩，经济系数为0.44，不施肥CK处理产量为359公斤/亩。在 $N_{15}P_6K_{12}$ 基础上，不施N减产27.5%。不施P减产18.7%。不施K减产14.9%。通过以上分析看出，影响玉米产量因素第1为氮素，其次为磷素，第3为钾素。每公斤氧化钾增产5.36公斤玉米。

表4 驻马店驿城区水屯镇新坡村玉米试验结果和经济分析

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		与最高产量差		经济分析				产投 比	生物产量 公斤/亩	经济 系数
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		5%	1%	公斤	%	产值	成本	利润	与最佳差			
15	6	12	495	a	A	0	0	694	117	577	0	5.9	1054	0.47
0	6	12	389	d	D	106	27.5	544	61	483	150	8.9	883	0.44
15	0	12	417	c	C	78	18.7	584	98	486	110	6	888	0.47
15	6	0	431	b	B	64	14.9	604	75	529	90	8.1	937	0.46
15	0	0	397	d	D	98	24.9	555	56	499	139	10	922	0.43
0	0	0	359	e	E	136	38	503	0	503	191		835	0.43

注：价格（元·kg<sup>-1</sup>）N 3.7、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.2、K<sub>2</sub>O 3.5、玉米 1.4

### 2.3 孟津县送庄乡朱寨村玉米养分监测村试验

孟津县送庄乡朱寨村玉米试验结果经方差分析，F值显著水平（表5）。在玉米试验中六个处理以 $N_{15}P_6K_{12}$ 处理产量最高，达566公斤/亩，其利润也是最高为676元/亩，产投比为6.8，生物产量为第1位1204公斤/亩，经济系数为0.47，产量与其他各个处理均达到1%差异。 $N_{15}K_{12}$ 处理产量为第2位达528公斤/亩，其利润为第2位641元/亩，产投比为7.6，生物产量是第2位1123公斤/亩，经济系数为0.47。氮磷 $N_{15}P_6$ 处理产量第3位为510公斤/亩，其利润是第3位639元/亩，产投比为9.6，生物产量也是第3位1108公斤/亩，经济系数为0.46。农民习惯施肥 $N_{12}$ 处理产量为457公斤/亩，其利润为第4位595元/亩，产投比为14.4，生物产量为第4位1015公斤/亩，经济系数为0.45。磷钾 $P_6K_{12}$ 处理产量为395公斤/亩，其利润为第6位492元/亩，产投比为9.0，生物产量为第5位898公斤/亩，经济系数为0.44，不施肥CK处理产量为369公斤/亩。在 $N_{15}P_6K_{12}$ 基础上，不施N减产43.1%。不施P减产7.2%。不施K减产11.0%。通过以上分析看出，影响玉米产量因素第1为氮素，其次为钾素，第3为磷素。每公斤氧化钾增产4.68公斤玉米。

### 2.4 新乡市延津县司寨乡平陵村玉米试验结果与经济分析

新乡市延津县司寨乡平陵村玉米试验结果经方差分析，F值达到显著水平（表6）。在玉米试验中六个处理以氮磷钾 $N_{15}P_6K_{12}$ 处理产量最高，达581公斤/亩，其利润也是最高为696元/亩，产投比为7.0，生物产量为第1位1236公斤/亩，经济系数为0.47，产量与其他各个处理均达到1%差异显著性水平。氮钾 $N_{15}K_{12}$ 处理产量为第2位达554公斤/亩，其利润为第3位679元/亩，产投比为8.0，生物产量是第2位1179公斤/亩，经济系数为0.47。氮磷 $N_{15}P_6$ 处理产量为542公斤/亩，其利润是第2位685元/亩，产投比为10.2，生物产量也是第3位1179公斤/亩，经济系数为0.46。农民习惯施肥 $N_{12}$ 处理产量为496公斤/亩，其利润为第4位650元/亩，产投比为15.6，生物产量为第4位1153



表5 洛阳市孟津送庄乡朱寨村玉米试验结果和经济分析

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		减产		经济分析				产投 比	生物产量 公斤/亩	经济 系数
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		5%	1%	公斤	%	产值	成本	利润	与最佳差			
15	6	12	566	a	A	0	0	792	117	675	0	6.8	1204	0.47
0	6	12	395	e	E	171	43.1	553	61	492	239	9	898	0.44
15	0	12	528	b	B	38	7.2	739	98	641	53	7.6	1123	0.47
15	6	0	510	c	C	56	11	714	75	639	78	9.6	1108	0.46
12	0	0	457	d	D	109	23.9	639	44	595	153	14.4	1015	0.45
0	0	0	369	f	F	197	53.3	517	0	517	275		859	0.43

注：价格（元·kg<sup>-1</sup>）N 3.7、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.2、K<sub>2</sub>O 3.5、玉米 1.4

表6 新乡市延津县司寨乡平陵村玉米试验结果和经济分析

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		与最高产量差		经济分析				产投 比	生物产量 公斤/亩	经济 系数
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		5%	1%	公斤	%	产值	成本	利润	与最佳差			
15	6	12	581	a	A	0	0	813	117	696	0	7	1236	0.47
0	6	12	406	e	E	175	42.9	569	61	508	244	9.3	924	0.44
15	0	12	554	b	B	27	4.8	776	98	678	37	8	1179	0.47
15	6	0	542	c	C	39	7.1	759	75	684	54	10.2	1179	0.46
12	0	0	496	d	D	85	17.1	694	44	650	119	15.6	1153	0.43
0	0	0	392	f	F	189	48	549	0	549	264		913	0.43

注：价格（元·kg<sup>-1</sup>）N 3.7、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.2、K<sub>2</sub>O 3.5、玉米 1.4

公斤/亩，经济系数为0.43。磷钾P<sub>6</sub>K<sub>12</sub>处理产量为406公斤/亩，其利润为第6位508元/亩，产投比为9.3，生物产量为第5位924公斤/亩，经济系数为0.44，不施肥CK处理产量为392公斤/亩。在N<sub>15</sub>P<sub>6</sub>K<sub>12</sub>基础上，不施N减产42.9%。不施P减产4.8%。不施K减产7.1%。通过以上分析看出，影响玉米产量因素第1为氮素，其次为钾素，第3为磷素。每公斤氧化钾增产3.21公斤玉米。

### 3 小结

3.1 从试验结果看，在三大土壤类型区（褐土、潮土、砂姜黑土），氮磷钾平衡施肥均能提高玉米产量。

3.2 在三大土壤类型区（褐土、潮土、砂姜黑土）上，限制玉米产量的主要因子，在潮土区和褐土区氮素是第一位、钾素是第二位、磷素是第三位。在砂姜褐土区由于今年受到涝灾，限制玉米产量的主要因子，氮素为第一位，其次为磷素，第三位是钾素。

下接 53 页