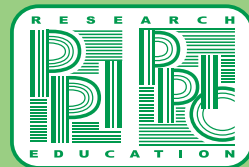
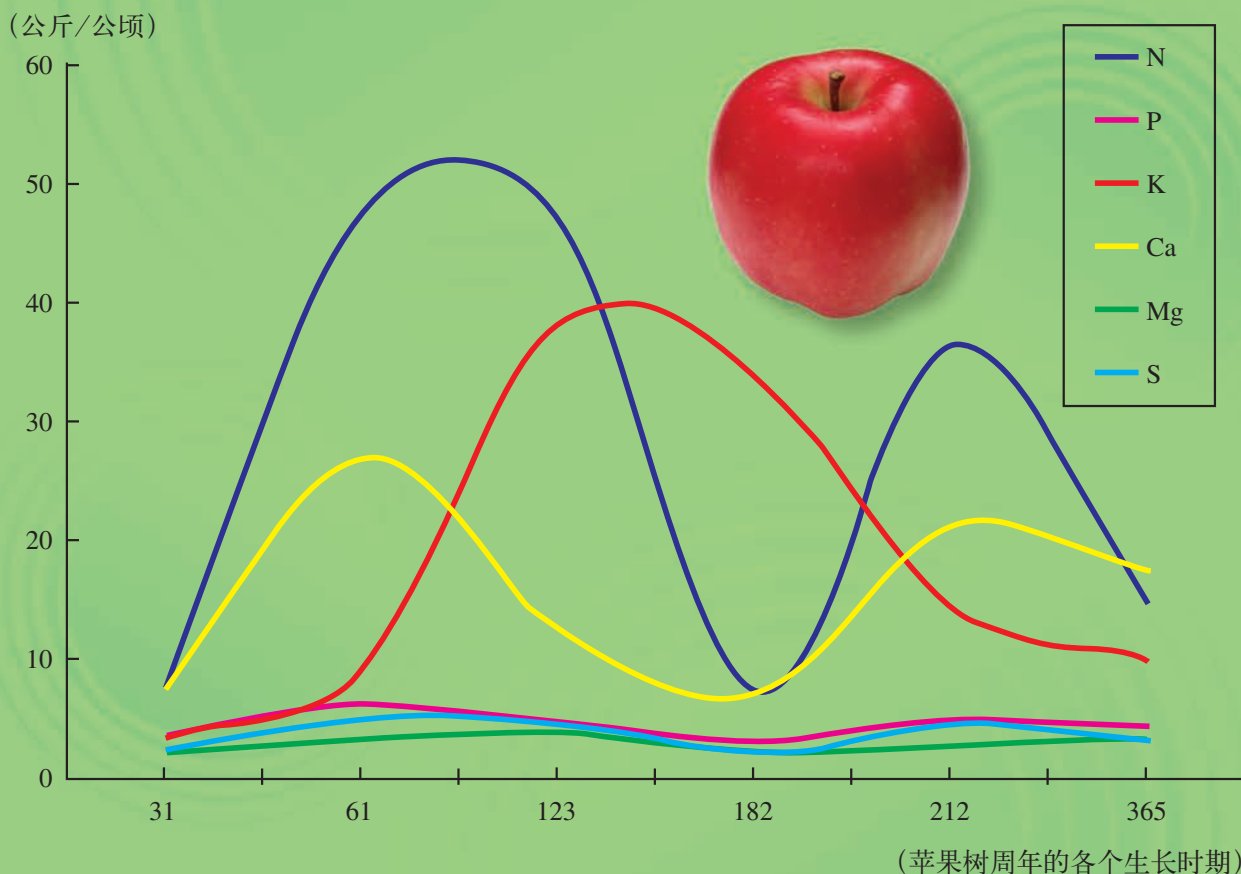


# 高效施肥



苹果树在年生长周期中对主要营养元素的吸收曲线



## 本期提要

平衡施肥要注意的几个问题

苹果树体钾含量和累积量年周期变化研究  
适宜的N与K比例对膜下滴灌长绒棉产量和品质的影响

平衡施肥对优质大豆产量和品质的影响

黑土大豆钾肥适宜用量试验研究

云南嵩明水稻养分平衡管理试验研究

不同肥料组合对叶类蔬菜产量、品质和经济效益的影响

河南省小麦-玉米、蔬菜优质高产高效平衡施肥

钾肥对生姜产量和品质的影响

蔬菜的养分吸收特性与钾肥利用率的研究

# 高效施肥 2006年10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 (17)	1
同延安—苹果树体钾含量和累积量年周期变化研究	3
张 炎—适宜的 N 与 K 比例对膜下滴灌长绒棉产量和品质的影响	8
谢佳贵—平衡施肥对优质大豆产量和品质的影响	13
刘 颖—黑土大豆钾肥适宜用量试验研究	16
苏 帆—云南嵩明水稻养分平衡管理试验研究	20
朱小梅—不同肥料组合对叶类蔬菜产量、品质和经济效益的影响	25
孙克刚—河南省小麦—玉米、蔬菜优质高产高效平衡施肥	26
崔荣宗—钾肥对生姜产量和品质的影响	31
朱静华—蔬菜的养分吸收特性与钾肥利用率的研究	33

### 《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-ppic.org](mailto:mzliang@ppi-ppic.org)

The Government of Saskatchewan helps make this publication possible through its resource tax funding. We thank the Government for this important educational project.  
此刊物由加拿大萨斯喀彻温省政府资助。  
特此致谢。

主编：金继运  
编辑：陈 防、涂仕华、李书田、何萍、  
梁鸣早

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

#### 理事会

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

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

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

#### 中国项目部

金继运主任 北京办事处  
李书田副主任 北京办事处  
何萍副主任 北京办事处  
梁鸣早女士 北京办事处  
陈防副主任 武汉办事处  
涂仕华副主任 成都办事处

**会员公司:**  
Agrium Inc.  
Intrepid Mining, LLC  
Mosaic  
PotashCorp  
Simplot



## 加拿大钾肥公司在中国的平衡施肥示范项目报告 (17)

### ——平衡施肥要注意的几个问题

金继运

PPI/PPIC 中国项目部, 北京

1988年我国农业部和加拿大钾磷研究所(PPI / PPIC)在北京共同成功举办了《国际平衡施肥学术讨论会》,会上,国内外代表全面地阐述了平衡施肥的概念,讨论了施肥中存在的不平衡问题,探讨了实现平衡施肥的有关理论和技术,对我国乃至世界平衡施肥的实现和肥料资源的科学合理使用产生了深远的影响。

平衡施肥的理念源于李比希的最小养分因子律,即作物的产量或单位面积产出受土壤中供应能力最小的养分因子的限制,在这个最重要的限制因素通过科学的施用相应的肥料消除之前,盲目的增加其他养分肥料和其他投入,则达不到增产增收的目的,而造成浪费和对土壤和环境的不良影响。

按照平衡施肥的理念,实现平衡施肥必须对土壤中对于作物生长必需的各种养分的供应能力有清楚的了解,必须对于作物达到不同产量目标所需要的各种养分的量有准确的估计。在此基础上,按照作物的需求和土壤供应各种养分的能力确定各种养分肥料的施用量和比例,以保证作物所需要的各种大中微量营养元素的全面均衡供应,消除任何可能存在的养分限制因素,同时避免任何一种或几种元素肥料施用过量而造成的经济损失和可能产生的不良影响,实现平衡施肥。

为此,中国农业科学院与PPI / PPIC合作,于1990年成立了中-加合作土壤植物测试实验室(CAAS-PPIC Cooperative Soil and Plant Analysis Laboratory),在引进国际先进技术的基础上,研究形成了以应用联合浸提剂、系列化批量操作和信息化数据管理技术为核心的测土推荐施肥技术体系,并在全国主要土壤类型和作物上经过了大量的田间试验的验证,相关成果获得了1996年农业部科技进步二等奖和1999年国家科技进步三等奖。同时成功开发了配套的仪器设备,建立了处于国际领先水平的数据自动采集系统和施肥推荐系统。可为150种植物提供施肥推荐。相关技术在2005年开始启动的全国测土配方施肥行动中发挥着重要作用。应用该项技术,可以快速准确地测定土壤中各种作物必需的大、中、微量营养元素的速效含量,判断出土壤中存在的和潜在的各种养分限制因子,根据作物的需求,提出适宜的施肥推荐和肥料配方,保证作物高产优质,保证肥料的科学合理应用。

自1988年的《国际平衡施肥学术讨论会》,到现在18年过去了,现在平衡施肥的理念已经逐渐地深入人心,在政府和技术部门的指导下,相应的平衡施肥技术也逐渐为技术人员和农民所接受和掌握,总体上施肥不平衡的状况有了很大改善。一改过去只重视氮肥或者氮磷肥施用的习惯,各地均开始根据当地土壤和作物的特点,重视钾肥以及中、微量元素肥料的施用。各地根据土壤和作物情况因地制宜生产出的当地作物专用肥也从宏观尺度上推动了肥料的科学施用。

但是,我国农业人口众多,农村教育相对落后,土地面积小,经营分散等特点决定了在我国真正实现平衡施肥是一项长期的任务。在不同地区和不同经营方式下还存在着施肥不平衡的现象,尤其是在高度集约化经营的地区和作物上。平衡施肥任重道远。结合我国当前情况,推动平衡施肥要注意处理好几个关系:

1. 各种营养元素之间的平衡:这是通常所指的平衡施肥,即上面所提到的按照作物的需求和土壤供应各种养分的能力确定各种养分肥料的施用量和比例。这是平衡施肥最基本的原则,在集约化程度

高、高投入高产出的生产体系中尤其重要；

2. 作物营养状况与水分、温度等环境因素之间的平衡：作物营养状况，或作物对营养元素的吸收和利用不是独立进行的，而受水分、温度等环境因素的影响，与其他相应的栽培管理措施共同发挥作用。施肥或养分管理必须与整个种植管理措施紧密结合，才能充分发挥肥料的增产增收效益。

3. 充分利用一切可以利用的有机和无机肥料资源：有机肥和化肥都是重要的肥料资源，从植物营养的角度看，有机肥和化肥提供的养分的功能是一样的，植物也不可能区分哪些养分来自有机肥，哪些来自化肥，更不会有选择的吸收。有机肥还有提供有机质，改善土壤物理性状等作用。有机肥也有养分含量低，不便于长距离运输等缺点。正确的做法应该是充分利用一些可以利用的有机肥资源，变废为宝，培肥地力，减轻环境压力。在此基础上通过化肥的施用保证养分足量供应和养分平衡。

4. 根据土壤肥力和作物效益的具体情况，因地制宜地制定培肥地力和维持地力施肥的技术路线：培育肥沃健康的农田是土壤管理的长期目标，也是农业可持续发展的基础。对于土壤肥力低，通过施肥有较大增产潜力的农田，应该制定培肥地力的施肥方案，使土壤中缺乏的养分通过施肥在土壤中有适当的积累；如果土壤某种养分含量已经较高，进一步增施该种元素已经没有明显的增产效果，应该制定相应的维持地力的施肥方案，通过施肥只补充作物收获移走的部分，维持土壤在较高的肥力水平上。当然，选择培肥地力或维持地力施肥的路线还要受到相应的经济社会条件的影响。

综上所述，平衡施肥是培肥地力和提高肥料利用效率的关键，涉及到耕地资源利用、作物栽培、土壤管理、环境控制等领域，同时受经济条件和社会环境因素的制约。我们必须充分掌握平衡施肥有关的技术，了解相关的影响因素，制定正确的技术路线，通过平衡施肥实现肥料资源的高效利用和农业的持续发展。

上接 24 页。

表 5 不同养分管理对水稻施 K 与 K 吸收间平衡的影响

试验处理	谷粒产量 公斤/亩	茎秆产量 公斤/亩	含 K 量 (%)		K 吸收量 公斤/亩	K 投入量 公斤/亩	K 肥利用率 %
			谷粒	茎秆			
1. OPT(N2P2K2)	837.9	795.7	0.205	1.112	10.6	12.0	38.77
2. OPT-N	610.8	563.4	0.2	1.108	7.5	12.0	12.92
3. OPT-P	637.1	616.5	0.197	1.045	7.7	12.0	14.86
4. OPT-K	625.4	634.8	0.155	0.779	5.9	0.0	0
5. N1P2K2	758.8	676.2	0.193	0.981	8.1	12.0	18.20
6. N3P2K2	805.8	789.0	0.191	1.145	10.6	12.0	38.82
7. N2P1K2	768.8	763.9	0.169	1.114	9.8	12.0	32.46
8. N2P3K2	807.9	789.1	0.19	1.127	10.4	12.0	37.62
9. N2P2K1	742.5	712.1	0.161	1.104	9.1	8.0	39.29
10. N2P2K3	843.3	800.1	0.248	1.121	11.1	16.0	32.17



## 苹果树体钾素含量和累积量年周期变化研究

同延安, 樊红柱, 赵营, 刘汝亮

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 以“富士”苹果树为试材, 对树体生物量和各器官钾含量及钾累积动态进行了研究, 确定果树钾素吸收、转运和分配规律, 为合理施肥提供依据。结果表明, 从3月26日到9月21日, 果树生长较快, 果实采收后生长趋于缓慢; 7月30日以后根系快速生长; 植株及其地上部钾累积量7月30日最大, 根系钾累积量年周期内基本不变; 早春树体器官建造主要利用贮藏的钾素, 同时钾素的分配随生长中心的转移而转移; 中后期果树生长所需的钾主要依靠根系从土壤中吸收; 年周期内果树吸钾量为5.81公斤/亩, 果实和叶片共带走3.75公斤/亩的钾, 从3月26日到7月30日, 吸收为3.64公斤/亩, 占吸收总量的62.72%, 果实采收后至次年1月15日, 吸收量为2.17公斤/亩, 占37.28%。

**关键词:** 苹果树; 器官; 钾素营养; 年周期变化

黄土高原是我国优质苹果的产区, 也是旱地苹果栽培的典型地区<sup>[1]</sup>。近年来陕西苹果产业发展非常迅速, 栽植面积达639万亩, 产量600万吨, 产量约占全国总产的27%、世界的10%, 苹果面积、产量实现全国第一<sup>[2]</sup>。钾是植物所需的重要营养元素之一, 也是苹果产量形成、品质提高的物质基础<sup>[3-4]</sup>。果树钾素营养研究多集中在施肥与产量和品质的关系方面<sup>[5-6]</sup>。关于钾在果树中的吸收、转运以及分配也有过不少的报道<sup>[7-8]</sup>, 但多数研究倾向于定性分析, 定量分析的研究则较少。因此, 本试验通过对富士苹果树体各器官生物量、钾含量和钾累积年周期变化的定量研究, 确定果树的钾素养分吸收与利用规律, 为果树合理施肥提供科学依据。

### 一、材料与方 法

#### 1.1 试验地区概况

试材选自陕西苹果优生区岐山县扣村。果园中心位于东经107°34′45″, 北纬34°28′25″。该区属暖温带半湿润气候, 多年平均降水量631.5毫米, 平均气温11.9℃。供试品种为9年树龄的红富士, 砧木为八棱海棠 (*M. micromalus. Makino*), 株行距2米×3米, 土质为壤土, 地势平坦, 可灌溉。土壤碱解氮为41.45毫克/公斤、速效磷为13.01毫克/公斤、速效钾为174.23毫克/公斤、pH值为8.46、有机质为1.15%。当年每株基施纯氮、磷、钾依次分别为381、50和45克。

#### 1.2 研究方法

本试验于2004~2005年进行。每次采样在园中选择三株长势基本一致、无病虫害、结果正常的苹果树, 分别于2004年的03-26(萌芽展叶期)、04-30(幼果期)、07-30(果实膨大期)、09-21(成熟期)、2005年的01-15(休眠期)进行采样。每次采样方法相同, 即按果实、叶片、新梢、枝、干和根系采样; 收集距主干半径100厘米范围内, 深0~100厘米坑中所有根; 每次称量各器官

总鲜重。

### 1.3 测定项目与分析方法

样品在 100~105 °C 温度下杀酶 15 分钟, 然后在 70~80 °C 温度下烘干至恒重。样品粉碎后, 用  $H_2SO_4 - H_2O_2$  消解, 火焰分光光度计测定钾含量。钾积累量(克) = 器官生物量 × 钾含量; 每亩果园钾积累量(公斤/亩) = 整株钾积累量 × 111/1000; 数据采用 EXCEL 和 DPS 软件统计分析。

## 二、结果与分析

### 2.1 苹果树体生物量和钾积累年周期变化

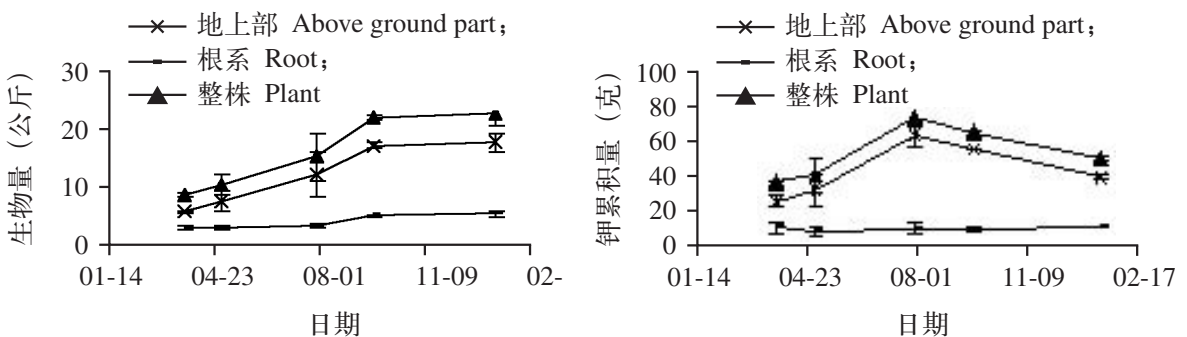


图 1 苹果树生物量和钾积累周年变化

由图 1 可知, 苹果树体生物量随物候期的进展呈增加趋势。从 03 - 26~04 - 30, 整株生物量维持在 8.5~10.2 公斤; 自 04 - 30~09 - 21, 由于果实、叶片和新梢的生长, 使整株生物量迅速增加, 到 09 - 21, 果树生物量达 21.8 公斤; 09 - 21~01 - 15, 整株生物量变化很小, 变化范围为 21.8~22.7 公斤。苹果树地上部的生物量与整株的生物量有相似的动态变化规律。年周期内根系生物量为 2.9~5.2 公斤, 从 03 - 26~07 - 30, 根系生物量几乎没有增加, 其快速生长出现在 07 - 30 以后。

由图 1 还可知, 整株中钾积累量于 07 - 30 增至最大, 随后降低。从 03 - 26~04 - 30, 整株中钾积累量从 35.8 克增加到 39.7 克, 增加幅度为 11%; 04 - 30~07 - 30, 整株中钾积累量大幅度增加, 与 04 - 30 相比, 到 07 - 30 钾积累量增加了 83%, 达 72.6 克, 说明在此期间根系吸收大量的钾素养分; 07 - 30~09 - 21, 钾积累量降低幅度为 12%, 可能是由于叶片分泌物带走一定量的钾素; 自 09 - 21~01 - 15, 整株中钾积累量呈下降趋势, 但 01 - 15 如果将果实和树叶带走的钾量包括在内, 整株钾积累量则增加, 增加幅度为 31%, 说明果实采收后根系仍继续吸收一定的钾素养分。苹果树地上部钾积累与整株的变化规律基本一致。而根系中钾积累量年周期内趋于平稳, 为 8.1~10.8 克。由以上研究结果可知, 年周期内苹果树吸收钾素养分主要有 2 个阶段, (1) 幼果期, (2) 果实采收后。

## 2.2 苹果树体不同器官钾含量与累积季节性变化

### 2.2.1 不同器官钾含量变化

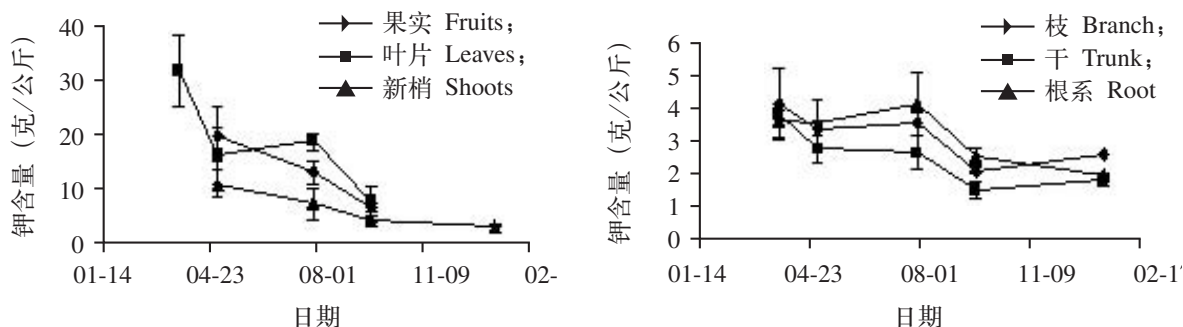


图2 苹果树体不同器官钾含量动态变化

从图2知,果树新生器官(果实、叶片和新梢)中钾含量表现出前期较高,中后期较低的变化趋势,说明其生物量的增加量超过钾累积量。04-30果实中钾含量最高,达19.8克/公斤;果实钾含量随果实生长发育而降低,与04-30相比,果实成熟采收时钾含量下降了68%。叶片中钾含量早春最高,为31.4克/公斤;09-21最低,达7.6克/公斤;04-30~07-30稍有增加。新梢中钾含量随物候期的进展而降低,年周期内新梢中钾含量为3.1~10.6克/公斤。

由图2还可知,03-26枝中钾含量年周期内最高,达4.1克/公斤,之后迅速下降,至04-30,下降到3.4克/公斤,降低了19%,说明早春根系从土壤中吸收少量的钾,树体生长主要利用上年贮藏钾素的转移。04-30~07-30,枝中钾含量趋于平稳;随后枝中钾含量逐渐下降,到果实采收时,其钾含量降低了42%。09-21~01-15枝中钾含量开始逐渐增加,与09-21相比,到次年01-15,枝中钾含量增加了25%。树干中钾含量与枝中钾含量有相似的动态变化规律。03-26~04-30,根系中钾含量基本不变;自04-30~07-30,根系钾含量呈增加趋势;07-30~09-21,根系钾含量迅速下降;09-21~01-15,根系中钾含量缓慢降低。

### 2.2.2 不同器官钾累积变化

由表1可知,年周期内苹果树体中钾累积量变化可分为以下4个阶段。

(1) 03-26~04-30,整株中钾累积量变化很小,枝、干和根系中钾累积量均有不同程度的下降,分别降低了36%、11%和18%,而叶片钾累积量从1.00克增加到11.42克,表明叶片是这一时期的生长中心,同时说明此阶段根系从土壤中吸收较少的钾,不同器官间钾素累积的差异是贮藏养分重新分配的结果,这与Tagliavini等<sup>[9]</sup>在油桃上的试验结果一致。这一阶段根系吸收较少的钾素养分,可能一方面是由于土壤温度恢复较慢,低温下根系活力不高,另一方面是由于春季干旱,土壤水分缺乏,限制了土壤养分的有效性及其根系对养分的吸收能力。

(2) 自04-30~07-30,整株钾累积量从39.75克增加到72.58克,表明果树从土壤中吸收了大量的钾。不同器官中钾累积量明显增加,其中果实与新梢增加较多,分别增加1224%和160%,叶片钾累积量增加了104%,而根系钾累积量仅增加了21%,说明根系从土壤中吸收的钾运输到地上部

的果实、叶片和新梢。

(3) 07-30~09-21, 整株钾积累量从 72.58 克下降到 63.92 克, 可能的原因是叶片分泌物带走一定量的钾素。果实中钾积累量从 11.65 克增加到 23.44 克, 增加了 101%, 其余器官钾积累量均有不同程度的降低, 表明果实迅速膨大需要利用大量的钾素营养。所以果实膨大前适当的追施钾肥对提高苹果产量、改善品质有较大的影响。

(4) 09-21~01-15, 整株钾积累量从 63.92 克下降到 49.65 克, 但次年 01-15 整株中钾积累量没有包括果实采收时带走的 23.44 克钾, 以及果实成熟时叶片钾积累量 10.34 克。事实上整株钾积累量从 63.92 克增加到 83.43 克, 说明在果实采收后根系仍继续吸收一定的钾素养分。随着养分回流, 树体钾积累量明显增加。休眠期枝、干和根系中钾积累量分别占贮藏总量的 46%、25% 和 22%, 表明休眠期养分主要贮藏在枝、干和根系, 这与国内外多数研究结果一致<sup>[10-12]</sup>。

表 1 苹果树不同器官钾积累量统计

日期	钾积累量 (克)							合计 (公斤/亩)
	果实	叶片	新梢	枝	干	根系	整株	
03-26	—	1.00 ± 0.20	—	15.33 ± 3.93	9.46 ± 0.38	10.00 ± 2.89	35.79 ± 0.86	3.97
04-30	0.88 ± 0.26	11.42 ± 4.79	1.08 ± 0.25	9.74 ± 3.94	8.44 ± 3.05	8.19 ± 2.43	39.75 ± 0.55	4.41
07-30	11.65 ± 2.91	23.33 ± 3.05	2.81 ± 2.31	12.86 ± 1.94	12.02 ± 3.75	9.91 ± 2.96	72.58 ± 5.75	8.06
09-21	23.44 ± 3.90	10.34 ± 2.48	2.19 ± 0.35	10.93 ± 0.72	7.80 ± 2.20	9.22 ± 0.32	63.92 ± 1.63	7.10
01-15	—	—	3.56 ± 1.24	22.79 ± 0.65	12.46 ± 0.46	10.84 ± 0.32	49.65 ± 1.38	5.51

注: 表中数据为三株树的平均值。

### 2.3 施肥管理

由表 1 可知, 自 03-26~04-30, 果树钾积累量从 3.97 公斤/亩增加到 4.41 公斤/亩, 但枝、干和根系中钾积累量都下降, 表明此期根系从土壤吸收较少的钾, 果树生长主要利用上年各器官贮藏钾的转移; 04-30~07-30, 果树钾积累量从 4.41 公斤/亩增加到 8.06 公斤/亩, 所以此期果树吸收大量的钾素养分才能满足其生长发育, 吸收量为 3.64 公斤/亩; 07-30~09-21, 果树钾积累量稍有下降; 09-21~01-15, 果树钾积累量从 7.10 公斤/亩下降到 5.51 公斤/亩, 但果实和树叶分别带走 2.60 公斤/亩与 1.15 公斤/亩的钾, 所以实际上果树钾积累量从 7.10 公斤/公顷增加到 9.26 公斤/公顷, 表明根系继续吸收钾素养分, 吸收量为 2.17 公斤/亩。从以上研究结果可知, 年周期内果树吸收钾素总量为 5.81 公斤/亩, 幼果期吸收 3.64 公斤/亩, 占吸收总量的 62.7%, 秋季吸收 2.17 公斤/亩, 占吸收总量的 37.3%。

## 三、讨论

苹果树不同时期生物量的变化与养分状况有密切的关系。本研究结果表明, 自 03-26~09-21, 果树地上部及整株生长较快, 果实采收后生长趋于缓慢; 而根系快速生长出现在 7 月 30 日以后, 这与樊巍等<sup>[13]</sup>的研究结果一致。地上部和整株中钾积累量先增加, 后降低, 根系钾积累量年周期内趋于平稳。早春果树器官建造主要利用树体贮藏的钾素养分, 树体中钾素的分配随生长中心的转移而转移, 中



后期果树生长主要依靠根系当年从土壤中吸收的钾，休眠期养分主要贮藏在枝干和根系。这与顾曼如等<sup>[14]</sup>对苹果氮素研究结果一致。研究还表明，年周期内果树吸收钾素总量为 5.81 公斤/亩，幼果期吸收 3.64 公斤/亩，秋季吸收 2.17 公斤/亩。

养分的吸收贮藏会影响树体当年和以后几年的生长和发育，Weinbaum 等<sup>[15]</sup>研究表明，树体中贮存的养分重复利用可有较长的时间，这一点在果园生产管理中必须要考虑。苹果园钾肥的施用以底肥为辅，追肥为主，重施中期肥，才能有效的提高钾肥的利用率。

#### 参考文献

- [1] 邓熙时,史联让,安贵阳,等.早原地区苹果叶营养水平研究[J].果树学报,1995,12(3):168 – 170.
- [2] <http://www.bjbbc.com/news/show.php?id=8096>
- [3] 徐爱春,李保国,齐国辉.苹果矿质营养研究进展[J].河北林果研究,2003,18(4):368 – 376.适适
- [4] 薛志勇.苹果树栽培中的钾素营养[J].河北果树,2003(1):37.
- [5] 何忠俊,张广林,张国武,等.钾对黄土区猕猴桃产量和品质的影响[J].果树学报,2002,19(3):163 – 166.
- [6] Mangain S, Verma E, Kumar J. Relationship between fruit yield and foliar and soil nutrient status in apple[J]. India Journal of Horticulture, 1997, 55(3):226 – 231.
- [7] 薛进军,杨青琴,王秀茹,等.铁及其它矿质元素在苹果树不同器官中的分布[J].广西农业生物科学, 2003,22(1):16 – 20.
- [8] 樊小林,黄彩龙,Juhani U,等.荔枝年周期内 N、P、K 营养动态规律与施肥管理体系[J].果树学报,2004,21(6):548 – 551.
- [9] Tagliavini M, Millard P, Quartieri M. Storage of foliarabsorbed nitrogen and remobilization for spring growth in young nectarine (*Prunus persica* var. *nectarina*) trees [J]. Tree physiology, 1998, 18: 203.
- [10] 牛锦凤,平吉成,李国.果树体内贮存氮的研究进展[J].农业科学研究,2005,26(2):71 – 75
- [11] Dong S, Cheng L, Scagel C F. Nitrogen absorption, translocation and distribution from urea applied in autumn to leaves of young potted apple (*Malus domestica*) trees [J]. Tree physiology, 2002, 22:1305.适
- [12] Grassi G, Millard P, Goacchini P. Recycling of nitrogen in the xylem of *Prunus avium* trees starts when spring remobilization of internal reserves declines [J]. Tree physiology, 2003, 23:1061.
- [13] 樊巍,卢琦,高喜荣.果农复合系统根系分布格局与生长动态研究[J].生态学报,1999,19(6):860 – 863.
- [14] 顾曼如,束怀瑞,周宏伟.苹果氮素营养研究IV.贮藏 15N 的转运、分配特性[J].园艺学报,1986, 13(1):25 – 30.
- [15] Weinbaum S A, Klein I, Muraoka T T. Use of nitrogen isotopes and a light-textured soil to assess annual contribution of nitrogen from soil and storage pools in mature almond trees[J]. Soc Horti Sci, 1983,112: 526.

(图见 12 页)



## 适宜的N与K比例对膜下滴灌长绒棉产量和品质的影响

张炎<sup>1</sup> 侯秀玲<sup>1,2</sup> 王晓静<sup>1,2</sup> 李磐<sup>1</sup>

(1. 新疆农业科学院土壤肥料研究所, 乌鲁木齐 830000;  
2. 新疆农业大学资源环境学院, 乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 通过连续两年的田间试验, 对南疆膜下滴灌棉田优化氮/钾比处理和传统氮/钾比处理以及不施氮处理的海岛棉产量和纤维品质进行比较。结果表明: 在施钾肥情况下, 施氮显著增加棉花产量, 优化处理在保持棉花产量与传统处理持平的情况下, 较传统处理节约氮肥用量 11.69%, 经济效益高 42.55 元/亩, 增加单铃重 0.08-0.26 克, 增加衣分含量 0.8-1.5%; 在棉花纤维品质方面, 一年优化处理与传统处理、不施肥处理差别不大, 但两年连续优化的处理与传统处理相比, 能显著提高纤维长度和比强度, 并保证马克隆值在最优级的范围内。

**关键词:** 优化施肥; 长绒棉; 膜下滴灌; 产量; 纤维品质

自 20 世纪 90 年代以来, 新疆棉花因其原棉品级高、色泽白、纤维长得到迅猛发展, 近几年, 新疆棉花总产量一直保持在 150 万吨以上, 占全国产量约 1/3, 占全球产量 8% 左右, 2005 年新疆皮棉总产为 189 万吨, 面积为 1747 万亩, 单产为 108.2 公斤/亩, 实现新疆单产、总产、面积创新纪录。

据国家“九五”棉花科技攻关项目研究, 施用化肥增加的棉花产量占棉花单产的 33.5-56.1%, 其中氮肥是棉花生产的主要养分限制因子之一<sup>[1]</sup>。生产中农民为了追求高产, 往往盲目增加氮肥用量, 尤其是高产地区棉花氮肥施用量有不断加大的趋势<sup>[2]</sup>。而近年来的试验结果表明, 施氮量在 20 公斤/亩以上时, 氮肥的增产效果已经不再显著<sup>[3]</sup>。也有研究表明氮素供应过多还会引起纤维品质向劣质化转变<sup>[4]</sup>。以往试验多以陆地棉为研究对象, 而新疆作为我国唯一的长绒棉(海岛棉, *G.barbadens* L)产区, 自 50 年代初试种长绒棉以来, 有了很大发展, 目前已成为我国长绒棉的重要生产基地, 因此, 开展氮肥和钾肥管理与长绒棉产量和品质的关系的研究对长绒棉的优质高产具有重要意义。

## 一、材料与方 法

### 1.1 试验区概况

试验于 2004-2005 年安排在新疆阿瓦提县丰收三场九连, 试验区年平均降雨量为 61.2 毫米, 年平均蒸发量为 2337.4 毫米, 光照充足, 热量丰富, 年均日照时数 2778h,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温 4252.2 $^{\circ}\text{C}$ , 无霜期 205 天。

### 1.2 试验材料

试验地前茬作物为棉花, 供试土壤为砂壤质潮土, 0-90 厘米土层土壤养分状况见表 1

表 1 供试土壤 0-20 厘米土层养分状况

深度 厘米	pH 值	有机质 (克/公斤)	全氮 (克/公斤)	硝态氮 (毫克/公斤)	有效磷 (毫克/公斤)	有效钾 (毫克/公斤)
0~30	8.15	10.3	0.243	37.9	40.4	123.5
30~60	8.31	6.7	0.397	10.9	1.7	121.0
60~90	8.45	5.3	0.243	32.8	1.5	138.5

供试作物为长绒棉，2004 年品种为新海 21，2005 年品种为新海 14。种植模式为超宽膜覆盖高密度种植，株距为 11.5 厘米，播幅内宽、窄行距配置为 11+48+11+55+11+48+11+55=250 厘米，理论株数为 18550 株/亩。

试验用肥料：氮肥为尿素 (N46%)，磷肥为三料磷肥 ( $P_2O_5$ 46%)，钾肥为氯化钾 ( $K_2O$ 60%)。

## 1.2 试验设计

试验为两年定位，设 3 个处理，2004 年分别为不施氮处理、优化施肥处理 (氮/钾比为 2.54) 和传统施肥处理 (氮/钾比为 4.02)。2005 年分别为不施氮、氮钾比 2.83、氮钾比 3.21 三个处理。优化处理施氮总量是根据文献报道、多年氮肥试验结果、氮肥用量与棉花产量之间的关系以及棉花生长发育特点确定的，基肥施氮量是根据反射仪测定土壤  $NO_3-N$  值确定的，其中，2005 年优化处理的第一次追肥是根据 2004 年反射仪测定土壤  $NO_3-N$  与棉花产量之间的关系得出的。传统处理是根据该地区农民普遍施肥量确定的。所有处理均按  $P_2O_5$ 9.2 公斤/亩、 $K_2O$ 4.8kg/亩施入三料磷肥和氯化钾，与基施尿素 (氮肥) 混匀后于播前撒施翻入土壤。其余氮肥在棉花初花-花铃期分 5-6 次经施肥罐随水追施滴入小区，各处理施氮量见表 2。所有处理生育期灌水量相同共 186 立方米/亩，分 8 次灌入，灌溉方式为滴灌。试验采用随机区组顺序排列，各处理重复 4 次，小区面积 12.5 米 × 5.00 米 = 72.5 平方米。

表 2 长绒棉不同生育期各处理氮肥用量 公斤/亩

处理	总量 N	基肥 N	追 N 量					
			第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
2004 不施氮 No.N	0	0	0	0	0	0	0	~
优化施氮 Opt.N	12.2	0	1.20	2.30	3.90	3.30	1.50	~
传统施氮 Con.N	19.3	9.20	1.84	2.76	1.84	1.84	1.84	~
2005 不施氮 No.N	0	0	0	0	0	0	0	0
优化施氮 Opt.N	13.6	0	0	2.25	4.68	3.95	2.10	0.60
传统施氮 Con.N	15.4	6.92	2.30	1.84	1.84	1.84	0	0.67

注：各处理  $P_2O_5$  9.2 公斤/亩、 $K_2O$  4.8 kg/亩，基肥一次施入。

## 1.3 数据采集及分析

### 1.3.1 产量及产量结构的测定

产量测定于 8 月底 9 月初进行，每小区测产区面积为  $4 \times 2.55$  (1 膜) = 10.2 平方米，记录各处理小区单株铃数和单位面积株数。同时于 9 月初至 10 月中下旬分 3 次采集每小区下、中、上部完全吐絮棉桃 30、40、30 朵，测定单铃重、衣分，最后计算产量。

### 1.3.2 棉纤维品质分析

将各小区用于测定衣分的棉纤维混匀后送农业部农产品质量监督检验测试中心(乌鲁木齐),依据 ASTM D5867-95《HVI900 大容量纤维测试仪试验方法》测试棉纤维 5 指标。

## 二、结果与分析

### 2.1 不同氮/钾比管理对长绒棉产量和经济效益的影响

表 3 不同氮肥管理对长绒棉产量及产量结构的影响

年份	处理	单株铃数 (个)	单铃重 (克)	衣分 (%)	籽棉 (公斤/亩)		皮棉 (公斤/亩)	
2004	不施氮 No.N	7.1a	2.8a	33.2a	303.9	Bb	100.6	Bb
	优化施氮 Opt.N	7.5a	2.8a	33.6a	348.3	Aa	115.5	Aa
	传统施氮 Con.N	7.3a	2.9a	33.7a	355.5	Aa	119.9	Aa
2005	不施氮 No.N	5.5Bb	2.5b	33.8a	215.2	Bb	72.8	Bb
	优化施氮 Opt.N	5.7Bb	2.7a	33.9a	239.5	ABa	81.1	Aa
	传统施氮 Con.N	6.3Aa	2.5b	32.2b	247.9	Aa	79.7	ABa

注:大写字母为通过 0.01 显著性检验,小写字母代为通过 0.05 显著性检验,下同。

两年的试验显示了相同的趋势(表 3),即优化施氮处理虽然显著减少了施氮量,但产量却与常规处理差异不显著;而施氮处理的长绒棉产量显著高于不施氮处理。2004 年优化施氮处理的产量较传统处理产量平均低 3.67%,节约氮肥用量 36.79%,若按 2004 年长绒棉平均价格 18.1 元/公斤,氮肥(N) 3.3 元/公斤计,则优化处理比传统处理经济效益低 56.2 元/亩;为此我们对 2005 年的优化氮肥用量进行了调整,降低了氮/钾比,2005 年优化施氮处理的产量较传统处理产量平均高 1.88%,氮肥用量较传统处理节约 11.69%,按 2005 年长绒棉平均价格 23.6 元/公斤,氮肥(N) 4.02 元/公斤计,则优化处理较传统处理经济效益高 42.6 元/亩。从两年定位试验产量结果可以看出,2005 年棉花产量低于 2004 年,主要是由于 2005 年 5 月 15 日试验区受到一场毁灭性的冰雹灾害,造成棉花重播错过适播期,因此,棉花产量较低。

### 2.2 不同氮/钾比管理对长绒棉产量构成因素的影响

由表 3 可知,2004 年优化处理的长绒棉产量构成因素与传统处理间无差异,而 2005 年优化处理的单铃重和衣分显著优于传统处理,分别增加 0.08-0.26g 和 0.8-1.5%,这与过去农民习惯施氮量偏高,氮钾比高,造成土壤供氮能力较高,氮钾不平衡有关。同时可以看出,2005 年优化处理的单铃重显著大于不施氮处理和传统处理,长绒棉在 7 月上旬开花形成的棉铃最多,7 月下旬开花形成的棉铃单铃重较高<sup>①</sup>,优化处理在这个时期追施的氮肥满足了长绒棉营养生长与生殖生长并进所需要的氮素营养,有利于棉铃积累蛋白质和可溶性糖等营养物质,而传统处理在棉花生长的前期用量偏重,在棉铃形成时期又不能满足其对氮素的需求,这与张旺锋等<sup>②</sup>的研究结果一致。衣分含量则随氮肥用量增加而减小,但优化处理能够保持与不施氮处理相同的衣分含量。

### 2.3 不同氮/钾比管理对长绒棉纤维品质的影响

纤维品质分析表明(表4),优化施肥能够获得与传统施肥相同或更优的综合棉花纤维品质,不施氮对棉花纤维品质有一定程度的影响。试验结果表明:施氮能够增加棉纤维长度和比强度;与传统处理相比,两年的优化氮肥管理能够显著提高纤维长度和比强度,并确保马克隆值处于最优的品质范围内,但对伸长率和整齐度无影响,由于7月中下旬是棉纤维品质中纤维长度与比强形成的关键时期<sup>[6]</sup>,优化处理在这一时期供氮充足,有利于提高棉纤维的品质,这与陈建平<sup>[7]</sup>得出的氮肥对棉花品质的影响结果一致,但与胡尚钦<sup>[8]</sup>的研究略有不同,其原因与棉花品种以及定位年限有关。对两年试验纤维品质进行比较可以看出,2005年的综合纤维品质均优于2004年,可能是受棉花栽培品种和两年天气情况差别较大的影响。

表4 施肥对长绒棉纤维品质的影响

年份	处理	马克隆值	长度 (毫米)	整齐度 (%)	比强度 (cN/tex)	伸长率 (%)
2004	不施氮 No.N	4.27 ± 0.12a	29.57 ± 0.38B	84.43 ± 0.35a	25.33 ± 0.21a	7.93 ± 0.06a
	优化施氮 Opt.N	4.10 ± 0.10a	29.90 ± 0.10AB	84.27 ± 0.78a	24.77 ± 0.40a	7.87 ± 0.32a
	传统施氮 Con.N	4.13 ± 0.06a	30.40 ± 0.30A	84.53 ± 0.42a	25.10 ± 0.87a	7.90 ± 0.26a
2005	不施氮 No.N	3.81 ± 0.09ab	37.59 ± 0.13b	89.20 ± 0.26a	37.97 ± 1.46b	9.27 ± 0.81a
	优化施氮 Opt.N	3.90 ± 0.16a	38.01 ± 0.29a	89.70 ± 0.61a	40.37 ± 1.47a	9.10 ± 0.44a
	传统施氮 Con.N	3.63 ± 0.03b	37.81 ± 0.10ab	89.20 ± 0.70a	40.17 ± 0.64a	8.45 ± 0.29a

## 三、小结

3.1 通过2004年和2005年农民的氮肥用量变化可知,农民也在逐渐改变施氮量越高产量越高的思想,而且正在接受并推行平衡施肥。但这种施肥方式的推行程度与当地县乡级领导干部对平衡施肥的认识有较大关系。

3.2 由土壤硝态氮监测和平衡施肥技术得出的优化施肥管理,获得了与传统施肥管理持平或更高的产量,并且节约氮肥用量。两年优化处理较传统处理增加单铃重0.08-0.26克,增加衣分含量0.8-1.5%;较传统处理节约氮肥用量11.69%,经济效益高42.6元/亩。

3.3 施氮显著增加棉花产量,优化氮/钾比管理主要通过增加棉花单铃重来实现棉花产量的提高。衣分含量则随氮肥用量增加而减小,但优化氮/钾比管理能够使棉花的衣分含量与不施氮处理保持一致。

3.4 优化氮肥和氮/钾比管理能够提高棉纤维长度和比强度,并保证马克隆值保持在较优的范围内,但是,氮肥对棉纤维的整齐度和伸长率无影响。

### 参考文献

- [1] 张炎,王讲利,毛端明等.新疆棉花平衡施肥技术发展现状[J].土壤肥料,2003(4):7~10.
- [2] 闵有信,陈学智,朱继鸿等.肥料投入攀升之风不应再长——再论地膜棉高产施肥原理[J].塔里木农垦大学学报,1997,9(1):10~15.
- [3] 张炎,王讲利,毛端明等.新疆主要棉区棉花肥料效应的研究[J].中国棉花,2003,30(11):

22~25.

[4] 汤庆峰、文启凯、田长彦等. 棉花纤维品质的形成机理及影响因子研究进展[J]. 新疆农业科学, 2003, 40(4): 206~210.

[5] 丁胜,王献礼,屈喜军. 海岛棉经济性状变化的一些规律探讨[J]. 中国棉花, 2001, 28(27): 12~14.

[6] 张旺锋,王振林,余松烈等. 氮肥对新疆棉花高产棉花群体光合性能和产量形成的影响[J]. 作物学报, 2002, 18(6): 789~796.

[7] 陈建平,顾双平,刘伟仲. 氮肥与化控配合应用对棉花产量和品质的影响[J]. 棉花学报, 1993, 5(2): 49~54.

[8] 胡尚钦,杨晓,唐时嘉等. 紫色土施氮磷钾对棉花纤维品质的影响[J]. 山地研究, 1996, 14(增刊): 41~44.

上接7页:



平衡施肥示范园



果树取样



## 平衡施肥对优质大豆产量和品质的影响

谢佳贵 张宽 王立春 王秀芳 尹彩侠 张国辉 侯云鹏  
吉林省农科院农业环境与资源研究中心 吉林 公主岭 136100

**摘要:** 在吉林省公主岭市刘房子镇黑土上进行的优质大豆平衡施肥试验结果表明:影响大豆高产的主要养分限制因子是K, N对优质大豆的粗脂肪含量影响最大, P对优质大豆的粗蛋白含量影响最大, 大豆平衡施肥不仅可以促进其生长发育, 显著提高产量, 而且还可以增加大豆籽粒中粗脂肪和粗蛋白含量。不施钾肥产量降低 10.6%, 不施氮肥粗脂肪含量降低 5.9%, 不施磷肥粗蛋白含量降低 6.28%。因此, 优质大豆施肥应重视氮磷钾的配合施用, 以达到高产、优质的目的。

**关键词:** 平衡施肥; 优质大豆; 产量; 品质

大豆是吉林省三大作物之一, 其种植面积仅次于玉米和水稻, 在 1000 万亩左右。近年来, 育种家们培育出了一批优质大豆新品种, 但人们对这些新品种大豆的化肥施用技术及施肥对其品质的影响还不十分清楚, 这严重制约了大豆产量和品质的进一步提高, 降低了我省大豆在国际市场上的竞争力。为此, 我们与加拿大钾磷研究所合作, 开展了平衡施肥对优质大豆产量和品质影响的研究, 以期吉林省优质大豆合理施肥提供理论依据。

### 一、材料与方方法

#### 1.1 试验材料

试验在公主岭市刘房子镇黑土上进行, 供试土壤有机质为 2.07%, 速效 N 为 181 毫克/公斤, 速效  $P_2O_5$  为 32.7 毫克/公斤, 速效  $K_2O$  为 160.0 毫克/公斤, pH 为 5.4。

供试大豆为高油品种吉育 54, 种植密度为 1.53 万株/亩, 4 月下旬播种, 9 月下旬收获。

供试氮肥为尿素(含 N 46%), 磷肥为重过磷酸钙(含  $P_2O_5$  46%), 钾肥为氯化钾(含氧化钾 60%)。施肥方法是在打垅时将全部化肥作底肥深施。

#### 1.2 试验处理与田间设计

试验设 5 个处理, 最佳处理为 OPT, 在 OPT 基础上设减素处理: 即 OPT -N、OPT -P、OPT -K, 同时设一 CK 无肥处理, 试验具体处理见表 1。试验小区面积为 20 平方米, 三次重复, 四行区, 区随机

表 1 平衡施肥对大豆产量与品质影响试验处理 (公斤/亩)

处理	N	$P_2O_5$	$K_2O$
无肥	0	0	0
OPT	4.3	4.6	4.0
OPT -N	0	4.6	4.0
OPT -P	4.3	0	4.0
OPT -K	4.3	4.6	0

排列, 试验区周边设有保护行。

### 1.3 样品采集与分析测定

试验田于春播施肥前取0-20厘米土样, 测定基本肥力。大豆成熟后, 在每个试验一代表重复内取代表性籽粒0.5公斤, 测定蛋白质和脂肪含量。

## 二、试验结果与分析

### 2.1 平衡施肥对优质大豆生长发育的影响

从表2可见, 平衡施肥对优质大豆生长发育有明显的促进作用。OPT与其它处理比较, 瘪粒数最少, 单株粒数、粒重和百粒重最高。与OPT相比, 无肥处理单株粒数减少26.6粒/株, 瘪粒数增加8粒/株, 粒重减少4.1克/株, 百粒重减少1.2克; 减氮处理单株粒数减少7.7粒/株, 瘪粒数增加12.3粒/株, 粒重减少2.2克/株, 百粒重减少0.8克; 减磷处理单株粒数减少7.7粒/株, 瘪粒数增加21.6粒/株, 粒重减少0.7克/株, 百粒重减少0.9克; 减钾处理单株粒数减少19.1粒/株, 瘪粒数增加6.3粒/株, 粒重减少2.5克/株, 百粒重减少0.7克。

表2 平衡施肥对大豆产量构成因素的影响

处理	粒数 (粒/株)	瘪粒数 (粒/株)	粒重 (克/株)	百粒重 (克)
OPT	139.2	9.7	23.0	19.2
无肥	112.6	17.7	18.9	18.0
OPT-N	131.5	22.0	20.8	18.4
OPT-P	131.5	31.3	22.3	18.3
OPT-K	120.1	16.0	20.5	18.5

### 2.2 平衡施肥对优质大豆产量的影响

从表3可见, 平衡施肥显著提高了优质大豆产量。与其它各处理比较, 平衡施肥产量最高, 差异达到显著或极显著水准。与OPT相比, 无肥处理减产15.4%, 减氮处理减产7%, 减磷处理减产7%, 减钾处理减产10.6%。由于大豆根瘤菌的固氮作用以及多年来施磷的后效作用, 减氮和减磷处理产量降低较少; 虽然土壤中含钾量较高, 但可能由于优质大豆对钾的需求量很高, 所以减钾处理产量降低最高。

### 2.3 平衡施肥对优质大豆品质的影响

从表4可见, 平衡施肥可提高优质大豆籽粒中粗脂肪和粗蛋白含量。与OPT相比, 减氮处理粗脂肪含量减少了5.9%, 粗蛋白含量减少了0.025%, 减磷处理粗脂肪含量减少了2.0%, 粗蛋白含量减少了6.28%, 减钾处理粗脂肪含量减少了0.9%, 粗蛋白含量减少了5.75%。可见, 氮是影响优质大豆粗脂肪含量的最重要养分因子, 磷是影响优质大豆粗蛋白含量的最重要养分因子。



表3 大豆平衡施肥试验产量结果

处理	产量 (公斤/亩)	比OPT减少 (公斤/亩)	比OPT减少 (%)	差异显著性	
				0.05	0.01
OPT	193.5	—	—	a	A
无肥	163.7	29.8	15.4	c	B
OPT-N	179.9	13.6	7.0	b	AB
OPT-P	180.0	13.5	7.0	b	AB
OPT-K	172.9	20.6	10.6	bc	B

表4 平衡施肥对优质大豆粗脂肪和粗蛋白含量的影响

处理	粗脂肪			粗蛋白		
	含量 (%)	比OPT减少 (%)	比OPT相对减少 (%)	含量 (%)	比OPT减少 (%)	比OPT相对减少 (%)
OPT	21.60	0	0	39.63	0	0
OPT-N	20.33	1.27	5.9	39.62	0.01	0.025
OPT-P	21.16	0.44	2.0	37.14	2.49	6.28
OPT-K	21.41	0.19	0.9	37.35	2.28	5.75

### 三、小结

平衡施肥对优质大豆生长发育有明显的促进作用。OPT与其它处理比较,瘪粒数最少,单株粒数、粒重和百粒重最高。

平衡施肥显著提高了优质大豆产量。与OPT相比,减钾处理减产10.6%,减氮和减磷处理均减产7%。钾是影响优质大豆高产的最主要养分因子,氮和磷次之。

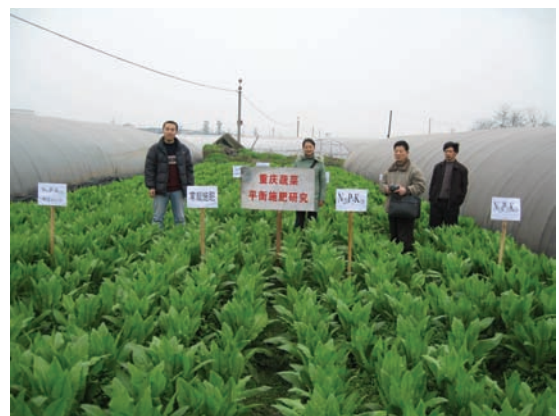
平衡施肥可提高优质大豆籽粒中粗脂肪和粗蛋白含量。与OPT相比,减氮处理粗脂肪含量降低幅度最高为5.9%,减磷处理粗蛋白含量降低最高为6.28%。由此得出,氮是影响优质大豆粗脂肪含量的最重要养分因子,磷是影响优质大豆粗蛋白含量的最重要养分因子。



### 参考文献

- [1] 郭庆元等, 大豆高产优质施肥研究与应用. 中国农学通报, 2003, 19 (3) 89-96
- [2] 刘凯 徐美峰, 调整种植结构 发展大豆生产. 农业科技管理, 2000, (6) 8-9
- [3] 邱强等, 吉林省中部优质高产大豆品种的筛选. 吉林农业科学, 2005, 30 (4) 12-14

上接 29 页:





## 黑土大豆钾肥适宜用量试验研究

刘颖 李玉影 刘双全

黑龙江省农科院土肥所，哈尔滨，150086

**摘要** 本试验对黑龙江省海伦市黑土大豆钾肥适宜用量进行了研究。结果表明：小区试验钾的适宜用量为  $K_2O$  2.5 – 5.0 公斤/亩。示范试验施  $K_2O$  5.0 公斤/亩，大豆平均增产 12.3 公斤/亩，平均增产 8.7%，平均增收 14.5 元/亩。

**关键词**：大豆；钾肥用量

### 一、试验目的

黑龙江省现有耕地 1.73 亿亩，其中大豆种植面积约为 4500 万亩。海伦市地处黑龙江省第三积温带下限，第四积温带上限，靠小兴安岭西麓，北纬  $46^{\circ} 58'$  至  $47^{\circ} 2'$ ，东经  $126^{\circ} 14'$  至  $127^{\circ} 45'$ 。全市从东北到西南距离最长，约 150 公里。平均海拔高 200 米左右。全年日照时数 2600-2800 小时， $\geq 10^{\circ}C$  积温 2300-2600 $^{\circ}C$ ，无霜期 110-125 天。全年降水 500-600 毫米，多集中在 6、7、8 三个月，雨热同期，非常有利于大豆生长发育。全市为黑土地带，黑色土层深厚，占总耕地面积 81%；水分、养分条件好，且耕地中坡度小于 3 度的占 95%。

海伦市现有耕地 376 万亩，年播种大豆 150 万亩左右，是全国优质大豆之乡、优质大豆生产基地。因此，开展大豆钾肥适宜用量的研究具有代表性。黑龙江省大豆主产区土壤普遍存在氮、磷相对丰富，而钾不足的现象。本试验旨在明确海伦大豆产区钾肥的适宜用量，为增加农民收入做出贡献。

### 二、试验设计

#### 2.1 小区试验

大豆钾肥小区试验设在海伦市祥富镇新设村农户生产田。土壤为黑土，有机质含量 5.05%，速效  $N$  12.25 毫克/公斤，速效  $P$  12.65 毫克/公斤，速效  $K$  77.8 毫克/公斤，有效  $S$  4.8 毫克/公斤，有效  $B$  0.9 毫克/公斤，有效  $Zn$  1.3 毫克/公斤。大豆品种为黑农 35。

试验根据测土施肥结果设置最佳处理 OPT，即 1 倍钾肥用量处理，在 OPT 基础上设 -K, 1/2K, 3/2K 和 2K 处理。每个处理均设 3 次重复，小区面积 21m<sup>2</sup>，随机区组排列，试验处理见表 1。

表 1 海伦大豆钾肥小区试验处理养分用量（公斤/亩）

处理	N	$P_2O_5$	$K_2O$	石膏
1. OPT	4.3	6.0	5.0	9.0
2. -K	4.3	6.0	0.0	9.0
3. 1/2K	4.3	6.0	2.5	9.0
4. 3/2K	4.3	6.0	7.5	9.0
5. 2K	4.3	6.0	10.0	9.0

注：N 用尿素（N46%）， $P_2O_5$  用磷酸二铵（N18%， $P_2O_5$  46%）， $K_2O$  用氯化钾（ $K_2O$  60%），石膏含 S 23%。（示范同）

## 2.2 示范试验

大豆钾肥大区示范试验不设重复。分别选取两个有代表性的农户进行示范。大豆供试品种为黑农35, 种植密度为1.7万株/亩。氮、磷、钾肥和石膏全部做基肥一次施入。常规施肥N和P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>用量分别为4.3和6.0公斤/亩, 不施钾和硫, 推荐施肥处理N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O分别为4.3、6.0、5.0公斤/亩, 另外施石膏9.0公斤/亩, 以补充硫不足。

## 三、试验结果

### 3.1 钾肥用量小区试验结果

#### 3.1.1 钾肥用量对大豆生长发育的影响

试验结果表明(表2), 钾肥对大豆生长发育有促进作用, 但必须是在合理用量范围内。用量过低, 达不到最佳施肥效果, 过高对大豆出苗和生长发育有负效应。钾肥处理OPT与对照(-K)相比, 株高增加5.8厘米, 株荚数增加2.3个/株, 株粒数增加3.4个/株, 空瘪率降低0.5个百分点, 百粒重增加0.5克; 与其它钾肥用量相比, 各项指标也均有所提高, 可见OPT是最佳处理。

表2 钾对大豆生长发育的影响

处理	株高 (厘米)	单株荚数 (个/株)	空瘪率 (%)	单株粒数 (个/株)	百粒重 (g)
1. OPT	84.3	37.5	7.7	79.2	17.3
2. -K	78.5	35.2	8.2	75.8	16.8
3. 1/2K	78.6	37.2	7.8	75.5	16.9
4. 3/2K	78.9	36.9	6.0	82.8	16.8
5. 2K	78.4	34.6	5.8	76.3	17.2

#### 3.1.2 钾肥用量对大豆经济效益的影响

田间小区试验结果表明(表3), 黑龙江省海伦市黑土施钾肥对大豆有显著的增产作用, 与不施钾肥的处理相比, 其他处理的增产率基本上达到了显著水平。

而从肥料效益上看, 1/2K处理为钾肥效益最好的处理, 达到了施入每公斤K<sub>2</sub>O增产大豆2.5公斤的水平, 其次是OPT处理。而OPT和1/2K处理的经济效益是最好的, 达到了增收9.9元/公斤和7.7元/亩。所以, 在海伦黑土上种大豆钾的适宜用量应为K<sub>2</sub>O2.5 - 5.0公斤/亩。

表3 大豆产量和经济效益结果分析

处理	产量 (公斤/亩)	增产 (公斤/亩)	增产率 (%)	钾肥效益 (公斤/公斤K <sub>2</sub> O)	经济效益 (元/亩)	差异显著性	
						0.05	0.01
1. OPT	146.7	10.4	7.6	2.1	9.9	a	A
2. -K	136.3	—	—	—	—	b	B
3. 1/2K	142.6	6.3	4.6	2.5	7.7	ab	AB
4. 3/2K	147.4	11.1	8.2	1.48	4.2	a	A
5. 2K	147.3	11.0	8.1	1.1	9.9	a	A

注: 氯化钾: 1800元/吨, 大豆: 2.4元/公斤。

## 3.2 钾肥用量示范试验结果

### 3.2.1 钾肥用量对大豆生长发育的影响

从试验结果可以看出,在海伦黑土生产条件下,钾肥对大豆生长发育有明显的促进作用。推荐施肥较对照大豆株高平均增加7.2厘米,株荚数增加1.2个,株粒数增加5个,空瘪率降低1.4个百分点,百粒重增加0.15克。

表4 钾对大豆产量构成因子的影响

处理		株高(厘米)	单株荚数 (个/株)	空瘪率(%)	单株粒数 (个/株)	百粒重(克)
农户1	常规施肥	68.7	28.2	7.8	57.3	15.9
	推荐施肥	76.5	29.2	6.8	61.7	16.0
农户2	常规施肥	78.7	35.6	8.1	69.5	17.2
	推荐施肥	86.2	37.0	6.3	76.1	17.4

### 3.2.2 钾肥用量对大豆经济效益的影响

示范结果表明,在黑龙江省北部大豆主产区钾对大豆有稳定的增产效果,施 $K_2O$ 5.0公斤/亩,大豆平均增产12.3公斤/亩,增产8.7%,平均增收14.5元/亩(表5)。

表5 大豆产量和经济效益结果分析

处理		产量 (公斤/亩)	增产 (公斤/亩)	增产率 (%)	增产 (公斤/公斤 $K_2O$ )	经济效益 (元/亩)
农户1	常规施肥	146.2	—	—	—	—
	推荐施肥	154.1	7.9	5.5	1.57	3.9
农户2	常规施肥	141.3	—	—	—	—
	推荐施肥	158.0	16.7	11.8	3.3	25

注:氯化钾:1800元/吨,大豆:2.4元/公斤。

## 四、小结

4.1 海伦市黑土钾肥小区试验结果显示,钾的适宜用量为 $K_2O$  2.5-5.0公斤/亩,较对照增产4.6%—7.6%,可增收7.7—9.9元/亩。

4.2 大区示范结果表明,施 $K_2O$  5.0公斤/亩,大豆平均增产12.3公斤/亩,平均增产8.7%,平均增收14.5元/亩。

4.3 小区试验及示范结果消除了大豆产量的限制因子,使产量显著提高。可见,适量施用钾肥对增加大豆产量有显著效果。



海伦大豆施钾效果



海伦大豆缺钾症状



## 云南嵩明水稻养分平衡管理试验研究

苏帆 付利波 陈华 洪丽芳

云南省农科院农业环境资源研究所，云南昆明，650205

**摘要：**本试验采用大田试验研究方法研究水稻对 NPK 养分元素的吸收利用，探索提高施肥利用率的科学养分管理方法。试验结果表明，肥料利用率的高低不仅受到该元素施用量的影响，同时也受到作物所需其它养分元素平衡关系的制约。肥料的施用应同时结合考虑肥料的利用率、水稻品质 and 经济效益才是科学和符合实际的。

**关键词：**水稻 养分管理 肥料利用率

养分平衡管理是指导作物平衡施肥、提高作物产量、提高肥料利用率、使农民获得最大经济效益的一个十分重要的科学管理途径。为充分探讨云南嵩明水稻养分管理中养分的平衡关系，科学有效地提高施肥效应，提高施肥对水稻生产的经济产出，特开展了本项目的试验研究。

### 一、材料和方法

供试作物品种：水稻品种滇优五号

供试土壤：水稻土、质地壤土。供试土壤主要理化性质见表 1。

表 1 供试土壤理化性质分析结果 (ASI 法)

处理	pH	OM	Ca	Mg	K	NH <sub>4</sub>	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
微克/毫升土													
1. OPT(N2P2K2)	6.9	2.9	4418.8	662.2	70.4	19.1	2.1	147.9	1.4	14.1	31.0	32.2	3.3
2. OPT-N	7.0	2.8	4593	666	90	13.4	2.6	130.2	1.6	13.9	38.5	33.7	3.0
3. OPT-P	6.8	2.6	4403	632	51	22.5	12.3	149.5	1.4	14.7	28.2	38.2	3.2
4. OPT-K	7.0	2.8	4365	583	86	24.2	15.8	161.2	1.7	13.8	32.2	34.0	3.0
5. N1P2K2	6.7	2.9	4894	628	106	33.3	27.1	208.7	1.9	14.3	32.0	39.2	3.6
6. N3P2K2	6.9	2.7	4862	679	59	14.4	7.3	162.5	1.3	13.4	28.4	25.9	2.7
7. N2P1K2	7.0	2.8	4884	684	66	14.1	7.5	151.9	1.6	13.0	26.4	37.0	3.1
8. N2P3K2	6.6	2.9	4407	629	70	12.7	7.1	149.5	1.8	14.0	31.1	47.4	3.0
9. N2P2K1	6.9	2.7	4607	669	74	13.4	5.1	131.7	2.3	13.5	25.7	39.8	2.6
10. N2P2K3	6.7	2.8	4325	668	59	17.4	4.8	131.3	1.7	14.2	40.2	40.4	3.1

田间水稻试验共设 10 个处理，四次重复，随机区组排列。小区面积 13.3 平方米，水稻种植密度 25000 丛/亩。试验施肥分三次施入（基肥 40%、苗肥 30%、分蘖肥 30%）。试验设计见表 2。

表2 嵩明水稻施肥试验处理（公斤/亩）

处理	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1.OPT(N2P2K2)	20	8	12
2.OPT-N	0	8	12
3.OPT-P	20	0	12
4.OPT-K	20	8	0
5.N1P2K2	17	8	12
6.N3P2K2	23	8	12
7.N2P1K2	20	5	12
8.N2P3K2	20	11	12
9.N2P2K1	20	8	8
10.N2P2K3	20	8	16

注：土壤分析结果微量元素供应充分，本试验未考虑施用微肥。供试肥料品种主要为尿素（N46%）、氯化钾（K<sub>2</sub>O60%）和过磷酸钙（P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>17%）。

## 二、试验结果与分析

### 2.1 不同养分管理对水稻施 N 与 N 吸收间平衡的影响

从表3 试验分析结果可以看出，在不同养分管理条件下水稻施氮与氮吸收间平衡的差异是十分明显的。由于施肥对水稻产量及生物产量的影响，在不施氮肥的情况下，作物吸收利用的氮量是最低的。当随着水稻施氮量的增加，作物吸收利用的氮量随之增加。同时试验结果也显示，不足的磷、钾所造成的水稻产量及生物产量的减少，对作物减少氮的吸收利用影响也十分突出。试验结果说明作物对氮的吸收利用不仅受到土壤供氮本身的影响，同时也受到土壤供磷、供钾交互的制约。试验结果也显示，在不同养分管理的各试验处理中氮肥利用率表现最佳的处理是OPT(N2P2K2)和处理N2P2K3。氮肥利用率分别达到37.71%和38.10%。

### 2.2 不同养分管理对水稻施 P 与 P 吸收间平衡的影响

从不同养分管理条件下的水稻施磷与磷吸收利用间的平衡差异结果可看出(表4),在水稻不施磷肥的处理中，除水稻谷粒产量和茎秆生物产量都有较大减产外，从作物内在磷含量的分析结果也能表现出有较大差异。不施磷的处理无论是谷粒含磷量还是茎秆含磷量都表现最低。但当随着水稻施磷量在一定范围内提高时，作物吸收利用的磷量也随之增加。除此之外，作物对磷利用率的高低同样也受到土壤中氮、钾养分元素供应是否合理的交互影响。从本项试验可看出，在土壤不施氮、钾肥的处理中，水稻吸收利用的磷养分量也仅次于不施磷肥的处理。最终试验结果表明，在不同养分管理下，磷肥利用率表现最佳的是OPT(N2P2K2)和N2P2K3两处理。磷肥利用率分别达到16.82%和16.99%。



表3 不同养分管理对水稻施N与N吸收间平衡的影响

试验处理	谷粒产量 公斤/亩	茎秆产量 公斤/亩	含N量(%)		N吸收量 公斤/亩	N投入量 公斤/亩	N肥利用率 %
			谷粒	茎秆			
1. OPT(N2P2K2)	837.9	795.7	1.713	0.821	20.9	20.0	37.71
2. OPT-N	610.8	563.4	1.562	0.675	13.3	0.0	0.00
3. OPT-P	637.1	616.5	1.675	0.723	15.1	20.0	8.92
4. OPT-K	625.4	634.8	1.682	0.749	15.3	20.0	9.65
5. N1P2K2	758.8	676.2	1.648	0.758	17.6	16.7	25.71
6. N3P2K2	805.8	789.0	1.733	0.884	20.9	23.3	32.55
7. N2P1K2	768.8	763.9	1.703	0.781	19.1	20.0	28.57
8. N2P3K2	807.9	789.1	1.782	0.822	20.9	20.0	37.69
9. N2P2K1	742.5	712.1	1.698	0.786	18.2	20.0	24.30
10. N2P2K3	843.3	800.1	1.709	0.819	21.0	20.0	38.10

注：肥料利用率 = (施肥区作物吸收的养分量 - 不施肥区作物吸收的养分量) / (肥料使用量 × 肥料养分含量) × 100% (下同)

表4 不同养分管理对水稻施P与P吸收间平衡的影响

试验处理	谷粒产量 公斤/亩	茎秆产量 公斤/亩	含P量(%)		P吸收量 公斤/亩	P投入量 公斤/亩	P肥利用率 %
			谷粒	茎秆			
1. OPT(N2P2K2)	837.9	795.7	0.258	0.149	3.3	8.0	16.82
2. OPT-N	610.8	563.4	0.24	0.122	2.2	8.0	1.89
3. OPT-P	637.1	616.5	0.233	0.084	2.0	0.0	0
4. OPT-K	625.4	634.8	0.248	0.128	2.4	8.0	4.52
5. N1P2K2	758.8	676.2	0.251	0.125	2.7	8.0	9.35
6. N3P2K2	805.8	789.0	0.257	0.125	3.1	8.0	13.19
7. N2P1K2	768.8	763.9	0.243	0.109	2.7	5.0	13.97
8. N2P3K2	807.9	789.1	0.263	0.164	3.4	11.0	12.88
9. N2P2K1	742.5	712.1	0.257	0.137	2.9	8.0	11.02
10. N2P2K3	843.3	800.1	0.261	0.145	3.4	8.0	16.99

### 2.3 不同养分管理对水稻施K与K吸收间平衡的影响

在水稻施钾与钾吸收利用间的平衡关系中，从表5的试验分析数据可看出，钾肥利用率的高低，不同试验处理的结果存在显著差异。在水稻不施钾肥的条件下，作物吸收利用钾的量是很低的，仅达到5.91公斤/亩。而当随着水稻施钾量在一定条件下提高时，作物吸收利用钾养分元素的量也随之增加。同样在影响钾肥利用率高低的因素中，土壤中合理地施用氮、磷肥也是至关重要的。试验结果表明，在不施氮、磷肥的处理中，由于养分的不平衡导致水稻产量及生物总量的降低，同样影响到作物对钾的吸收，降低钾肥的利用率。试验就不同养分管理下钾肥利用率比较，OPT(N2P2K2)、N3P2K2

和 N2P2K1 三个处理表现较好, 钾肥利用率均分别达到 38.7% 以上。

(表 5 见第 2 页。)

## 2.4 水稻生产在不同养分管理下的经济效益比较

农业生产求得最大的经济效益是科学施肥管理中一项需重点考虑的指标, 也是土壤养分管理科学化的目的。从表 6 可以看出, 在以上分别讨论了氮、磷、钾肥利用率的基础上, 若仅就各自最高利用率得出最佳科学的土壤养分管理方案是不科学的。对于作物的生长状态, 所需养分间存在着极大的交互影响。同时作物是否能获得最大的经济效益, 必须考虑实际的投入产出比。从试验结果可看出, 不同试验处理由于施肥量的不同, 各处理间投入的成本是不同的。比较 OPT(N2P2K2)处理, 其它各试验处理所得经济效益均表现下降, 其中不施氮、磷、钾的处理最为突出, 经济效益均分别下降 24% 以上。试验表明在云南嵩明水稻生产的特定区域中, OPT(N2P2K2)养分平衡管理方案是水稻科学施肥的最佳推荐方案。

表 6 不同养分管理下的水稻经济效益比较

试验处理	产量 (公斤/亩)				产值 元/亩	肥料成本 元/亩	施肥效益 元/亩	比 OPT ± %
	平均值	标准差	5% dif	1% dif.				
1. OPT	837.9	27.4	a	AB	1843.4	160.3	1683.2	0.00
2. OPT-N	610.8	8.7	d	D	1343.8	67.6	1276.2	-24.18
3. OPT-P	637.1	19.3	d	D	1401.6	138.6	1263.0	-24.96
4. OPT-K	625.4	51.9	d	D	1375.9	114.3	1261.7	-25.04
5. N1P2K2	758.8	79.8	bc	BC	1669.3	144.8	1524.4	-9.43
6. N3P2K2	805.8	46.4	ab	ABC	1772.8	175.7	1597.1	-5.11
7. N2P1K2	768.8	49.7	bc	ABC	1691.3	152.1	1539.1	-8.56
8. N2P3K2	807.9	41.3	ab	ABC	1777.4	168.4	1609.0	-4.40
9. N2P2K1	742.5	20.6	c	C	1633.5	144.9	1488.6	-11.56
10. N2P2K3	843.3	15.7	a	A	1855.3	175.6	1679.7	-0.20
区组间 F 值 = 0.679								
处理间 F 值 = 17.605**								

注: 价格—水稻 2.2 元/公斤 尿素 2.13 元/公斤 过磷酸钙 0.46 元/公斤 氯化钾 2.3 元/公斤

## 三、结论

3.1 本试验以水稻对养分元素的吸收利用为切入点, 探索提高肥料利用率的科学养分管理方法。结果充分表明, 氮、磷、钾肥施用不合理, 均可造成其养分利用率降低, 作物生长所需的养分元素间存在着极大的交互影响。肥料利用率的高低不仅受到某一养分元素施用量的影响, 同时也将受到作物所需其它养分元素的平衡的相互制约。

3.2 试验研究结果还表明, 仅就肥料利用率作为制定水稻养分管理的依据是不完全科学的, 肥料的施用应同时结合考虑肥料的利用率、水稻品质 and 经济效益才是科学和符合实际的。



## 不同肥料组合对叶类蔬菜产量、品质 and 经济效益的影响

朱小梅 吴家旺 李泽碧 王正银

(西南大学资源环境学院, 重庆北碚, 400716)

向华辉 刘 星

(重庆市九龙坡区农业局, 重庆, 400700)

**摘要:** 采用田间试验研究了不同肥料组合对叶类蔬菜产量和品质的影响。与 CK ( $N_{15}P_5K_{10}$ ) 相比, 各施肥处理显著提高白菜和莴笋的产量, 增幅分别为 8.2%~43.0% 和 5.6%~23.2%。除增施氮肥处理 ( $N_{20}P_5K_{10}$ ) 增加莴笋叶和茎的硝酸盐含量外, 其余各处理降低两种叶菜硝酸盐含量 4.1%~25.8%, 以增施钾肥 ( $N_{15}P_5K_{15}$  处理) 的降低作用最大。增施钾肥显著增加了白菜和莴笋叶的维生素 C 含量, 增幅分别为 19.2% 和 10.9%。与 CK 相比, 增施氮、磷、钾、硼和有机肥都可使白菜和莴笋的施肥利润得到显著提高, 并以增施有机肥料的处理施肥利润最大, 但产投比仅常规施肥、增施钾肥和硼肥处理得到提高。

**关键词:** 肥料组合, 叶类蔬菜, 产量, 品质, 经济效益

蔬菜作为人们日常生活不可缺少的副食品, 是人体必需的维生素、矿物质、蛋白质、氨基酸、糖分等多种有机营养物的主要来源。莴笋 (*Lactuca sativa* L.) 和白菜 (*Brassica campestris* L. var. *pekinensis*) 作为我国南方地区广泛栽培和食用的叶类蔬菜, 其产量和品质也越来越受到消费者的关注。但是在化肥施用量不断增加的情况下, 肥料效益和蔬菜作物品质却出现了下降的趋势。养分供应不均衡成为蔬菜提高产量、改善品质的限制因子<sup>[1-5]</sup>。为此, 本文研究了不同氮磷钾配比及其与微量元素和有机肥配施对莴笋、白菜两种叶类蔬菜产量和品质的影响, 以期为高产、优质叶类蔬菜生产提供理论依据。

### 一、材料与amp;方法

#### 1.1 供试材料

土壤为沙溪庙组母岩发育而成的灰棕紫泥土, pH 值 6.3, 有机质 26.2 克/公斤, 有效氮 84.1 毫克/公斤, 有效磷 26.8 毫克/公斤, 有效钾 157.0 毫克/公斤。供试作物为莴笋和白菜, 品种分别为科兴 3 号和华良 5 号。供试肥料为尿素 (N, 46%)、过磷酸钙 ( $P_2O_5$ , 12%)、氯化钾 ( $K_2O$ , 60%)、硼肥 (持力硼, B, 15%)、泥炭 (全 N1.463%, 全 P0.316%, 全 K0.245%)、菜籽粕 (全 N5.243%, 全 P1.120%, 全 K1.434%) 和鸡粪水 (速效 N649 毫克/公斤, 速效 P22.5 毫克/公斤, 速效 K691 毫克/公斤)。

#### 1.2 试验方法

田间小区试验分别于 2005 年 6 月~7 月和 8 月~9 月在重庆市九龙坡区白市驿蔬菜基地进行。小区面积 7.05 平方米 ( $4.7 \times 1.5$  米), 均设 9 个处理 (表 1), 4 次重复, 随机排列。磷、钾肥和有机肥

全部作基肥一次施入,氮肥(尿素)在移栽后分3次按25%:50%:25%施入。收获后取样测定莴笋和白菜的产量及品质(维生素C、硝酸盐),并计算经济效益。

### 1.3 测定内容和方法

土壤有效氮采用碱解扩散法,速效磷采用 $\text{NaHCO}_3$ 浸提—钼蓝显色分光光度法,速效钾采用 $\text{NH}_4\text{OAc}$ 浸提—火焰光度法测定<sup>[6]</sup>。叶菜硝酸盐采用紫外分光光度法,Vc用2,6—二氯酚酚滴定法<sup>[7]</sup>。叶菜产量采用新复极差法(SSR检验法)进行统计分析<sup>[8]</sup>。

表1 试验方案和施肥量(公斤/亩)

处理	N	P <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	B	泥炭	菜籽粕	鸡粪水
CF(常规施肥)	15	4	35				150
N15P5K10(CK)	15	5	10				
N20P5K10	20	5	10				
N15P10K10	15	10	10				
N15P5K15	15	5	15				
N15P5K10B	15	5	10	0.06			
N15P5K10M1	15	5	10		150		
N15P5K10M2	20	5	10			150	
N0P0K0	0	0	0				

## 二、结果与讨论

### 2.1 不同肥料组合对叶菜产量的影响

表2可知,与CK(N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>10</sub>)相比,各施肥处理的白菜和莴笋产量都得到显著提高,其增幅分别为8.2%~43.0%和5.6%~23.2%。白菜的产量增幅最大的是N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>10</sub>M<sub>2</sub>处理,其次为N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>10</sub>M<sub>1</sub>处理;莴笋的增产作用以N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>10</sub>M<sub>1</sub>处理最佳,N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>15</sub>、N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>10</sub>B和N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>10</sub>M<sub>1</sub>处理次之,增幅达15%以上。可见,在N15P5K10基础上分别增施氮肥、磷肥、钾肥、硼肥、有机肥后叶菜的产量都得到显著提高,且其产量增幅都大于常规施肥(CF)。两种供试有机肥料泥炭(M<sub>1</sub>)和菜籽粕(M<sub>2</sub>)对白菜与莴笋的增产效果显著。显然,在无机肥基础上增施有机肥均可使叶菜极显著增产。

### 2.2 不同肥料组合对叶菜硝酸盐含量的影响

各施肥处理对白菜和莴笋硝酸盐含量的影响不一致(表3)。与CK相比,除增施钾肥(N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>15</sub>)处理对白菜硝酸盐含量略有降低外,其余处理均增加了白菜的硝酸盐含量,并以增施氮肥和有机肥的处理白菜硝酸盐含量增加幅度大。除增施氮肥(N<sub>20</sub>P<sub>5</sub>K<sub>10</sub>)处理使莴笋茎和叶中的硝酸盐含量分别增加2.0%和7.0%外,其余处理的莴笋茎和叶的硝酸盐含量都降低,且茎和叶的硝酸盐含量都以增施钾肥(N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>15</sub>)处理降幅最大(CF处理除外),分别为17.6%和25.8%。这些结果表明,在N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>10</sub>基础上增施钾肥对降低叶菜的硝酸盐含量具有很好的作用,但对不同种类叶菜的降低程度不同。

表2 不同肥料组合对叶菜产量的影响

处理	白菜 (公斤/亩)	差异显著性		相对产量 %	莴笋 (公斤/亩)	差异显著性		相对产量 %
		P <sub>0.05</sub>	P <sub>0.01</sub>			P <sub>0.05</sub>	P <sub>0.01</sub>	
CF	2017	f	EF	108.2	1776	cd	BC	105.6
N <sub>15</sub> P <sub>5</sub> K <sub>10</sub> (CK)	1863	g	F	100.0	1681	d	C	100.0
N <sub>20</sub> P <sub>5</sub> K <sub>10</sub>	2146	e	DE	115.2	1848	bc	BC	109.9
N <sub>15</sub> P <sub>10</sub> K <sub>10</sub>	2229	de	D	119.6	1899	bc	AB	113.0
N <sub>15</sub> P <sub>5</sub> K <sub>15</sub>	2429	bc	BC	130.4	1971	ab	AB	117.2
N <sub>15</sub> P <sub>5</sub> K <sub>10</sub> B	2311	cd	CD	124.0	1953	ab	AB	116.2
N <sub>15</sub> P <sub>5</sub> K <sub>10</sub> M <sub>1</sub>	2547	ab	AB	136.7	2070	a	A	123.2
N <sub>15</sub> P <sub>5</sub> K <sub>10</sub> M <sub>2</sub>	2665	a	A	143.0	1936	ab	AB	115.1
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	979	h	G	52.5	914	e	D	54.45

表3 不同肥料组合对叶菜硝酸盐含量的影响

处理	白菜		莴笋叶		莴笋茎	
	毫克/公斤	相对含量 %	毫克/公斤	相对含量 %	毫克/公斤	相对含量 %
CF	1138	110.6	706	95.9	1038	74.7
N <sub>15</sub> P <sub>5</sub> K <sub>10</sub> (CK)	1029	100.0	736	100.0	1390	100.0
N <sub>20</sub> P <sub>5</sub> K <sub>10</sub>	1196	116.2	788	107.0	1426	102.0
N <sub>15</sub> P <sub>10</sub> K <sub>10</sub>	1119	108.8	648	88.1	1321	95.0
N <sub>15</sub> P <sub>5</sub> K <sub>15</sub>	1008	98.0	546	74.2	1145	82.4
N <sub>15</sub> P <sub>5</sub> K <sub>10</sub> B	1118	108.7	621	84.4	1295	93.2
N <sub>15</sub> P <sub>5</sub> K <sub>10</sub> M <sub>1</sub>	1133	110.1	570	77.4	1204	86.6
N <sub>15</sub> P <sub>5</sub> K <sub>10</sub> M <sub>2</sub>	1258	122.3	687	93.4	1324	95.3
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	832	80.8	394	53.5	1019	73.4

### 2.3 不同肥料组合对叶菜维生素C含量的影响

除增施氮肥处理(N<sub>20</sub>P<sub>5</sub>K<sub>10</sub>)白菜维生素C含量与CK相比略有下降外,其余各施肥处理白菜的维生素C含量均提高,且以增加钾肥处理(N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>15</sub>)的白菜维生素C含量增量最大,增加19.2%(表4)。N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>15</sub>、N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>10</sub>B、N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>10</sub>M<sub>1</sub>和N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>10</sub>M<sub>2</sub>处理提高了莴笋叶的维生素C含量,增幅范围为2.6%—10.9%,其中仍以N<sub>15</sub>P<sub>5</sub>K<sub>15</sub>处理的增幅最大。各施肥处理中,莴笋茎的维生素含量都有所下降,但是莴笋茎维生素的含量仅为叶片含量的1/5~1/6。综合上述结果可知,在CK基础上增施钾肥对提高白菜和莴笋叶中的维生素C含量有突出效果,而增施硼和有机肥对保持莴笋茎中的维生素C含量有很好的效果。

表4 不同肥料组合对叶菜维生素C含量的影响

处理	白菜		莴笋叶		莴笋茎	
	毫克/公斤	相对含量%	毫克/公斤	相对含量%	毫克/公斤	相对含量%
CF	770.7	118.2	326.0	92.3	63.6	95.2
$N_{15}P_5K_{10}$ (CK)	652.0	100.0	353.3	100.0	66.8	100.0
$N_{20}P_5K_{10}$	643.0	98.6	329.2	93.2	64.7	96.9
$N_{15}P_{10}K_{10}$	717.9	110.1	324.4	91.8	59.1	88.5
$N_{15}P_5K_{15}$	777.3	119.2	391.9	110.9	60.4	90.4
$N_{15}P_5K_{10}B$	759.6	116.5	332.4	102.6	66.2	99.1
$N_{15}P_5K_{10}M_1$	670.3	102.8	372.6	105.5	63.0	94.3
$N_{15}P_5K_{10}M_2$	689.0	105.7	346.9	105.5	65.9	98.7
$N_0P_0K_0$	1267.1	194.3	321.2	90.9	52.2	78.2

## 2.4 不同肥料组合对叶菜经济效益的影响

在CK基础上增施氮、磷、钾、硼、有机肥都可使白菜和莴笋的施肥利润得到显著提高(表5),其中以 $N_{15}P_5K_{10}M_2$ 处理白菜的施肥利润最高, $N_{15}P_5K_{10}M_1$ 处理莴笋的施肥利润最高,这是因为该二处理大幅度提高了叶菜的产量。白菜和莴笋的产投比最高者都是CF处理,这是因为该处理肥料成本低;其次为 $N_{15}P_5K_{10}B$ 和 $N_{15}P_5K_{15}$ 处理,表明增施微量元素硼和大量元素钾肥均可使叶类蔬菜生产获得良好的经济效益。白菜和莴笋的产投比都以施用有机肥料的 $N_{15}P_5K_{10}M_2$ 和 $N_{15}P_5K_{10}M_1$ 处理为低,显然这是因为其肥料成本增加,但是该二处理的施肥利润却为最高。

表5 不同肥料组合对叶菜经济效益的比较

处理	白菜				莴笋			
	产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	施肥利润 (元/亩)	产投比	产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	施肥利润 (元/亩)	产投比
CF	2420	94	1151	26	3907	94	1740	41
$N_{15}P_5K_{10}$ (CK)	2236	121	941	19	3669	121	1567	31
$N_{20}P_5K_{10}$	2576	142	1259	18	4066	142	1914	29
$N_{15}P_{10}K_{10}$	2675	144	1356	19	4179	144	2024	29
$N_{15}P_5K_{15}$	2915	137	1603	21	4335	137	2188	32
$N_{15}P_5K_{10}B$	2774	125	1474	22	4297	125	2162	34
$N_{15}P_5K_{10}M_1$	3057	211	1671	15	4555	211	2334	22
$N_{15}P_5K_{10}M_2$	3198	301	1723	11	4255	301	1948	14
$N_0P_0K_0$	1175	—	—	—	2011	—	—	—

注:尿素 1.96 元/千克,过磷酸钙 0.56 元/千克,氯化钾 2.0 元/千克,硼肥 10.1 元/千克,泥炭 0.6 元/千克,菜籽粕 1.2 元/千克,莴笋 2.2 元/千克,白菜 1.2 元/千克。

### 三、结论

3.1 在CK基础上增施氮肥、磷肥、钾肥、硼肥和有机肥，白菜和莴笋的产量都得到显著提高，并以配施有机肥处理提高作用最大。

3.2 增施钾肥可降低白菜的硝酸盐含量，各施肥处理对莴笋茎和叶中硝酸盐含量以降低作用为主，增施钾肥对降低莴笋叶中的硝酸盐含量效果最佳。

3.3 增施钾肥显著增加了白菜和莴笋叶的维生素C含量，增幅分别为19.2%和10.9%，而莴笋茎中的维生素C含量有所降低。

3.4 增施氮、磷、钾、硼和有机肥都可使白菜和莴笋的施肥利润得到显著提高，并以增施有机肥料的处理施肥利润最大，但产投比只有常规施肥、增施钾肥和硼肥处理得到提高。

#### 参考文献

[1] 狄彩霞,李会合,王正银,等.不同肥料组合对莴笋产量和品质的影响[J].土壤学报,2005,42(4):652-659

[2] Stantamaria P, Elia A, Serio F. Fertilization atrategies for lowering nitrate contents in leafy vegetables. Chicory and rocket salad cases[J]. Journal of plant Nutrition, 1998, 21(9):1791-1803

[3] Biemond H, Vos J, Struik P C. Effect of nitrogen on accumulation and partitioning of dry matter and nitrogen of vegetable. 3. Spinach. Netherlands Journal Agricultural Science, 1996, 44(3):227-239

[4] 李俊良,陈新平,李晓林,等.大白菜氮肥施用的产量效应、品质效应和环境效应.土壤学报,2003,40(2):261-266

[5] 张漱茗,孙顶国.平衡施肥与改善作物品质[J].中国农学通报,1999,15(2):27-34

[6] 鲍士旦.土壤农化分析(第三版).北京:中国农业出版社,2000,141-149

[7] 山东农学院等.植物生理学实验指导.济南:山东科技出版社,1980,246

[8] 白厚义,肖俊璋.试验研究及统计分析.西安:世界图书出版社.1998,120-128

(图见16页)

上接42页:



黄瓜钾肥对比试验



## 河南省小麦—玉米、蔬菜 优质高产高效平衡施肥

孙克刚<sup>1</sup> 李丙奇<sup>1</sup> 金辉<sup>2</sup> 张春生<sup>3</sup> 贾改花<sup>4</sup>

1 河南省农业科学院土壤肥料研究所, 郑州, 450002

2 河南农业大学资源环境学院

3 驻马店市农业科学研究所 4 汤阴县农业局

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10380万亩。农村人口占全省总人口比重的85.9%, 农村社会总产值占全省社会总产值的比重为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, 气候具有明显的过度性特征。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20520万亩, 其中粮食播种面积达13380万亩, 占65.2%; 油料作物播种面积为2355万亩, 占11.95%; 棉花播种面积1390万亩, 占6.7%。粮食作物中小麦播种面积为7200万亩, 占总播种面积35.1%, 占粮食作物播种面积的53.84%, 一半以上。去年全省收获优质专用小麦200万亩, 比上年增加78%; 秋播优质小麦4500万亩, 占麦播的60%左右, 其中连片种植30万亩以上的县达25个。玉米播种面积为3570万亩, 占总面积为17.4%, 占粮食面积的26.75%。全省2003年主要农作物产品产量分别为粮食作物总产为3569万吨, 夏收粮食为2336万吨, 秋收粮食为1233万吨, 小麦为2292万吨, 玉米为766万吨, 花生为228万吨, 棉花为37万吨, 各种作物平均单产分别: 小麦318公斤/亩, 玉米318公斤/亩, 花生187.4公斤/亩, 棉花53.9公斤/亩。

全省化肥纯用量为362万吨, 氮肥纯用量为215万吨, 磷肥纯用量为103万吨, 钾肥纯用量为43万吨, 比项目合作前1990年用量增加近5倍。氮肥用量占整个化肥用量的59.47%, 磷肥用量占整个化肥用量的28.6%, 钾肥用量占整个化肥用量的11.93%。氮磷钾的比例为1:0.481:0.2。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, 氮磷钾比例也是在逐年增加。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195万吨, 氮肥纯用量为137万吨, 占化肥用量的70.3%, 磷肥纯用量为52万吨, 占化肥用量的26.6%, 钾肥纯用量为6万吨, 仅占化肥用量的3.1%。氮磷钾比例为1:0.379:0.044。

近年来, 随着农村种植业结构的调整, 农作物的品种更新换代, 小麦、玉米产量有了明显增加。但在生产实践中仍存在进一步提高产量和品质, 降低生产成本等诸多问题。据调查, 我省花生、小麦、玉米生产管理上存在突出问题为: 一、施肥不科学, 只注重氮肥的施用, 长期忽视磷钾肥的施用; 二、不能针对玉米特性进行施肥, 玉米作物是需钾作物, 但农村广大农户不能够针对其营养特性, 进行钾肥施用, 导致玉米产量不能提高。



针对生产实践中存在的问题，我们通过加拿大钾磷研究所和中加政府间的合作项目，开展了大量的农作物高产优质施肥技术的田间试验、示范和技术推广工作。为全面推动河南省农作物科学合理施肥提供依据，本试验2005年安排在驻马店市和舞钢市小麦、玉米试验，进行了小麦、玉米施用钾肥优质高产平衡施肥试验和示范。在周口项城，安阳汤阴进行了蔬菜钾肥试验和示范。此项研究由加拿大钾磷研究所北京办事处资助（PPIC北京办事处资助）。

## 一、材料与方法

表1 小麦、玉米钾肥试验与示范设计方案（公斤/亩）

处理	驻马店市小麦试验方案			处理	舞钢玉米试验方案		
	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 施氮磷	18	8	0	1 施氮磷	15	8	0
2 施氮磷钾	18	8	6	2 施氮磷钾	15	8	6
3 施氮磷钾	18	8	9	3 施氮磷钾	15	8	9
4 施氮磷钾	18	8	12	4 施氮磷钾	15	8	12
5 施氮磷钾	15	8	15	5 施氮磷钾	15	8	15
6 施氮磷钾	18	6	12	6 施氮磷钾	15	6	12
7 施氮磷	18	6	0	7 施氮磷	15	6	0

处理	驻马店市小麦试验方案			处理	舞钢玉米试验方案		
	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 施氮磷	18	8	0	1 施氮磷	15	8	0
2 施氮磷钾	18	8	12	2 施氮磷钾	15	8	12

表2 蔬菜钾肥试验与示范设计方案（公斤/亩）

处理	周口项城萝卜钾肥试验方案			处理	安阳汤阴白菜钾肥试验方案		
	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 施氮磷	20	15	0	1 施氮磷	20	15	0
2 施氮磷钾	20	15	5	2 施氮磷钾	20	15	5
3 施氮磷钾	20	15	10	3 施氮磷钾	20	15	10
4 施氮磷钾	20	15	15	4 施氮磷钾	20	15	15
5 施氮磷钾	20	15	20	5 施氮磷钾	20	15	20
6 施氮磷钾	20	15	25	6 施氮磷钾	20	15	25

处理	周口项城萝卜钾肥试验方案			处理	安阳汤阴白菜钾肥试验方案		
	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 施氮磷	20	15	0	1 施氮磷	20	15	0
2 施氮磷钾	20	15	20	2 施氮磷钾	20	15	20

驻马店市和舞钢市小麦、玉米试验(表1),主要是研究在氮磷肥配施条件下钾肥用量试验,小区面积20~30平方米,重复3次,随机区组排列。收获各小区籽粒(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。

蔬菜钾肥用量试验,在周口项城,安阳汤阴进行了氮磷肥配施条件下,钾肥用量试验,小区面积20~30平方米,重复3次,随机区组排列(表3)。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。

## 1.2 示范

示范处理为(1)氮磷配施,(2)氮磷钾配施。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15~45亩以上。

## 1.3 技术宣传

以新乡、周口、安阳、南阳、洛阳、孟津、驻马店等县为重点结合农时季节办培训班;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,加快技术成果的转移与辐射。

# 二、试验结果与经济效益分析

## 2.1 驻马店小麦、舞钢玉米钾肥用量试验:

### 2.1.1 小麦试验

试验结果经方差分析,F值超过显著水平。在小麦钾肥用量试验七个处理中以 $N_{18}P_8K_{12}$ 处理产量最高,达458.7公斤/亩,其施肥效益也是最高为583.6元/亩,产投比为6.6,各个处理间差异显著。产量第2位的处理为 $N_{18}P_8K_{15}$ ,达451.7公斤/亩,与 $N_{18}P_8K_{12}$ 处理差异显著,但与 $N_{18}P_8K_9$ 处理差异不显著,与其余处理达到5%和1%显著水平。产量第3位的处理为 $N_{18}P_8K_9$ ,达449公斤/亩,与 $N_{18}P_8K_{15}$ 处理差异不显著,与其他各个处理达到5%显著性水平,但与 $N_{18}P_6K_{12}$ 处理没有达到1%显著性差异。产量第4位的处理为 $N_{18}P_6K_{12}$ 处理,达443.7kg/亩,与 $N_{18}P_8K_9$ 处理达到5%显著性水平,没有达到1%显著性差异,与其他处理均达到5%和1%显著性差异。产量第5位为 $N_{18}P_8K_6$ 处理,达423.7 kg/亩,与其他处理均达到5%和1%显著性差异(表3)。

不施钾肥的两个处理, $N_{18}P_8K_0$ 处理和 $N_{18}P_6K_0$ 处理之间,磷肥处理之间也达到5%和1%显著性差异。在同时使用氮肥和钾肥时, $N_{18}P_8K_{12}$ 处理和 $N_{18}P_6K_{12}$ 处理之间,不同磷肥用量处理之间也达到5%和1%显著性差异。

根据表3计算出小麦与钾肥用量之间回归方程为:

$$Y = 395.49 + 7.56K - 0.24K^2, R = 0.9682. (\text{方程中的 } K \text{ 是 } K_2O),$$

根据方程计算出最高产量钾肥使用量为15.7公斤/亩,小麦产量为455公斤/亩。

表3 2004.10—2005.7 驻马店市小麦钾肥用量试验产量和经济分析

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		增产		经济分析(元/亩)				产投比
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		5%	1%	公斤/亩	%	产值	化肥成本	施肥效益	增收	
18	8	0	397.7	e	E	—	—	596.5	78.0	518.5	0.0	7.6
18	8	6	423.7	d	D	26.0	6.5	635.5	91.2	544.3	25.9	7.0
18	8	9	449.0	b	BC	51.3	12.9	673.5	97.8	575.7	57.3	6.9
18	8	12	458.7	a	A	61.0	15.3	688.0	104.4	583.6	65.1	6.6
18	8	15	451.7	b	B	54.0	13.5	677.5	111.0	566.5	48.1	6.1
18	6	12	443.7	c	C	63.7	16.7	665.5	98.4	567.1	69.1	6.8
18	6	0	380.0	f	F	—	—	570.0	72.0	498.0	0.0	7.9

注：肥料价格(元/公斤)：N 3.0、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.0、K<sub>2</sub>O 2.2，小麦价格 1.50 元/公斤

### 2.1.2. 玉米试验

试验结果经方差分析，F 值超过显著水平(表4)。在玉米钾肥用量试验七个处理中以 N<sub>18</sub>P<sub>8</sub>K<sub>12</sub> 处理产量最高，达 509.3kg/亩，其施肥效益也是最高为 566.7 元/亩，产投比为 6.9，产量与各个处理都达到 5% 或 1% 显著水平。产量第 2 位的处理为 N<sub>18</sub>P<sub>8</sub>K<sub>15</sub> 处理，达 486kg/亩，与其余处理达到 5% 和 1% 显著差异，差异显著。产量第 3 位的处理为 N<sub>18</sub>P<sub>8</sub>K<sub>9</sub> 处理，达 476kg/亩，与 N<sub>18</sub>P<sub>6</sub>K<sub>12</sub> 处理之间没有达到 5% 和 1% 显著性差异，其他各个处理达到 5% 和 1% 显著性差异。产量第 4 位的处理为 N<sub>18</sub>P<sub>6</sub>K<sub>12</sub> 处理，达 474 kg/亩，与 N<sub>18</sub>P<sub>8</sub>K<sub>9</sub> 处理之间没有达到 5% 和 1% 显著性差异，与其他处理均达到 5% 和 1% 显著性差异。产量第 5 位为 N<sub>18</sub>P<sub>8</sub>K<sub>6</sub> 处理，达 442.7 kg/亩，与其他处理均达到 5% 和 1% 显著水平。

不施钾肥的两个处理，N<sub>18</sub>P<sub>8</sub>K<sub>0</sub> 处理和 N<sub>18</sub>P<sub>6</sub>K<sub>0</sub> 处理之间，磷肥处理之间也达到 5% 和 1% 显著性差异。在同时使用氮肥和钾肥时，N<sub>18</sub>P<sub>8</sub>K<sub>12</sub> 处理和 N<sub>18</sub>P<sub>6</sub>K<sub>12</sub> 处理之间，不同磷肥用量处理之间也达到 5% 和 1% 显著性差异。

表4 2005 舞钢市玉米钾肥用量试验

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		增产		经济分析(元/亩)				产投比
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		5%	1%	公斤	%	产值	化肥成本	施肥效益	增收	
15	8	0	411.3	e	E	—	—	534.7	69.0	465.7	—	7.7
15	8	6	442.7	d	D	31.3	7.6	575.5	82.2	493.3	27.5	7.0
15	8	9	476.0	c	C	64.7	15.7	618.8	88.8	530.0	64.3	7.0
15	8	12	509.3	a	A	98.0	23.8	662.1	95.4	566.7	101.0	6.9
15	8	15	486.0	b	B	74.7	18.2	631.8	102.0	529.8	64.1	6.2
15	6	12	474.0	c	C	84.7	21.7	616.2	89.4	526.8	83.7	6.9
15	6	0	389.3	f	F	—	—	506.1	63.0	443.1	—	8.0
LSD <sub>0.05</sub> =74.2			LSD <sub>0.01</sub> =104	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、玉米 1.3								

根据表4计算出玉米与钾肥用量之间回归方程为:

$$Y = 407 + 9.93K - 0.261K^2, \text{ F 值为: } 6.50, \text{ 相关系数 } R = 0.93. \text{ (方程中的 } K \text{ 是 } K_2O\text{),}$$

根据方程计算出最高产量钾肥施用量为 19 公斤/亩, 玉米产量为 503.6 公斤/亩。

## 2.2 周口、安阳蔬菜钾肥用量试验:

### 2.2.1 大白菜试验

大白菜试验结果经方差分析, F 值超过显著水平。从表5看出大白菜氮磷钾肥施用量为  $N_{20}P_{15}K_{20}$  产量最高达 6336.7 公斤/亩, 施肥效益最大 3019.3 元/亩, 产值也是最大为 3168.3 元/亩, 与各个处理均达到 5% 显著性差异, 与最高施钾量没有达到 1% 的显著性差异, 与其他处理达到 1% 显著性差异。说明  $N_{20}P_{15}K_{20}$  处理为最佳处理。最高钾肥施用量  $N_{20}P_{15}K_{25}$  处理产量为第 2 位达 6323.3 公斤/亩, 施肥效益也是第 3 位 3001.7 元/亩, 产值为第 2 位 3161.7 元/亩, 在钾肥用量从 5 公斤/亩到 20 公斤/亩之间, 大白菜的产量、产值和效益均随钾肥使用量的增加而增加。当钾肥用量到 25 公斤/亩时大白菜的产量、产值和效益均比钾肥用量 20 公斤/亩时低。大白菜最佳施肥处理为  $N_{20}P_{15}K_{20}$ 。

表5 大白菜钾肥试验(安阳汤阴县 2005 年), 底施 2000 公斤/亩有机肥

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		增产		经济分析(元/亩)				产投比
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		5%	1%	公斤	%	产值	化肥成本	施肥效益	增收	
20	15	0	5525.0	e	E	—	—	2762.5	105	2657.5	—	26.3
20	15	5	5630.0	d	D	105.0	1.9	2815.0	116	2699.0	41.5	24.3
20	15	10	6096.7	c	C	571.7	10.3	3048.3	127	2921.3	263.8	24.0
20	15	15	6291.7	b	B	766.7	13.9	3145.9	138	3007.9	350.3	22.8
20	15	20	6336.7	a	A	811.7	14.7	3168.3	149	3019.3	361.8	21.3
20	15	25	6323.3	b	AB	798.3	14.4	3161.7	160	3001.7	344.1	19.8
LSD <sub>0.05</sub> =73.6			LSD <sub>0.01</sub> =104.7	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、大白菜 0.50						

根据表5计算出大白菜与钾肥用量之间回归方程为:

$$Y = 5447.8 + 76.7K - 1.635K^2, \text{ F 值为: } 24.90, \text{ 相关系数 } R = 0.97. \text{ (方程中的 } K \text{ 是 } K_2O\text{)}$$

根据方程计算出最高产量钾肥使用量为 23.4 公斤/亩, 大白菜产量为 6347.3 公斤/公顷。

### 2.2.2 萝卜试验

从表6看出: 六个处理之间均达到了 1% 和 5% 的显著性差异。萝卜氮磷钾肥施用量为  $N_{20}P_{15}K_{20}$  产量最高达 5324.0 公斤/亩, 施肥效益最大 3045.4 元/亩, 产值也是最大为 3194.4 元/亩, 与各个处理均达到 5% 和 1% 显著性。说明  $N_{20}P_{15}K_{20}$  处理为最佳处理。最高钾肥使用量  $N_{20}P_{15}K_{25}$  处理产量为第 2 位, 达 587.3 公斤/亩, 施肥效益也是第 2 位 2955.6 元/亩, 产值为第 2 位 3115.6 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, 萝卜的产量、产值和效益均随钾肥使用量的增加而增加。当钾肥用量到 25 公斤/亩时, 萝卜的产量、产值和效益均比钾肥用量 20 公斤/亩时低。萝卜最佳施肥处理为  $N_{20}P_{15}K_{20}$ 。

表6 萝卜钾肥试验(周口项城市2005年),底施2000公斤/亩有机肥

施肥处理			产量	显著性		增产		经济分析(元/亩)				产投比
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	公斤/亩	5%	1%	公斤	%	产值	化肥成本	施肥效益	增收	
20	20	0	4605.3	f	F	—	—	2763.2	105	2658.2	—	26.3
20	20	5	4808.7	e	E	203.3	4.4	2885.2	116	2769.2	111.0	24.9
20	20	10	5004.0	d	D	398.7	8.7	3002.4	127	2875.4	217.2	23.6
20	20	15	5137.3	c	C	532.0	11.6	3082.4	138	2944.4	286.2	22.3
20	20	20	5324.0	a	A	718.7	15.6	3194.4	149	3045.4	387.2	21.4
20	20	25	5192.7	b	B	587.3	12.8	3115.6	160	2955.6	297.4	19.5
LSD <sub>0.05</sub> =116.4			LSD <sub>0.01</sub> =165.6	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、萝卜 0.60								

根据表6计算出萝卜与钾肥用量之间回归方程为:

$$Y = 4580.6 + 56.9K - 1.215K^2, \text{ F值为: } 38.07, \text{ 相关系数 } R = 0.980. \text{ (方程中K为 } K_2O \text{)}$$

根据方程计算出最高产量钾肥使用量为23.4公斤/亩,萝卜产量为5246.8公斤/公顷。

### 三、示范效应与效益分析

#### 3.1 小麦施用钾肥的示范结果

小麦示范在汝南大田示范施钾示范田中,施用钾肥处理比不施钾肥处理均表现出增产效果,提高10.6%,每公斤氧化钾增产小麦3.5公斤。产值比不施钾肥处理多62.5元/亩,施肥效益多36.1元/亩。投入比不施钾处理多26.4元/亩。增收9.7元/亩。

表7 小麦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	肥料成本 元/亩	施肥 效益	产投比
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		公斤	%					
小麦	汝南	18	8	0	393	—	—		589.0	78.0	511.0	7.6
小麦	汝南	18	8	12	434	41.7	10.6	3.5	651.5	104	547.1	6.2
注: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、小麦 1.5												

#### 3.2 玉米施用钾肥的示范结果

玉米施用钾肥的增产效果,在大田示范中也表现非常明显。施用钾肥处理比不施钾处理增产效果显著。舞钢玉米大田示范施钾示范田,施用钾肥处理比不施钾肥处理增产84.4公斤/亩,提高19.8%,每公斤氧化钾增产玉米7.03公斤,产值比不施钾肥处理多109.7元/亩,施肥效益多83.3元/亩,从玉米示范结果看,施用钾肥,投入有增加,但收入比投入更高,施用钾肥是很划算的。

表8 玉米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	肥料成本 元/亩	施肥 效益	产投比
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		公斤	%					
玉米	舞钢	15	8	0	425	—	—	—	552.9	69.0	483.9	8.0
玉米	舞钢	15	8	12	510	84.4	19.8	7.03	662.7	95.4	567.3	6.9
注：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、玉米 1.3												

### 3.3 萝卜、大白菜使用钾肥的示范结果

蔬菜使用钾肥的效果明显大于大田作物小麦、玉米等，施用钾肥处理比不施钾处理增产效果显著。大白菜施用钾肥处理增产714.0公斤/亩，提高12.8%，每公斤氧化钾增产35.7公斤产量，产值比不施钾肥处理高357.0元/亩，施肥效益高313.0元/亩。

萝卜使用钾肥处理增产686.0公斤/亩，提高15.2%，每公斤氧化钾增产34.3公斤，产值比不施钾肥处理高411.6元/亩，施肥效益高367.6元/亩。

表9 萝卜、大白菜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	肥料成本 元/亩	施肥 效益	产投比
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		公斤	%					
白菜	汤阴	20	15	0	5593	—	—	—	2796.3	105.0	2691.3	26.6
白菜	汤阴	20	15	20	6307	714	12.8	35.7	3153.3	149.0	3004.3	21.2
萝卜	周口	20	15	0	4520	—	—	—	2712.0	105.0	2607.0	25.8
萝卜	周口	20	15	20	5206	686	15.2	34.3	3123.6	149.0	2974.6	21.0
注：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、白菜 0.5，萝卜 0.60												



## 钾肥对生姜产量和品质的影响

崔荣宗 李彦 杨果 董晓霞 魏建林

(山东省农科院土肥所 250100)

**摘要:** 生姜是喜钾作物, 每生产 1000 公斤生姜需吸收  $K_2O$  11.47 公斤, 是氮吸收量 (5.76 公斤/1000 公斤) 的 2 倍, 磷吸收量 (2.54 公斤/1000 公斤) 的 4.5 倍。我们在当地习惯施肥基础上进行了钾肥不同用量和不同钾肥品种的试验, 结果表明, 当地土壤条件下, 每亩施用  $K_2O$  15 公斤效果最好, 可增产生姜 20.0%; 较不施钾肥处理的生姜品质明显提高, 可溶性糖、Vc、挥发油含量分别提高 31.5%、10.6% 和 25%; 等钾量的硫酸钾和氯化钾对生姜产量和品质的效果没有显著差异。

**关键词:** 钾肥 生姜 产量 品质

山东省莱芜市是全国著名的生姜产区, 全市栽培面积达到 16.5 万亩, 被命名为“中国生姜之乡”。莱芜生姜有两千多年的栽培种植历史, 以其姜块肥大、皮薄丝少、辣浓味美、色泽鲜润而著称。目前当地生姜施肥存在的主要问题是氮磷肥用量高, 钾肥施用严重不足, 导致了生姜品质下降, 产品的出口屡遭限制。当地农技部门在科普宣传中, 认为生姜只能施用硫酸钾, 氯化钾会降低生姜的品质, 并对生姜生长造成危害, 这些宣传对农民产生误导。为了提高农民对平衡施肥的认识, 提高生姜产量和品质, 增加农民收益, 2002 年我们在莱芜市的寨里镇安排了同等氮磷用量基础上的不同钾肥用量和钾肥品种试验, 以观察钾肥对生姜产量和品质的影响以及氯化钾、硫酸钾对生姜的产量和品质的效果, 找出适合当地土壤条件的施肥用量和比例, 为在当地广泛推广平衡施肥提供科学依据。

## 一、材料和方法

### 1.1 供试土壤

试验安排在莱芜市寨里镇魏王许村, 供试土壤为潮土, 质地轻壤, 土壤养分状况见表 1。

表 1 供试土壤理化性状

pH	OM (%)	Ca	K	$NH_4^+$	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
					(毫克/公斤)						
7.2	1.1	2823.7	115.2	12.54	35.7	85.6	2.86	4.05	12.4	4.3	4.65

### 1.2 试验处理

试验设 5 个处理, 3 次重复。小区面积 30 平方米, 随机排列。试验处理见表 2 (单位: 公斤/亩)。肥料品种: 氮肥用尿素, 磷肥用普通过磷酸钙, 钾肥用加拿大产氯化钾和国产硫酸钾。

表2 试验处理和肥料用量（公斤/亩）

处 理	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O(KCl)	K <sub>2</sub> O(K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )
处理 1	10	5	—	—
处理 2	10	5	10	—
处理 3	10	5	15	—
处理 4	10	5	20	—
处理 5	10	5	—	15

### 1.3 施肥方法

2002年6月10日将全部磷钾肥和1/3的氮肥开沟施入，并浇足水，其余氮肥于8月5日沟施。其它栽培管理措施均一致，同当地习惯。

## 二、试验结果与讨论

### 2.1 不同处理对生姜植物学性状的影响

于收获时每小区抽取20株生姜植株，测定生姜的株高、分枝数、单株茎叶重、单株鲜姜块重等植物学性状，结果见表3。

表3 不同施肥处理对生姜的影响

处理	株高（厘米）	分枝数（个）	单株茎叶重（克）	单株鲜姜重（克）
1	78.9	10.8	613.0	566.7
2	87.3	11.5	710.0	646.7
3	79.5	13.3	680.0	670.0
4	86.8	12.4	700.0	666.7
5	85.6	12.8	723.3	680.0

从以上结果看，在钾肥施用量10—20公斤/亩范围内，施用钾肥比不施用钾肥，生姜的各方面性状都有明显改善。每亩施用10公斤K<sub>2</sub>O时，株高增加最多，达到10.6%；分枝数是生姜产量的重要指标生姜分枝数在每亩施钾量15公斤时最高，较对照增加23.1%；单株茎叶重和单株鲜姜重也是决定生姜产量的重要指标，施钾处理明显提高，而且以每亩施用15公斤K<sub>2</sub>O的硫酸钾处理最高，分别增加18.0%和20.0%。从综合性状看，在15公斤/亩施钾量下，生姜的产量性状表现最优，生物学产量和经济产量比例比较协调。施用等钾量硫酸钾和氯化钾，生姜的植物学性状没有明显差异。合理施用钾肥，能明显改善生姜植物学性状，有利于生姜高产、稳产。

### 2.2 不同施钾处理对生姜产量的影响

不同钾肥处理的产量见表4。

从试验结果看，在每亩施用10—20公斤氧化钾的用量范围内，施用钾肥均增产，在每亩15公斤用量时产量最高，用硫酸钾和氯化钾分别增产18.2%和20.0%。施钾量超过15公斤/亩后，增产幅度下降。施用硫酸钾比用同钾量氯化钾增产效果略高但无显著差异。统计分析显示，所有施钾处理均比对照显著增产，达到极显著差异水平；施用等钾量的硫酸钾和氯化钾的处理，产量差异不显著。从经



表4 不同钾肥处理对生姜产量的影响

处理	小区产量 (公斤)	产量 (公斤/亩)	增产 (公斤/亩)	增产 (%)
1 (CK)	145.3	3228.9	—	—
2	165.8	3684.7	455.8	14.1
3	171.8	3817.7	588.8	18.2
4	170.9	3798.7	569.8	17.6
5	174.4	3874.7	645.8	20.0

济效益的角度来分析,每公斤 $K_2O$ 可增产生姜39公斤,增收36元,施用钾肥每亩增收540元,施钾效益非常显著。

### 2.3 不同施钾处理对生姜品质的影响

生姜收获后,对对照、施用氯化钾和施用等钾量硫酸钾3个处理的生姜品质进行了分析,分析结果见表5。

表5 施用钾肥对生姜品质的影响

处理	干物质 (%)	可溶性糖 (%)	淀粉 (%)	纤维素 (%)	维生素C (毫克/公斤)	挥发油 (毫克/公斤)
1 (CK)	15.23	4.32	8.63	5.45	4.7	0.20
3 (KCl)	16.55	5.68	8.68	6.03	5.2	0.27
5 (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	16.72	6.02	8.55	6.01	5.3	0.25

从分析结果看,施用钾肥对生姜干物质和可溶性糖的含量均有明显提高,增加幅度分别达到8.7%和31.5%以上。说明钾在促进光合作用和碳水化合物形成以及促进糖分的运输方面有重要作用。施钾处理生姜Vc含量提高10.6%以上,硫酸钾和氯化钾效果一致。挥发油是生姜品质的重要指标,也是表现生姜风味的重要成分,从分析结果看,施钾提高挥发油含量25%以上,显著提高了生姜品质。钾对纤维素含量和淀粉含量影响不大。从上表可以看出,施用等钾量的氯化钾和硫酸钾,对生姜品质的效果都有显著提高,二者之间差异不明显。

## 三、小结

3.1 在氮磷基础上施用钾肥,能显著提高生姜产量,增产幅度达到14%—20%。每亩钾肥用量15公斤时增产效果最好。

3.2 施用钾肥可以显著提高生姜的品质,生姜可溶性糖、淀粉、挥发油、Vc等品质指标均有明显提高。

3.3 氯化钾和硫酸钾之间,在等量养分用量条件下,对生姜的产量、品质的效果基本一致,没有明显差异。

3.4 在当地条件下,生姜施肥比较适宜的用量为10公斤N/亩、5公斤 $P_2O_5$ /亩、15公斤 $K_2O$ /亩,比例为2:1:3。



## 蔬菜的养分吸收特性与钾肥利用率的研究

朱静华 李明悦 高贤彪 王正祥 张国刚

(天津市农业资源与环境研究所, 天津 300192)

**摘要:** 本研究在大量试验和示范基础上进行的,菜田土壤养分变化较大,总变异系数平均为 36.29%。土壤铵态氮平均含量为 12.4毫克/公斤;有效磷含量露地、保护地分别为 58毫克/公斤、144毫克/公斤;有效钾含量露地、保护地分别为 135毫克/公斤、149毫克/公斤。农民习惯每年施有机肥(以鸡肥为主) 1.3 - 4.0吨/亩;化肥以尿素和二铵为主,钾肥施用较少。蔬菜磷素吸收量 1.59(公斤/1000公斤) 低于氮素吸收量 3.94(公斤/1000公斤) 和钾素吸收量 4.45(公斤/1000公斤),叶菜类作物氮磷钾的吸收量低于果菜类、瓜菜类和根茎菜作物的吸收量。蔬菜的钾肥利用率平均是 26.93%,果菜类作物钾肥利用率 30.18% >瓜菜类 28.81% >根茎类 25.83% >叶菜类 22.91%。钾肥对蔬菜产量的影响,每公斤  $K_2O$  平均增产 49.3公斤,增产幅度是 8.3%-48.4%。

**关键词:** 蔬菜作物, 氮素吸收量, 磷素吸收量, 钾素吸收量, 钾肥利用率

蔬菜是天津农业发展的支柱产业,它在农业经济发展和增加农民收入方面,发挥着日益重要的作用。天津菜田面积 94.2 万亩。菜田播种面积 201.9 万亩,复种指数 2.14。为了获取高产出、高收益,农民肥料的投入成倍增长,造成了资源的极大浪费。农业环境质量变得越来越差,特别表现在水、土、气等方面。因此要实现蔬菜的高产、高效、优质生产与科学的土壤养管理 and 合理施肥是密不可分的。

天津市西青区是天津市蔬菜种植较集中地区之一。菜田位于天津市西南部,全区蔬菜面积 58920 亩。为了减少资源的浪费,需要实行合理、科学的施肥。在钾磷研究所的资助下,自 2001 年以来,选取在天津市西青区辛口镇第六埠村无公害蔬菜示范区为基地,开展了多种轮作制下以钾肥施用为中心的试验、示范共 30 个蔬菜品种 80 项田间对比试验,本文主要探讨当地种植方式和轮作制下的土壤养分变异、不同蔬菜品种对氮磷钾素吸收及钾肥当季利用率的研究。

### 一、材料和方法

#### 1.1 试验地点的选定

选天津市有代表性的菜园潮土—天津市西青区辛口镇第六埠村无公害蔬菜示范区,面积 2300 亩,根据当地种植方式和轮作制选点进行田间试验。

#### 1.2 供试土壤

选取耕层土壤(0—20厘米),其中包括露地,中小拱棚、日光温室等保护地。

### 1.3 分析项目及方法

采用ASI法<sup>[1]</sup>测定土样的速效养分含量。由北京中加合作土壤植株实验室完成。根据蔬菜主要轮作制采蔬菜作物样品分析氮磷钾养分吸收状况，由天津市农业资源与环境研究所完成。

### 1.4 试验及示范

根据当地种植方式和轮作制选点进行小区试验和大区示范。自2001年以来，开展了约30个蔬菜品种80项试验。

## 二、结果及讨论

### 2.1 试验点土壤养分变化及限制因子分析

试验区的菜田为老园田，种菜历史30年以上，由于大量施用有机肥，精耕细作，加速了土壤熟化过程，土壤肥力较高<sup>[2]</sup>。采用ASI法<sup>[3]</sup>分析结果见表1。结果显示由于施肥量大，土壤养分含量变异明显。各种养分总变异系数平均为36.29%，其中大中量元素为28.75%，微量元素为49.87%；土壤有效养分含量除N素外均大大高于ASI法推荐的临界值指标，显示出菜田土壤的肥力特点。其中磷素积累明显。保护地平均有效磷含量是露地的2.48倍，更突出了磷的富集特征<sup>[5]</sup>。磷与微量元素的变异系数较大，体现了菜田的个体养分管理差异明显。土壤铵态氮平均含量为12.4毫克/公斤，变异系数小于15%，大大低于ASI法推荐的临界值50毫克/公斤指标，这是由于蔬菜吸收量大，灌水频繁，在每作收获后，土壤残留很少。露地、保护地土壤有效钾含量平均值分别为135、149毫克/公斤，80%样点有效钾含量小于160毫克/公斤。从种植方式的农户习惯施肥看，大部分注重氮磷肥而忽视钾肥的施用。钾的补充主要靠有机肥的施用，部分农户选用三元复合肥。根据北京市农林科学院土肥所对北京郊区大白菜地钾素的分级标准<sup>[4]</sup>：相对产量在70%—90%，土壤有效钾含量在141—200(毫克/公斤)的为中等钾素肥力水平判断。该地区土壤钾素属于中等偏下肥力水平，需要重视钾肥在蔬菜上的合理施用。

微量元素养分含量基本高于ASI法临界值指标，可在具体情况上进行施肥指导。从平衡施肥设计上提出补钾减磷增效的原则。(表1见43页)

### 2.2 种植及施肥状况

试验菜田紧邻天津市独流减河，属河流冲积物母质，地势平坦。土壤类型为中壤质菜园潮土。蔬菜品类繁多，种植制度复杂。有黄瓜、番茄、莴笋、芹菜等30多种蔬菜，露地和保护地有十多种轮作方式，复种指数高。轮作及施肥状况见表2。农民习惯施肥每年每亩施有机肥(以鸡肥为主)1.3—4.0吨。化肥以尿素和二铵为主，钾肥施用较少。(表2见43页)

### 2.3 蔬菜作物氮磷钾养分吸收特性的研究

根据以上分析，我们对蔬菜作物氮磷钾养分吸收特性进行了研究，先后进行了30种蔬菜80多项田间试验和植物样品采集，分析研究了各种蔬菜形成千公斤产量吸收的氮磷钾总量(见表3)。氮素吸收量较高的作物是果菜类的菜花6.80公斤/1000公斤、辣椒7.82公斤/1000公斤和豆角7.27公斤/1000公斤；较少作物是叶菜类的芹菜1.24公斤/1000公斤、茼蒿1.65公斤/1000公斤。磷素吸收量较高的作物是瓜菜类的西葫芦3.90公斤/1000公斤和根茎菜的早萝卜3.67公斤/1000公斤；最低是叶菜类的茼蒿0.38公斤/1000公斤。钾素吸收量较低作物是叶菜类作物(香菜除外)；其他三类作物的菜花、辣

椒、番茄、莴笋、球茎茴香、西甜瓜、菜瓜和西葫芦较高。总的来看,叶菜类作物吸收氮磷钾量要低于果菜类、根茎菜和瓜菜类的作物。所以今后在蔬菜施肥时,应注意少施磷肥增补钾肥的施入量。(表3见44页)

## 2.4 蔬菜作物中钾肥利用率的探讨

肥料利用率是平衡施肥的主要参数之一,它的高低直接影响施肥量的合理性。由于受当地种植模式的影响,农民大量施用氮磷肥,所以氮磷肥当季利用率相对较低,通过田间试验也证明了这一点。我们讨论的钾肥利用率就是钾肥当季利用率,根据多年试验结果证明,大部分蔬菜作物是喜钾作物,钾素吸收量较高,钾肥利用率平均是26.93%。相比之下,叶菜类作物钾肥利用率较低,是22.91%,与上面蔬菜钾肥吸收特性结果相一致,叶菜类作物吸收钾肥效果较差。果菜类作物钾肥利用率30.18% > 瓜菜类28.81% > 根茎类25.83% > 叶菜类22.91%。详细结果见表4。同时钾肥施用对蔬菜产量也造成很大的影响,每公斤 $K_2O$ 平均增产49.3公斤,影响比较大的作物是冬瓜153公斤/公斤 $K_2O$ 、黄瓜135公斤/公斤 $K_2O$ 和白菜91.67公斤/公斤 $K_2O$ ,蔬菜的增产幅度为8.3% - 48.4%。钾肥的施用改善了蔬菜品质,对瓜果类作物外观和口感都有明显的提高。(表4见45页)

## 三、小结

3.1 本研究菜田土壤养分变化较大,总变异系数平均为36.29%。磷(露地59.4%、保护地85.4%)和微量元素(49.87%)变异系数较大。

3.2 土壤铵态氮平均含量为12.4毫克/公斤,变异系数小于15%,大大低于ASI法推荐的临界值50毫克/公斤指标。

3.3 露地、保护地土壤有效钾含量平均值分别为135、149毫克/公斤,80%样点有效钾含量小于160毫克/公斤,土壤钾素属于中等偏下肥力水平。

3.4 叶菜类作物氮磷钾的吸收量低于果菜类、瓜菜类和根茎菜作物的吸收量。

3.5 蔬菜的钾肥利用率平均是26.93%,果菜类作物钾肥利用率30.18% > 瓜菜类28.81% > 根茎类25.83% > 叶菜类22.91%。

3.6 钾肥施用对蔬菜产量和品质的影响。每公斤 $K_2O$ 平均增产49.3公斤,增产幅度为8.3% - 48.4%。对一些瓜果菜作物外观和口感都有明显的提高。

### 主要参考文献

[1] Ball D F. and Williams W M. Variability of soil chemical properties in two uncultivated brown earth. J. Soil. Sci. 1968.19:379-391.

[2] 周惠珍, 龚子同. 土壤空间变异性研究. 土壤学报. 1996. 33(3): 232-241

[3] Zhou yimin, Zhu jinghua, Jing haichun ed, Characteristics and nutrient diagnosis of vegetable soils in Tianjin. 1993, Acta Agriculture Boreali-Sinica. 8: 98-105.

[4] Dowel S and Porch S (1988) A Systematic approach for determining soil nutrient constrains and establishing balanced fertilizer recommendations for sustained high yields. In: Proceedings of the soil international Symposium on balanced fertilization. November 8-12, Beijing, China.

[5] 沈汉. 京郊菜园土壤元素累积与转化特征. 土壤学报. 1990. 27(1): 104-106

(图见29页)

表1 菜园土土壤速效养分状况

项目	露地(毫克/公斤)		保护地(毫克/公斤)		变异系数 CV %		ASI 法推荐的临界值指标
	范围	平均	范围	平均	露地	保护地	
pH	7.7-8.2	7.95	7.4-8.3	7.89	1.5	2.4	
OM	0.2-0.8	0.4	0.3-0.8	0.46	22.9	24.6	
Ca	1471-3273	2662	1964-3848	2563	13.0	14.0	<400
Mg	382-1064	770	441-1798	969	24.6	23.9	<120
S	49-258	123.8	43-200	126	23.7	28.5	<12
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	4.3-26.3	11.5	6-65.7	14.6	14.6	12.4	<50
P	4.3-209.2	58	18.5-447.8	144	59.4	85.4	<12
K	82.3-279.3	135	84.8-245.6	149	23.3	26.6	<80
B	0.75-16.1	2.9	0.8-11.1	3.9	68.3	60.5	<0.2
Cu	2-19.1	5.1	2.9-12.8	4.9	58.3	35.5	<1
Fe	7.6-39.4	15.0	9.1-56.0	20.5	32.8	45.3	<10
Mn	3.3-13.6	8.5	2.5-15	7.4	24.4	39.9	<5
Zn	1.7-14.2	5.3	2.9-25.8	9.2	53.4	46.1	<2

表2 第六埠村蔬菜主要轮作制度及农民习惯施肥(公斤/亩)

		露地			保护地				
时间	作物	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	时间	作物	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
4-7月	黄瓜	39.9	16.0	8.9	早春菜 2-5月	圆白菜	12.0	23.0	0
	茄子	28.5	18.5	0		莴笋	18.0	46.0	0
	线豆角	23.3	18.5	0		西葫芦	9.0	23.0	0
	豆角	19.5	18.5	0	春夏菜 3-7月	黄瓜	42.5	18.5	10.2
	菜瓜	19.9	16.0	8.9		冬瓜	39.9	16.0	8.9
				番茄		20.0	23.0	0	
8-11月	白菜	32.0	23.0	6.8	秋冬菜	茄子	31.1	40.0	6.8
	菜花	19.5	18.5	0		芹菜	13.3	24.0	0
	青萝卜	24.3	21.5	0	9月- 转年1月	菠菜	9.0	23.0	0
	大葱	28.0	20.0	0		茴香			
	旱萝卜	21.0	18.4	0		小白菜 生菜 茼蒿等	7.5	7.5	0

表3 蔬菜形成千公斤产量吸收的氮磷钾量

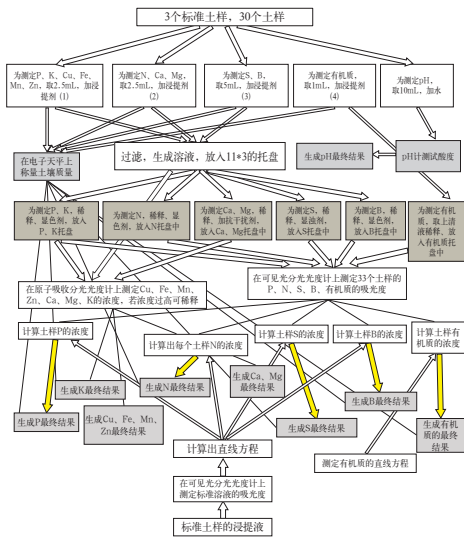
作物类别	作物	试验数(个)	1000公斤产量吸收养分量(公斤/1000公斤)			平均产量 (公斤/亩)
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
叶菜类	白菜	4	2.09	0.80	2.14	6079
	圆白菜	5	4.12	1.45	2.17	3075
	芹菜	7	1.24	0.73	3.20	7020
	茼蒿	2	1.65	0.38	2.44	2070
	生菜	2	2.40	1.04	4.41	1625
	油麦菜	1	2.30	1.00	3.96	3377
	香菜	2	4.36	1.54	6.00	3040
	茴香	4	3.12	0.81	4.22	1027
	油菜	3	2.05	0.81	3.10	2156
	菠菜	1	3.48	1.15	4.91	1200
	小葱	1	2.68	1.71	2.48	1836
	平均		2.68	1.04	3.55	
果菜类	菜花	5	6.80	2.33	5.93	1862
	辣椒	2	7.82	1.39	8.84	1401
	茄子	7	2.53	0.92	3.09	2371
	番茄	5	3.09	1.21	5.11	3342
	豆角	3	6.82	1.70	2.82	1397
	线豆角	2	7.72	2.37	3.97	1718
	平均		5.80	1.65	4.96	
根茎菜	莴笋	5	5.02	2.55	8.36	1625
	球茎茴香	1	4.84	2.03	8.96	1975
	旱萝卜	1	3.68	3.67	4.76	5408
	青萝卜	5	4.05	1.42	3.72	2409
	平均		4.40	2.42	6.45	
瓜菜类	冬瓜	5	2.10	0.85	2.38	9945
	黄瓜	3	3.40	1.61	3.60	5539
	西葫芦	4	5.15	3.90	5.33	3113
	网纹甜瓜	1	3.80	1.44	2.35	2065
	西甜瓜	1	5.22	2.33	6.11	1514
	菜瓜	2	4.73	1.29	5.71	1260
	平均		4.07	1.90	4.25	

表4 钾肥当季利用率及钾肥对产量的影响

蔬菜类别	作物	试验个数	增产量 (公斤/公斤 K <sub>2</sub> O)	产量增加幅度 (%)	K肥利用率 (%)
叶菜类	白菜	4	91.67	14.6-28.6	21.57
	圆白菜	5	61.11	25.0-36.4	21.94
	芹菜	7	59.38	10.6-27.1	26.85
	茼蒿	2	55.00	15.4-38.0	15.53
	生菜	2	41.67	15.0-16.7	41.51
	油麦菜	1	22.67	8.4	19.25
	香菜	2	30.00	10.0-12.6	31.25
	茴香	4	22.58	19.3-40.1	10.83
	油菜	3	36.44	8.4-25.0	13.25
	菠菜	1	33.33	40.00	27.08
	小葱	1	13.33	8.40	1.12
	平均			42.47	
果菜类	菜花	5	11.75	9.9-12.2	20.65
	辣椒	2	5.58	8.5-10.0	48.84
	茄子	7	54.07	14.3-30.8	23.61
	蕃茄	5	60.42	15.6-25.8	27.60
	豆角	3	20.00	16.7-20.6	7.24
	线豆角	2	36.25	21.2-46.7	11.32
	平均			42.69	
根茎菜	菜笋	5	15.17	8.3-15.4	30.18
	球茎茴香	1	60.00	20.10	36.54
	青萝卜	5	47.67	22.3-37.5	16.68
	旱萝卜	1	42.30	8.60	19.92
	平均			41.29	
瓜菜类	冬瓜	5	153.00	16.7-25.0	26.03
	黄瓜	3	135.00	27.9-48.4	35.95
	西葫芦	4	34.56	32.6-10	12.74
	网纹甜瓜	1	66.83	48.2	10.52
	西甜瓜	1	19.28	23.3	63.45
	菜瓜	2	15.56	15.0-25.0	24.15
	平均			70.71	

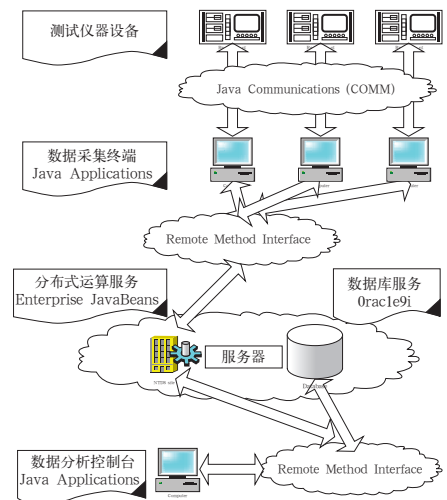
# ASI 方法的实验数据采集与分析技术

中一加合作实验室土壤植株测试流程图



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

《实验数据采集与分析系统》逻辑关系图



## 数据采集与分析系统工作流程描述

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

测试数据采集终端

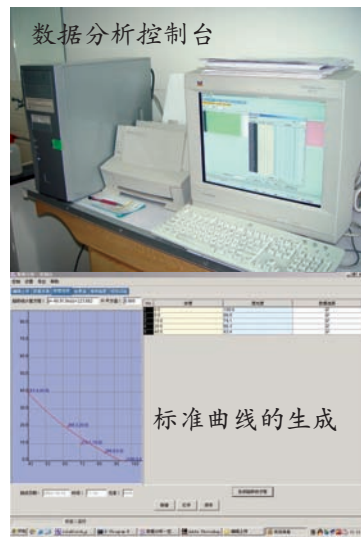


土壤 pH 值采集终端



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

数据分析控制台



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