

BETTER CROPS CHINA
2004年5月（总第12期）



本期内容
平衡施肥新进展
农业的平衡行为
莴笋的营养品质
大葱的配施营养
云南的烤烟施肥
无公害蔬菜生产
杨树的平衡施肥

高 效 施 肥



| | |
|---|---|
| <p style="text-align: center;">高效施肥 2004 年 5 月</p> <p style="text-align: center;">本期目录 页数</p> <p>加拿大钾肥公司在中国的平衡施肥 示范项目 (12) 1</p> <p>土地 2</p> <p>农业的平衡行为 3</p> <p>钾与硫锌配施对大葱产量和品质影响 5</p> <p>不同氮水平对高油玉米产量品质影响 8</p> <p>养分平衡对云南烤烟产量和品质影响 12</p> <p>磷钾施用对鱼草产量及经济效益影响 18</p> <p>平衡施肥对芦笋营养品质的影响 21</p> <p>杨树平衡施肥及经济效益分析 26</p> <p>有机肥料、无机肥料与无公害蔬菜 29</p> <p>河南褐土施氮磷钾对小麦玉米影响 36</p> | <p>主编：金继运 编辑：陈防、涂仕华、梁鸣早</p> |
| <p>《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</p> | <p>国际项目总部 - Saskatoon, Saskatchewan, 加拿大 M.D. Stauffer, President, PPIC, and Senior Vice President, International Programs, PPI T.L. Roberts, V.P., PPIC, Latin America Programs</p> <p>理事会 William J. Doyle, Chairman of the Board President and CEO, PotashCorp Fredric W. (Friz) Corrigan, Vice Chairman of the Board, CEO and President, Mosaic David W. Dibb, President and Ex Officio Member of the Board Michael M. Wilson, President and CEO Agrium Inc. Robert P. Jornayvaz, III, Owner/Manager Intrepid Mining, LLC William J. Whitacre, Chairman Finance Committee PPI Board of Directors Simplot Jack Gale, President, Yara North America Yara International</p> <p>行政办公室 - Norcross, Georgia, 美国 D.W. Dibb, President, PPI T.L. Roberts, Senior Vice President, PPI</p> <p>北美项目总部 - Brookings, South Dakota, 美国 P.E. Fixen, Senior Vice President, PPI</p> <p>中国项目部 金继运主任， 梁鸣早女士，北京办事处 陈防副主任，武汉办事处 涂仕华副主任，成都办事处</p> |
| <p>网页： http://www.ppi-ppic.org http://cclab.caas.ac.cn</p> <p>邮件地址： 主编：金继运 jyjin@ppi-ppic.org 编辑：陈防 fchen@ppi-ppic.org 涂仕华 stu@ppi-ppic.org 梁鸣早 mzliang@ppi.caas.ac.cn</p> | <p>会员公司： Agrium Inc. Yara International Intrepid Mining, LLC Mosaic PotashCorp Simplot</p> |
| <p>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。</p> | |

加拿大钾肥公司在中国的平衡施肥示范项目报告 (12)

---平衡施肥：作物优质高产高效生产的关键技术

金继运

PPI/PPIC 中国项目部，北京

**Report on Canpotex Balanced Fertilization Demonstration Program (BFDP)
in China (12)**

**----Balanced fertilization: the key technology for high yield, high quality and
high efficiency in crop production**

Jin Jiyun

PPI/PPIC China program, Beijing



本出版物自 1998 年 9 月创刊以来，一直由加拿大钾磷研究所 (PPI/PPIC) 中国项目部副主任王家骧博士任主编。六年来，王家骧博士为本刊的编辑和发行付出了辛勤的劳动，做出了卓越的贡献。最近，王家骧博士从 PPI/PPIC 退休，不得不与各位读者和老朋友告别。我们共同祝愿王家骧博士退休后身体健康、生活愉快、全家幸福。

由于王家骧博士的退休，本出版物的主编和编辑部也做了相应的调整。但是，本刊为中国农业发展、农村兴旺和农民致富服务的宗旨不会改变。加拿大钾磷研究所中国项目部的全体工作人员决心与 PPI/PPIC 在中国的合作伙伴和同事们一起努力，把本刊办的更好。为广大农业科技人员提供有关土壤肥料最新技术和信息，为农民朋友提供切实可行的技术，通过土壤肥料科技的进步推动农业的发展，为解决“三农”问题做出贡献。

刊物自创刊至今一直用《高产施肥》的名称。充分体现了我国在有限的土地上生产足够的粮食和其他农产品的国家目标。从创刊号到 11 期着重收集刊出了大量的有关通过土壤养分科学管理和合理施肥提高农作物产量的优秀文章，尤其是加拿大钾肥公司(Canpotex)在中国的平衡施肥示范项目 (BFDP) 和加拿大钾磷研究所(PPI/PPIC)执行的中国和加拿大政府间合作《中国农业持续发展中的土壤养分管理》(NMS) 等项目中的研究成果，为农业科技人员和农民提供了大量先进而实用的技术，传播了知识，为农作物产量的提高，为我国解决温饱问题做出了贡献。

当前，我国已经解决了温饱问题，全国人民在十六大精神鼓舞下，正在为全面建设小康社会而努力奋斗。社会的发展对农产品品质 and 环境质量等提出了更高的要求。中国加入了世界贸易组织 (WTO)，中国的农民要参与激烈的国际竞争，要求生产具国际竞争力的高质量的产品。为此，PPI/PPIC 中国项目部的合作研究和加拿大钾肥公司的平衡施肥示范项目也相应的调整了方向，在继续重视提高产量的同时，重视提高农产品品质和改善生态环境等。鉴于这种战略上的调整和转变，本刊自本期起，更名为《高效施肥》，重点传播土壤养分科学管理和有机无机养分资源合理利用技术，通过土壤和肥料科学技术的进步，实现农业的优质、高产、安全和环保的目标。

无论是以前的以高产为主要目标的养分管理，还是目前以优质、高产、环保和安全生产为综合目标的“高效施肥”，其核心技术都是“平衡施肥”。目前，加拿大钾磷研究所(PPI/PPIC)中国项目部在农业部的大力支持和协调组织下，在加拿大钾肥公司(Canpotex)和加拿大国际发展署的赞助下，和全国有关农业科研教育单位通力合作，已经将平衡施肥项目推向了全国，在全国 31 个省 (市、自治区) 范围内全面展开。今后本刊将陆续将合作项目中最新的研究成果，将“高效施肥”的最新技术和知识奉献给大家。



土地

The Land

By B.C Darst

Excutive Vice President
Potash & Phosphate Institute
Norcross, Geogia

纵观历史，男人和妇女曾舍弃生命来捍卫他们的土地。圣经的《列王纪》21 章中记载了一个较早的例子，说有一个土地所有者宁可被杀死也不愿屈从交出他拥有紧靠着皇宫的一小块地产。

同样，根据圣经《创世记》第 2 章，上帝把第一块土地永久性赐予亚当。在《旧约全书》《利未记》的第 25 章中，上帝强调了侍弄土地的重要性。他命令以色列民族的土地每耕种 7 年要休闲，不可清除植被，让土地自我复原。（但这条命令未被重视，因此，以色列的人民及其土地都遭受了报应。）

以上文献说明了人与土地形同一体，这种关系自古俱在，并且会持续永久。如今，人类必须精心照管土地和必须索取土地上的收获物这两者之间脆弱的互相依赖关系更加明显了。

诺贝尔和平奖获得者诺尔曼·博劳格(Norman Borlaug)博士，曾经将谷物比拟为环绕赤道的高速公路。这条 8 英尺高，65 英尺宽的假想高速公路，象征着全世界人类一年内粮食需求总量。仅仅为了满足人类食物需求，每隔 12 个月这条公路就要翻修，并且还要加长 650 英里。这些数据实在是令人震惊，想一想这样一个事实，即在未来的 25 年中，人均拥有用于粮食生产的可耕地仅约半英亩。

依靠日益减少的人均耕地，农业能满足不断增加的人口的食物需求吗？也许能够，但只有科学家能够继续研究出新的技术使得我们在单位面积的土地上生产出更多的农产品，只有我们能够继续服侍好土地才行。

我已故的哥哥哈克以前是一个农场主和乳牛场主。他笃信圣经，热爱土地。他向我提供了上述圣经中的例子，并且同我一起分享了他有关“土地”的思想。现在我引用他的话，“我可以说人类与土地的依存关系太明显因而不容忽视，并且我相信今天的农民比任何人都努力来保护这份遗产并尽力归还土地所需。”

哈克的话在这两个方面都是正确的。

(谢玲 译 涂仕华 校)



钾与硫、锌肥配施对大葱产量品质的影响

周艺敏 朱静华 王德芳

刘佐 邱荣学

天津市土壤肥料研究所

天津市宝坻区农业科技推广中心

Effect of Application of Potash Combined with Sulfur and Zinc on Scallion Yield and Quality

Zhou Yi-min, Zhu Jing-hua, Wang De-fang, Liu Jia, Qiu Rong-xue

Soil and Fertilizer Institute of Tianjin

Agricultural Science and Technology Extension Centre of Baodi District, Tianjin

天津市宝坻区以生产大葱、大蒜、辣椒闻名，是重要的三辣出口生产基地。该地土壤以潮土和湿潮土为主。土壤养分分析结果表明大部分土壤氮、磷处于亏缺耗竭状态，部分地区土壤钾素、硫素和锌也呈现亏缺状态。为全面提高三辣作物产量，改善品质，增加农民收益，我们开展了大葱平衡施肥试验和示范。

1. 材料和方法

试验在宝坻区王卜庄镇南高村进行。试验区种植基本状况见表1，供试土壤酸碱度为8.2，属石灰性偏碱性土壤。土壤基本性状见表2。养分分析结果显示，该地土壤氮、钾、磷、锌含量处于亏缺状态，硫接近亏缺临界值（养分临界值：S，22mg/kg）。

试验设置4个处理，4次重复，以农家常规（仅施氮磷肥）作为对照。肥料品种：氮肥为尿素，磷肥为磷酸二铵，钾肥为氯化钾。试验处理和施肥状况见表3。

表1. 试验区基本情况

| 作物 | 品种 | 上茬 | 总面积(亩) | 密度(株/亩) | 移栽日 | 收获日期 |
|----|-----|-----|--------|---------|-----------|------------|
| 大葱 | 五叶齐 | 马铃薯 | 3.6 | 20000 | 2003.6.25 | 2003.10.25 |

表2 试验区土壤基本性状毫克/公斤)

| 钙 | 镁 | 钾 | 氮 | 磷 | 硫 | 硼 | 铜 | 铁 | 锰 | 锌 |
|--------|-----|------|------|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|
| 5318.8 | 607 | 77.8 | 20.7 | 1.7 | 21.8 | 3.9 | 3.3 | 14.6 | 9.9 | 0.8 |

表3 大葱小区试验设计及施肥量(公斤/亩)

| 试验处理 | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | 硫磺粉 | 硫酸锌 |
|--------|----|-------------------------------|------------------|-----|-----|
| NP | 20 | 15 | | | |
| NPK | 20 | 15 | 16 | | |
| NPKS | 20 | 15 | 16 | 4 | |
| NPKSZn | 20 | 15 | 16 | 4 | 2.4 |

注:小区面积 80 平方米。磷、钾、锌肥均底施，氮肥在移栽 1 个月后追施。

2. 结果与讨论

2.1 钾与硫、锌配合施用的增产、增收效果

产量调查结果见表4。结果显示根据土壤养分丰缺状况，补足土壤主要养分限制因素，实现平衡施肥是得到高产稳产和好的经济回报的保障。其中钾与硫、锌配合施用比对照亩增收大葱 1188 公斤，达到最高产量；增产 30.2%，净收入增加 540 元/亩。其次

是钾、硫肥配合施用处理，比对照亩增收大葱 883 公斤，增产 22.4%，净收入增加 389 元/亩。增施钾肥比对照亩增收大葱 585 公斤，增产 14.9%，净收入增加 244 元/亩。

表 4. 大葱产量调查结果

| 处理 | 公斤/亩 | 增产 公斤 | 增产 % | 产值 元/亩 | 施肥 成本 | 比对照增收 元/亩 |
|--------|------|----------|---------|-----------|----------|--------------|
| NP | 3938 | 0 | 0 | 1969 | 121 | 0 |
| NPK | 4523 | 585 | 14.9 | 2262 | 170 | 244 |
| NPKS | 4821 | 883 | 22.4 | 2411 | 174 | 389 |
| NPKSZn | 5126 | 1188 | 30.2 | 2563 | 175 | 540 |

注：大葱价格为 0.5 元/公斤

2.2 钾与硫、锌配合施用对品质的影响

钾与硫、锌配合施用明显改善了大葱的外观品质。随机采取 40 棵大葱，平均单株外观品质结果见表 5。与对照对比，配合施肥大葱的株高增加 4-8cm，茎粗增加 0.6-2cm，单株重增加 40-70 克。钾与硫锌配合施用平均株高达 112.9cm，茎粗 9.9cm，单株重 261.3 克，均为 4 个施肥处理中的最高值。



钾、硫、锌肥配合施用大葱粗壮，产量高

表 5. 钾、硫、锌肥配合施用对大葱外观的影响

| 试验处理 | 株高 cm | 茎粗 cm | 单株重 g |
|--------|-------|-------|-------|
| NP | 104.9 | 7.9 | 189.3 |
| NPK | 108.6 | 8.5 | 229.9 |
| NPKS | 109.6 | 9.2 | 236.5 |
| NPKSZn | 112.9 | 9.9 | 261.3 |

收获期采集大葱样本进行了品质分析。图 1 列示了不同施肥处理大葱的 Vc，全糖，粗纤维，粗蛋白含量状况。不同施肥处理间全糖、粗纤维与粗蛋白含量差别不明显。然而配合施肥处理大葱的 Vc 含量比对照增加 31%-66%，这说明平衡施肥可明显改善大葱的一些营养品质。

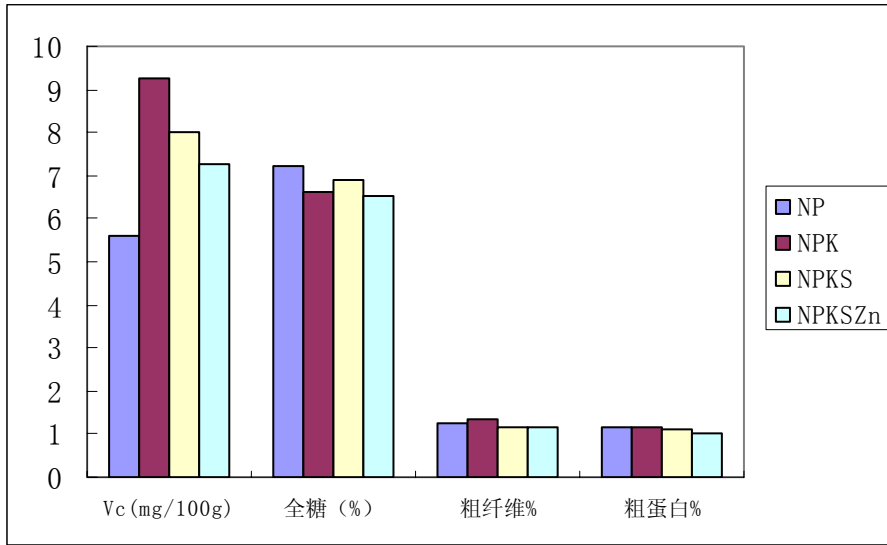


图 1 不同施肥处理对大葱品质的影响

3. 小结

钾与硫、锌配合平衡施肥与农家常规仅施氮磷肥对比，亩增收大葱 1188 公斤，增产 30.2%，净收入增加 540 元/亩。配合平衡施肥明显改善了大葱的外观品质。与农家常规对比，大葱的株高增加 4-8cm，茎粗增加 0.6-2cm，单株重增加 40-70 克。配合施肥处理大葱的 Vc 含量比对照提高 31%-66%。研究结果表明，只有根据土壤养分丰缺状况，在补足土壤缺素后实现平衡施肥才能获得最大的增产、增收、改善品质的效果。



天津市各区县代表考察大葱平衡施肥现场

不同氮水平对高油玉米籽粒产量和营养品质的影响



黄绍文¹ 孙桂芳² 金继运¹ 何萍¹
王秀芳³ 张国刚³ 谢佳贵³ 张宽³

¹中国农业科学院土壤肥料研究所 北京 100081

²中国科学院沈阳应用生态研究所 沈阳 110016

³吉林省农业科学院土壤肥料研究所 公主岭 136100

高油玉米含油量一般在 8.0%-10.0% 之间,而普通玉米含油量一般仅为 4.0%-5.0%。玉米油是一种高质量的食用油,油脂中亚油酸和油酸等不饱和脂肪酸占 80% 以上,对降低血管中的胆固醇和治疗高血压、动脉硬化等有明显的疗效。因此,高油玉米作为一种粮油饲兼用型优质玉米倍受人们青睐,具有较高的利用价值和发展前景。生产实践表明,良种是优质玉米生产的前提,但栽培管理措施和生态环境条件对玉米品质具有十分重要的影响。有关施肥对玉米产量的影响,国内外进行了系统研究,合理施肥对提高玉米产量发挥了重要作用。在施肥与玉米品质关系方面,尤其是在氮肥对玉米籽粒品质的影响方面进行了相当数量的研究。一般认为,一定氮用量范围内施氮能增加玉米籽粒蛋白质含量和氨基酸总量,而施氮对玉米籽粒油分影响的研究结果并不一致。为此,本文对不同氮营养水平对高油玉米籽粒产量与品质的影响进行研究,为优质专用玉米生产技术体系的建立提供依据。

1 材料与方

试验于 2002 年在吉林省公主岭市刘房子村进行,土壤类型为黑土。气候属温带大陆性季风气候,年平均气温 5.6℃,年平均降水量 572.2mm,无霜期在 140~150d。

1.1 供试土壤性质

供试土壤的养分状况的分析结果为,土壤有机质(OM) 2.2%,铵态氮 41.9 毫克/公斤,速效 P、K、Mn、Zn 和 S 分别为 13.8、70.4、98.1、2.1 和 17.8 毫克/公斤,显示出 N、P 和 K 养分不足,为生产上的限制因子。

1.2 试验设计

研究设 6 个处理,处理设计及养分用量见表 1。

表 1 试验设计中不同处理的肥料养分用量

| 处理设计 | 养分用量(公斤/亩) | | |
|-------------------|------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| N ₀ | 0 | 5 | 6 |
| N _{8.3} | 8.3 | 5 | 6 |
| N _{11.7} | 11.7 | 5 | 6 |
| N _{15.0} | 15.0 | 5 | 6 |
| N _{18.3} | 18.3 | 5 | 6 |
| N _{21.7} | 21.7 | 5 | 6 |

三次重复,随机排列。小区面积 20.0m²。供试品种为高油玉米吉油一号,4 月 27 日播

种，密度为 3000 株/亩。试验用氮肥为尿素，磷肥为普通过磷酸钙，钾肥为氯化钾。施肥方法是氮肥按基肥 1/4、追肥 3/4 施用（7 月 2 日），磷肥和钾肥均作基肥。开沟施基肥，覆土，播种，再覆土。其它田间管理按高产田的管理方案进行。成熟后各小区单独收获，取样分析籽粒样品的有关品质指标（蛋白质、氨基酸与油分）。

2 结果与分析

2.1 不同氮营养水平对高油玉米籽粒产量的影响

在施用磷和钾的基础上，不同氮营养水平对高油玉米产量影响较大。表 2 表明，与不施氮处理比较，施氮 8.3 公斤/亩处理显著增产，施氮 11.7、15.0、18.3、21.7 公斤/亩处理均极显著增产。施氮增加产量 63.7~139.0 公斤/亩，平均 99.8 公斤/亩；增产 10.5%~22.9%，平均 16.5%。其中施氮 11.7 公斤/亩处理的产量最高，产量为 745.1 公斤/亩；其次是施氮 15.0 和 18.3 公斤/亩处理，两者产量差异较小，分别为 700.6 和 714.0 公斤/亩，显示本试验条件下高油玉米的适宜氮(N)用量范围为 11.7~15.0 公斤/亩。

表 2 不同氮营养水平对高油玉米籽粒产量的影响

| 处理 | 产量 (公斤/亩) | 显著性检验 | | 施氮增产 | |
|-------------------|--------------|-------|----|--------|------|
| | | 5% | 1% | (公斤/亩) | % |
| N ₀ | 606.1 | A | A | | |
| N _{8.3} | 669.8 | B | AB | 63.7 | 10.5 |
| N _{11.7} | 745.1 | C | C | 139.0 | 22.9 |
| N _{15.0} | 700.6 | Bc | BC | 94.5 | 15.6 |
| N _{18.3} | 714.0 | Bc | BC | 107.9 | 17.8 |
| N _{21.7} | 700.1 | Bc | BC | 94.0 | 15.5 |

为进一步明确氮用量与产量的关系，通过回归分析建立了氮（N）用量与产量关系模型（ $F=13.95^{**}$ ， $P<0.01$ ），其函数表达式如下：

$$Y = 603.5 + 14.582N - 0.468N^2$$

根据该模型计算了最高产量施肥量和经济最佳施肥量。结果表明，最高产量施氮（N）量为 15.6 公斤/亩，经济最佳施氮（N）量为 12.0 公斤/亩（N 和玉米籽粒价格分别按 3.00 和 0.90 元/公斤计算（玉米价格偏低））。

2.2 不同氮营养水平对高油玉米营养品质的影响

2.2.1 对玉米籽粒蛋白质的影响

表 3 不同氮营养水平对高油玉米籽粒蛋白质含量的影响

| 处理 | 蛋白质（%） | 施氮增加蛋白质 | |
|-------------------|--------|---------|------|
| | | 个百分点 | % |
| N ₀ | 9.49 | | |
| N _{8.3} | 10.42 | 0.93 | 9.8 |
| N _{11.7} | 10.75 | 1.26 | 13.3 |
| N _{15.0} | 10.61 | 1.12 | 11.8 |
| N _{18.3} | 10.52 | 1.03 | 10.9 |
| N _{21.7} | 10.16 | 0.67 | 7.1 |

由表 3 可以看到,在施用磷和钾的基础上,各施氮水平较不施氮,均能明显提高高油玉米籽粒蛋白质含量。施氮增加蛋白质 7.1%~13.3%,平均 10.6%。其中施氮 11.7 公斤/亩处理蛋白质含量最高(10.75%),施氮 15.0 公斤/亩处理蛋白质含量(10.61%)次之,显示从蛋白质含量考虑,本试验条件下适宜氮(N)用量范围为 11.7~15.0 公斤/亩,且此范围也能够基本满足氮肥在提高籽粒产量和蛋白质含量之间的同步。

2.2.2 对玉米籽粒氨基酸的影响

在施用磷和钾的基础上,各施氮水平较不施氮,均能显著提高籽粒氨基酸总量和必需氨基酸总量(表 4)。施氮增加氨基酸总量 11.9%~20.3%,平均 17.3%;增加必需氨基酸总量 12.1%~20.7%,平均 17.1%。

增施氮肥对籽粒必需氨基酸和非必需氨基酸总量均有所提高,但对必需氨基酸总量与非必需氨基酸总量的比例基本上没有影响。因此,可以认为,增施氮肥在提高高油玉米籽粒产量和氨基酸总量的同时,可以基本上保证籽粒氨基酸的品质不会变劣。

施氮 11.7 公斤/亩处理的氨基酸总量最高(11.50%),其必需氨基酸总量亦为最高(4.20%),显示从氨基酸总量及其必需氨基酸总量考虑,本试验条件下适宜氮(N)用量为 11.7 公斤/亩左右。

表 4 不同氮营养水平对高油玉米籽粒氨基酸与必需氨基酸含量的影响

| 处理 | 氨基酸总量 (%) | 必需氨基酸总量 (%) | 必需氨基酸总量与非必需氨基酸总量的比例 | 施氮增加氨基酸 | | 施氮增加必需氨基酸 | |
|-------------------|-----------|-------------|---------------------|---------|------|-----------|------|
| | | | | 个百分点 | % | 个百分点 | % |
| N ₀ | 9.56 | 3.48 | 0.572 | | | | |
| N _{8.3} | 11.06 | 4.02 | 0.571 | 1.50 | 15.7 | 0.54 | 15.5 |
| N _{11.7} | 11.50 | 4.20 | 0.575 | 1.94 | 20.3 | 0.72 | 20.7 |
| N _{15.0} | 11.35 | 4.10 | 0.566 | 1.79 | 18.7 | 0.62 | 17.8 |
| N _{18.3} | 11.46 | 4.15 | 0.568 | 1.90 | 19.9 | 0.67 | 19.3 |
| N _{21.7} | 10.70 | 3.90 | 0.574 | 1.14 | 11.9 | 0.42 | 12.1 |

2.2.3 对玉米籽粒油分的影响

表 5 不同氮营养水平对高油玉米籽粒油分含量与油产量的影响

| 处理 | 油产量 (公斤/亩) | 油分 (%) | 施氮增加油产量 | | 施氮增加或降低油分 | |
|-------------------|------------|--------|---------|------|-----------|------|
| | | | 公斤/亩 | % | 个百分点 | % |
| N ₀ | 49.1 | 8.10 | | | | |
| N _{8.3} | 56.7 | 8.47 | 7.6 | 15.5 | 0.37 | 4.6 |
| N _{11.7} | 64.9 | 8.71 | 15.8 | 32.2 | 0.61 | 7.5 |
| N _{15.0} | 60.7 | 8.67 | 11.6 | 23.6 | 0.57 | 7.0 |
| N _{18.3} | 59.3 | 8.31 | 10.2 | 20.8 | 0.21 | 2.6 |
| N _{21.7} | 53.5 | 7.64 | 4.4 | 9.0 | -0.46 | -5.7 |

从表 5 可以看出，在施用磷和钾的基础上，在氮（N）用量低于 18.3 公斤/亩情况下，施氮能增加高油玉米籽粒油分含量，其中施氮 11.7 公斤/亩情况下籽粒油分含量较高，而过量施氮会明显降低籽粒油分含量。与不施氮水平比较，施氮 8.3、11.7、15.0、18.3 公斤/亩四个氮水平分别增加油分含量 4.6%、7.5%、7.0%和 2.6%。施氮 21.7 公斤/亩明显降低籽粒油分含量，降低 5.7%。

不同氮营养水平对高油玉米油产量影响较大。与不施氮水平比较，施氮增加油产量 4.4~15.8 公斤/亩，平均 9.9 公斤/亩；增产 9.0%~32.2%，平均 20.2%。其中施氮 11.7 公斤/亩处理的油产量最高（64.9 公斤/亩），其次是施氮 15.0 公斤/亩处理（60.7 公斤/亩）。

3 小结

3.1 不同氮营养水平对高油玉米籽粒产量影响较大，施氮增产 10.5%~22.9%，本试验条件下的经济最佳施氮（N）量为 12.0 公斤/亩。

3.2 不同施氮水平较不施氮均能明显增加高油玉米籽粒蛋白质含量，增加 7.1%~13.3%（平均 10.6%），其中施氮 11.7 公斤/亩时蛋白质含量最高（10.75%）。

3.3 不同施氮水平较不施氮均能明显增加高油玉米籽粒氨基酸总量和必需氨基酸总量，分别增加 11.9%~20.3%（平均 17.3%）和 12.4%~20.4%（平均 17.1%），其中施氮 11.7 公斤/亩时氨基酸总量（11.50%）和必需氨基酸总量（4.19%）均相对较高。增施氮肥在提高高油玉米籽粒产量和氨基酸总量的同时，可以基本上保证籽粒氨基酸的品质不会变劣。

3.4 适量施氮能增加高油玉米籽粒油分含量，其中施氮 11.7~15.0 公斤/亩时籽粒油分较高，较不施氮增加 7.0%~7.5%，而过量施氮会明显降低籽粒油分含量。

3.5 不同氮营养水平对高油玉米油产量影响较大。与不施氮水平比较，施氮使油产量增产 8.9%~32.2%，平均 20.6%。其中施氮 11.7 公斤/亩处理的油产量最高（64.9 公斤/亩）。



土壤养分平衡对云南烤烟—小麦种植制度下作物产量和品质的影响

付利波 苏帆 洪丽芳 陈华

云南省农科院土肥所

Influence of Nutrient Balance on Crop Yield and Product Quality in Tobacco-Wheat Cropping System in Yunnan Province

Fu Li-bo, Su Fan, Hong Li-fang, Chen Hua

Soil and Fertilizer Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences

摘要:本文探讨了平衡施肥对烤烟、小麦的产量和品质的影响,为实现作物高产、优质、高效提供科学的施肥依据。从试验结果看出磷钾肥对烤烟有明显的增产增收效果。同样对于小麦生产,磷钾肥的增产增效作用也十分突出。比较各处理,烤烟最佳 N-P₂O₅-K₂O 用量为 9-10-18kg/亩,钾肥用 3/4 硫酸钾+1/4 氯化钾烤烟产值比全部用硫酸钾有所增加。在小麦上最佳 N-P₂O₅-K₂O 用量为 10-15-10 kg/亩。

关键词:养分平衡 产量 品质

根据土壤养分供应状况和作物吸收养分的特点进行平衡施肥,是充分发挥肥料增产作用的一项关键措施。云南是中国最适宜产烟区,烤烟目前仍为云南省支柱产业之一,由于烤烟栽培能给农民带来可观的经济收入,农民积极性很高,投入也很大,随着烤烟种植年代的增加,植烟土壤养分平衡问题也越来越突出。本试验针对云南地区一些烤烟——小麦种植制度下生产施肥中存在的问题开展平衡施肥研究,其目的是在进一步提高烤烟和小麦产量、产值的基础上,同时实现土壤的用养结合,保证云南农业的可持续发展。

1.材料和方法

1.1 样品采集

土壤样品于 2003 年 4 月 26 日从曲靖试验点不同处理分别采集。每个处理多点采集(约 15-20 个点)混合后留大约 5kg 的耕层土壤,风干,研磨后通过 2mm 孔径的筛子,再从过筛的土壤中随机地多点采集 1.5kg 的土样,最后再从 1.5kg 中选取有代表性的 500g 土壤进行实验室进行分析。

1.2 测定方法

土壤分析采用 ASI 分析法,分析 NH₄-N 含量。Ca 和 Mg 用 1N KCl 浸提,有效 P、K、Cu、

Fe 和 Zn 使用 ASI 浸提方法，有效 S 和有效 B 用 0.08M $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ 浸提，有机质和 PH 值的测定也采用 ASI 法。

原始土壤样品于 2000 年 3 月从曲靖采集。实验室的分析结果表明，土壤养分很不平衡，土壤中 Fe、Mn 含量处于高水平，而有效 N、B、Zn、Mg 的含量却低于临界水平，成为限制作物生长的限制因子（表 1）。

表 1 土壤养分状况分析

| 年份 | 处理 | pH | OM | Ca | Mg | K | NH_4 | P | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
|------|---|------|------|--------|-------|--------|---------------|--------|--------|------|-----|-------|------|-----|
| 2000 | 原始土样 | 6.4 | 3.34 | 2444.9 | 103.4 | 89.9 | 12.2 | 20.6 | 32.1 | 0 | 5.7 | 24.4 | 22.4 | 1.3 |
| 2003 | K ₀ | 6.05 | 2.2 | 2854.6 | 156.3 | 43.35 | 13.5 | 12.6 | 95.25 | 0.5 | 5.9 | 62.1 | 38.8 | 4.9 |
| | K ₁ | 6 | 1.9 | 2435.7 | 138.2 | 288.2 | 16.15 | 91.1 | 87.15 | 1.45 | 8.7 | 167.1 | 45.8 | 6.1 |
| | P ₂ K ₂ | 5.9 | 2.3 | 2683.5 | 149.6 | 379.65 | 23.25 | 99.4 | 119.75 | 2.5 | 7.4 | 74.8 | 49.8 | 6.8 |
| | K ₃ | 5.85 | 2.25 | 2663.8 | 162.5 | 398.55 | 36.45 | 65.45 | 80.4 | 2.35 | 6.6 | 67.7 | 65.5 | 6.7 |
| | P ₀ | 6 | 2.3 | 2558.4 | 149.4 | 254.6 | 18.35 | 9.75 | 88.7 | 1.65 | 7.8 | 95.3 | 45.5 | 5.2 |
| | P ₁ | 5.95 | 2.2 | 2548.8 | 153.1 | 298.15 | 19.25 | 80.6 | 92.95 | 2.45 | 7.2 | 89.3 | 45.8 | 5 |
| | P ₃ | 5.7 | 2.35 | 2608.6 | 157.1 | 307.3 | 33.25 | 112.45 | 123.6 | 3.6 | 7.7 | 102.4 | 46.4 | 7.2 |
| | P ₂ K ₂ K ₂ SO ₄ | 5.85 | 2.1 | 2624.2 | 119.3 | 377.85 | 27.3 | 97.8 | 83.75 | 2.2 | 7.8 | 122.5 | 59.8 | 4.1 |
| | 临界值 | | | | 400 | 121.5 | 78.2 | 50 | 12 | 12 | 0.2 | 1 | 10 | 5 |

通过 3 年的平衡施肥试验，土壤养分发生了很大的变化。不施 P 或 K 的处理出现 P 或 K 的耗竭，P 含量下降 52.67%，K 含量下降 51.78%。而施 P 或 K 的处理土壤 P 或 K 含量大幅度提高，且随施 P 或 K 的量提高而提高。而土壤 B、Zn 和 Mg 的缺乏也随其补充而得以消除。但同时，土壤 pH 和有机质下降，这可能是由于有机肥施用量下降以及烤烟有机残留物还田较少有关。

1.3 田间试验设计

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

试验设 8 个处理，4 次重复，小区面积 26.7m²，随机排列（表 2）。小麦试验于 2002 年 10 月 20 日播种，品种为当地主栽品种绵阳 39 号，亩播种量为 8 公斤，2003 年 4 月 18 日收获，分区计产同时取样作品质分析。烤烟试验于 2003 年 5 月 15 日移栽，品种为当地当家品种云—85（漂浮育苗），7 月 24 日开始采烤，9 月 25 日采烤结束，分区计产量产值，并按处理取混合样进行品质分析。肥料品种：尿素（N 46%）、KCl（K₂O 60%）、普钙（P₂O₅ 17%）、

K₂SO₄ (K₂O 50%)。PK肥一次性作基肥施入,N肥 40%作基肥施入、60%作追肥施用。

表 2 烤烟和小麦的试验处理 (kg/亩)

| 作物 | 简称 | 处理 | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|---|---|--|--------------------------------------|-------------------------------|------------------|
| 烤烟 | K ₀ | NP ₂ K ₀ | 9 | 10 | 0 |
| | K ₁ | NP ₂ K ₁ (1/4KCl,3/4K ₂ SO ₄) | 9 | 10 | 9 |
| | P ₂ K ₂ | NP ₂ K ₂ (1/4KCl,3/4K ₂ SO ₄) | 9 | 10 | 18 |
| | K ₃ | NP ₂ K ₃ (1/4KCl,3/4K ₂ SO ₄) | 9 | 10 | 27 |
| | P ₀ | NP ₀ K ₂ (1/4KCl,3/4K ₂ SO ₄) | 11 | 0 | 18 |
| | P ₁ | NP ₁ K ₂ (1/4KCl,3/4K ₂ SO ₄) | 9 | 7 | 18 |
| | P ₃ | NP ₃ K ₂ (1/4KCl,3/4K ₂ SO ₄) | 9 | 15 | 18 |
| | P ₂ K ₂ (K ₂ SO ₄) | NP ₂ K ₂ (4/4K ₂ SO ₄) | 9 | 10 | 18 |
| | K ₀ | NP ₂ K ₀ (KCl) | 10 | 10 | 0 |
| | K ₁ | NP ₂ K ₁ (KCl) | 10 | 10 | 7 |
| | P ₂ K ₂ | NP ₂ K ₂ (KCl) | 10 | 10 | 15 |
| | 小麦 | K ₃ | NP ₂ K ₃ (KCl) | 10 | 10 |
| P ₀ | | NP ₀ K ₂ (KCl) | 10 | 0 | 10 |
| P ₁ | | NP ₁ K ₂ (KCl) | 10 | 7 | 10 |
| P ₃ | | NP ₃ K ₂ (KCl) | 10 | 15 | 10 |
| P ₂ K ₂ (K ₂ SO ₄) | | NP ₂ K ₂ (K ₂ SO ₄) | 10 | 10 | 10 |

2 结果与分析

2.1 平衡施肥对烤烟和小麦产量的影响

由表 3 可以看出,烤烟不同的施肥处理间的产量差异明显。在 N 和 P 用量一定的情况下,施钾量在 0-18 kg/亩范围内,随着钾肥用量的增加,各处理增产十分明的,但施钾量在 27kg/亩时,产量反而下降。在 N 和 K 用量一定的情况下,施 P 量在 0-15 kg/亩范围内,随着 P 肥用量的增加,烤烟产量随之增加;在氮、磷、钾肥用量相同的情况下,钾肥用 3/4 硫酸钾+1/4 氯化钾比全部用硫酸钾有所增产。

在小麦试验上存在与烤烟相同趋势,施钾量在 18kg/亩时产量最高,以后随着钾肥用量的增加,呈减产趋势;在施磷量在 0-15 kg/亩范围内,随着磷肥用量的增加,各处理增产差异达显著水平。

表 3 平衡施肥对烤烟和小麦产量的影响

| 处理 | K ₀ | K ₁ | P ₂ K ₂ | K ₃ | P ₀ | P ₁ | P ₃ | P ₂ K ₂ (K ₂ SO ₄) |
|----|----------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| 烤烟 | 96.6 | 132.0 | 129.3 | 127.3 | 94.7 | 101.3 | 122.0 | 128.3 |
| 小麦 | 242.8 | 317.9 | 387.7 | 380.3 | 232.4 | 315.2 | 388.1 | 387.9 |

2.2 平衡施肥对烤烟和小麦产值的影响

从表 4 可以看出,施钾量在 0-18kg/亩范围内,随着钾肥用量的增加,各处理产值呈增加态势,当施钾量增至 27kg/亩时,产值反而下降;随着磷肥用量的增加,各处理产值呈增加趋势。在氮、磷、钾肥用量相同的情况下,钾肥用 3/4 硫酸钾+1/4 氯化钾产值比全部用硫酸钾有所

增加。因此，掌握肥料的平衡施用是提高烤烟质量的关键。

因小麦价格受质量影响不大,故其产值变化规律与产量变化趋势一致。

表 4 平衡施肥对烤烟和小麦产值的影响

| 作物 | 效益 | K ₀ | K ₁ | P ₂ K ₂ | K ₃ | P ₀ | P ₁ | P ₃ | P ₂ K ₂ (K ₂ SO ₄) |
|----|-----|----------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| 烤烟 | 产值 | 777.9c | 922.7b | 1159.5a | 1099.9a | 731.7c | 887.8b | 1159.2a | 1132 a |
| | 投入 | 35.6 | 78.9 | 122.1 | 165.4 | 112.8 | 117.9 | 129.2 | 136.4 |
| | 净收益 | 742.3 | 843.9 | 1037.4 | 934.5 | 618.9 | 769.9 | 1030.1 | 995.6 |
| 小麦 | 产值 | 291.4c | 381.4 b | 465.2 a | 456.4 a | 278.9c | 378.3 b | 465.7 a | 465.5a |
| | 投入 | 38.0 | 50.9 | 65.5 | 56.4 | 42.2 | 52.1 | 63.4 | 387.9 |
| | 净收益 | 253.3 | 330.6 | 399.7 | 400.0 | 236.7 | 326.1 | 402.3 | 387.9 |

注：小麦 1.2 元/公斤，尿素 1.1 元/公斤,普钙 0.24 元/公斤,硫酸钾 2.8 元/公斤,氯化钾 1.45 元/公斤。因烤烟是按等级计价的，不同的等级价格不同，本试验烤烟是按“国家烤烟收购等级标准”计价的。

2.3 平衡施肥对烤烟和小麦品质的影响

通过试验不同处理对烟叶品质和小麦品质的分析反映出（表 5）（表 6），不同的养分配比对烟叶和小麦内在质量的影响也是明显的。对烤烟质量影响变化与对产量影响变化有一定相关性，随施磷钾量的增加，烟叶品质提高:总糖含量增加，生物碱下降，糖碱比增加，蛋白质含量增加。从表 4 还可看出,氯化钾和硫酸钾相比,对烟叶品质的影响差异不显著。

表 5 不同肥料处理对烟叶品质的影响

| 处理 | 总糖量% | 生物碱% | 糖碱比 | 蛋白质% | 硝酸盐% |
|---|------|------|-------|-------|------|
| K ₀ | 22.9 | 3.91 | 5.86 | 10.32 | 0.04 |
| K ₁ | 27.1 | 3.58 | 7.57 | 10.59 | 0.05 |
| P ₂ K ₂ | 28.5 | 2.91 | 9.79 | 11.05 | 0.05 |
| K ₃ | 28.9 | 2.40 | 12.04 | 11.45 | 0.06 |
| P ₀ | 25.2 | 4.85 | 5.2 | 10.41 | 0.04 |
| P ₁ | 26.5 | 3.81 | 6.96 | 10.55 | 0.05 |
| P ₃ | 28.7 | 2.69 | 10.67 | 11.28 | 0.05 |
| P ₂ K ₂ (K ₂ SO ₄) | 28.5 | 2.95 | 9.66 | 11.04 | 0.04 |

至于平衡施肥对小麦品质的影响，从试验数据分析可看出，磷、钾肥用量在一定范围内增加，小麦内含物蛋白质、氨基酸含量也有所增加。相比于钾肥，磷肥对小麦质量上的影响更加明显。

表 6 不同肥料处理对小麦品质的影响。

| 处理 | 蛋白质% | 氨基酸% | 湿面筋% | 沉淀值% |
|---|-------|-------|-------|-------|
| K ₀ | 15.72 | 12.30 | 35.15 | 31.03 |
| K ₁ | 15.85 | 13.61 | 36.46 | 31.75 |
| P ₂ K ₂ | 16.89 | 13.83 | 37.79 | 32.91 |
| K ₃ | 16.86 | 13.89 | 36.78 | 32.85 |
| P ₀ | 15.05 | 12.54 | 35.40 | 31.56 |
| P ₁ | 15.37 | 13.11 | 37.91 | 32.96 |
| P ₃ | 16.81 | 13.92 | 38.07 | 33.26 |
| P ₂ K ₂ (K ₂ SO ₄) | 16.87 | 13.78 | 37.33 | 32.23 |

2.4 平衡施肥对作物生物性状的影响

对供试作物烤烟生物性状的调查数据来看（表 7），其反映结果也均与施肥各处理对产量、品质的影响情况一致，增施钾肥，在一定程度上可使烟株茎围增加，使中上部叶片增大。增施磷肥，同样可使烟株茎围增加，使中上部叶片增大。

表 7 不同肥料处理对烤烟烟株地上部的影响

| 处理 | 株高(cm) | 茎围(cm) | 脚叶面积(cm ²) | 中部叶面积 (cm ²) | 顶叶面积(cm ²) |
|--|--------|--------|------------------------|-----------------------------|------------------------|
| K ₀ | 87.0 | 9.6 | 56.3x26.0 | 59.8x26.7 | 48.8x22.6 |
| K ₁ | 87.4 | 9.9 | 57.3x26.8 | 64.1x27.3 | 50.1x24.4 |
| P ₂ K ₂ | 87.9 | 10.7 | 57.7x27.8 | 68.3x28.5 | 50.4x26.3 |
| K ₃ | 87.9 | 10.6 | 57.4x27.6 | 68.0x29.5 | 50.4x26.2 |
| P ₀ | 87.2 | 9.2 | 57.0x27.6 | 58.1x26.9 | 49.8x22.5 |
| P ₁ | 87.2 | 9.6 | 57.3x27.5 | 67.7x27.4 | 50.9x25.3 |
| P ₃ | 87.7 | 9.9 | 58.7x27.8 | 67.5x27.7 | 51.2x26.6 |
| P ₂ K ₂ (H ₂ SO ₄) | 87.8 | 10.1 | 57.9x27.7 | 68.0x28.8 | 50.7x26.5 |

同样在小麦试验中（表 7），在一定范围内增加磷钾肥的施用小麦的穗数、穗粒数、千粒重均有一定的增加，最终构成其产量的增加。

表7 平衡施肥对小麦经济形状的影响

| 处理 | 株高(cm) | 穗长(cm) | 穗数/亩 | 籽粒数/穗 | 千粒重(g) |
|---|--------|--------|------|-------|--------|
| K ₀ | 50.0 | 9.9 | 6.26 | 38.8 | 40.0 |
| K ₁ | 52.1 | 9.9 | 6.68 | 44.1 | 42.5 |
| P ₂ K ₂ | 52.4 | 10.3 | 7.72 | 44.5 | 45.2 |
| K ₃ | 53.8 | 10.9 | 7.96 | 45.9 | 46.2 |
| P ₀ | 51.0 | 9.9 | 6.37 | 36.8 | 40.5 |
| P ₁ | 52.3 | 9.9 | 6.86 | 44.9 | 42.5 |
| P ₃ | 52.7 | 10.4 | 6.74 | 46.3 | 48.5 |
| P ₂ K ₂ (H ₂ SO ₄) | 52.9 | 10.7 | 6.96 | 44.2 | 46.0 |

3.小结

在作物体内代谢中各种营养元素所起的作用是不一样的，互不能替代，任何一种元素的欠缺都会影响其作物的生长，最终影响作物产量和质量。适量施用磷钾肥有明显的增产增收效果，无论对烤烟的产量和质量均有积极的影响。同样对于小麦生产，磷钾肥的作用也十分明显。比较各处理，烤烟最佳 N-P₂O₅-K₂O 用量为 9-10-18kg/亩，钾肥用 3/4 硫酸钾+1/4 氯化钾烤烟产值比全部用硫酸钾有所增加。在小麦上最佳 N- P₂O₅-K₂O 用量为 10-15-10 kg/亩。

参考文献

- 1.李金宝等.浅谈湘南烤烟平衡施肥.土壤科学与农业可持续发展,P190-194.
- 2.李正英等.必需元素的营养机理.云南烟草中微肥营养与土壤管理(m),P6-9.
- 3.冯文强等.四川省农田养分循环与平衡的调查研究.农田养分平衡与管理 P208.
- 4.林克惠,战以时,李永梅.不同施钾量对烤烟烟叶品质的影响(J),
云南农业大学学报,1994,9(2).
- 5.林克惠主编,施肥与环境(M),昆明:云南农业大学.

磷钾肥施用对鱼草产量及经济效益的影响



鲁君明¹, 鲁剑巍², 梁友光³

1 湖北省荆州市大同湖管理区农科所, 湖北 大同湖 434300. ;

2. 华中农业大学资源环境学院, 湖北 武汉 430070 ;

3. 水利部、中科院水库渔业研究所, 湖北 武汉 430079

Effect of Phosphate and Potash Application on Yield and Economic Benefit of Sudan-grass (*Sorghum sudanense* Stapf.)

Lu Jun-ming¹, Lu Jian-wei², Liang You-guang³

¹ Agricultural Station in Datonghu, Jinzhou, Hubei, 434300

² College of Resource and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan, 430070

³ Reservoir Fishery institute, Ministry of Water Conservancy and Chinese Academy of Science

摘要 在养鱼主产区通过大田试验研究了磷、钾肥对鱼草(苏丹草)鲜草产量的影响。结果表明,在只施氮肥的基础上增施磷肥、钾肥和磷钾肥配合施用均明显地提高苏丹草产量,经过5次收获统计增施磷肥、钾肥和磷钾肥配合施用分别提高鲜草产量16.6%、20.3%和35.3%,其中磷钾肥配合施用增产效果最好,增加净利润达258元/亩,肥料施用产投比达2.96。钾肥施用能明显地增强鱼草后期生长,保证鱼草在整个生长期都能丰产。

关键词 磷肥 钾肥 平衡施肥 苏丹草 产量

大同湖国营农场地处江汉平原的荆州市洪湖县境内,是闻名的鱼米之乡。近年来,随着农业产业结构的调整,发展养鱼业已成为当地经济的新的增长点。在水产养殖中,鱼草起着重要的作用,据不完全统计,荆州市种植鱼草面积在100万亩以上。该地区种植的鱼草品种主要有苏丹草、黑麦草和小米草。调查情况表明,鱼草产量高低对鲜鱼产量的影响很大,草鱼每增重1kg需要投草15-20kg,因此鱼草产量的高低直接影响鱼的产量。尽管当地鱼草种植面积不断扩大,但大多数农民对鱼草的营养特性及其正确养管理还不是十分了解。

当地鱼草种植的养管理极为粗放,大多数农民在鱼草生产管理中仅施用氮肥,导致江汉平原鱼草产量普遍偏低,影响了渔业生产的发展。为了适应当前渔业生产的需求,提高渔业生产的经济效益,我们于2002年在大同湖国营农场养鱼草地上进行鱼草平衡施肥试验研究,以期对科学种草提供技术指导。

1 材料与方 法

田间试验安排在湖北省荆州市大同湖国营农场三分场八分压队,供试土壤为长江冲积物发育的水稻土,土壤肥力中等水平,土壤质地为中壤,在江汉平原具有代表性。供试土壤理化性状经加拿大钾磷肥研究所北京实验室测定如下:土壤pH 8.2,有机质1.14%,土壤NH₄-N 13.9 mg/L,速效P 13.0 mg/L,速效K 161.7 mg/L,有效Ca 3745.7 mg/L,有效Mg 273.3 mg/L,有效S 2.4 mg/L,有效Fe 19.6mg/L,有效Mn 14.8 mg/L,有效Cu 5.0 mg/L,有效Zn 1.6 mg/L,有效B 0.58 mg/L。

供试鱼草为当地普遍种植的苏丹草。4月13日播种,播种量为4.5kg/亩,整地施肥后撒播。4月20日齐苗。分别在6月12日、7月11日、8月3日、9月3日、10月11日进行了5次收割。试验在10月11日结束。

试验设计 4 个处理，分别为 (1)N (2)NP (3)NK (4)NPK。肥料用量为 N 36 kg/亩，P₂O₅ 10 kg/亩，K₂O 9 kg/亩。肥料品种及施肥方法分别为：N 的 1/3 作基肥 (12 kg N/亩，碳铵为肥源)，其他 2/3 作追肥，各次平均分配，肥源为尿素；P 肥全部作基肥，品种为过磷酸钙；K 肥 2/3 作基肥，1/3 钾肥在第一次收获后追施，钾肥品种为氯化钾。试验重复 4 次，小区面积为 41.6 m² (长 23m，宽 1.8m)。每次收获时在各小区的固定位置取样方测产，样方面积为 18m²。



鱼塘及鱼草

2 结果与分析

苏丹草鲜草产量结果表明，在施氮基础上，增施磷和钾均能显著地提高鲜草产量，磷钾肥的配合施用增产幅度最大 (表 1)。

表 1 磷钾肥施用对苏丹草鲜草产量的影响

| | 处理 | I 收获 | II 收获 | III 收获 | IV 收获 | V 收获 | 合计 |
|-------------|-----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 鲜草量 公斤/亩 | N | 1292 | 1127 | 735 | 789 | 485 | 4428 |
| | NP | 1535 | 1321 | 938 | 822 | 551 | 5167 |
| | NK | 1454 | 1384 | 951 | 954 | 583 | 5326 |
| | NPK | 1589 | 1615 | 1099 | 1045 | 643 | 5991 |
| 相对值 % | N | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | NP | 118.8 | 117.2 | 127.6 | 104.2 | 113.6 | 116.7 |
| | NK | 112.5 | 122.8 | 129.4 | 121.0 | 120.2 | 120.3 |
| | NPK | 123.0 | 143.2 | 149.4 | 132.5 | 132.6 | 135.3 |

将5次收获产量综合起来，与施氮处理（对照）相比，增施磷肥、钾肥和磷钾肥配合施用分别增产700 kg/亩、900 kg/亩和1600 kg/亩，增产幅度分别为16.6%、20.3%和35.3%。从各次收获时的产量来看，增施磷、钾肥在每次收获时均有明显的效果，相对而言第三次收获时增产幅度最高，增施磷肥、钾肥、及磷钾肥配合施用增产分别达27.6%、29.4%和49.4%。



鱼草施肥田间试验

表2结果表明，不同施肥处理对苏丹草的收获高峰和各时期的生长势产生明显的影响。所有处理的收获高峰基本上在第一次，但磷钾配施处理高峰期维持到第二次收获，增施钾肥的处理第二次收获产量也比第一次收获减少不到5个百分点，而对照（施氮）和仅增施磷肥的处理第二次收获产量比第一次收获下降13个百分点左右。从后期的收获结果看，NK处理和NPK处理的生长势明显好于N处理和NP处理。尽管尚不能确定钾肥施用期（在第一次收获后追施钾肥）的作用大小，但试验结果已经清楚地表明施用钾肥能明显地增强鱼草后期生长，使鱼草在整个生长期都能保证丰产。

表2 不同施肥处理的各次鲜草产量与第一次收获的相对值

| 处理 | I 收获 | II 收获 | III 收获 | IV 收获 | V 收获 |
|-----|------|-------|--------|-------|------|
| N | 100 | 87.3 | 56.9 | 61.0 | 37.6 |
| NP | 100 | 86.1 | 61.1 | 53.6 | 35.9 |
| NK | 100 | 95.2 | 65.4 | 65.6 | 40.1 |
| NPK | 100 | 101.6 | 69.1 | 65.7 | 40.5 |

经济学分析结果表明，在鱼草种植中，在施氮基础上增施磷肥、钾肥和磷钾肥配合施用能明显地增加收入（表3）。尤其是磷、钾肥的配合施用增加净利润达258.5元/亩，经济效益相当可观。因此鱼草的平衡施肥在江汉平原地区是一项增产增收的好技术。

表3 磷钾肥施用在苏丹草上的效益评估(元/亩)

| 处理 | 鲜草产量 | 增产量 | 增收价值 | 增加肥料成本 | 增加劳务费 | 净利润 | 产投比VCR |
|-----|------|------|-------|--------|-------|-------|--------|
| N | 4428 | - | - | - | - | - | - |
| NP | 5167 | 739 | 184.3 | 33 | 37 | 114.3 | 2.63 |
| NK | 5326 | 898 | 224.5 | 21 | 45 | 158.5 | 3.40 |
| NPK | 5991 | 1563 | 390.5 | 54 | 78 | 258.5 | 2.96 |

注:P₂O₅价格=3.33元/kg(1吨过磷酸钙价400元),K₂O价格=2.33元/kg(1吨KCl价1400元),鱼草价格=0.25元/kg(草鱼价为5.0元/kg,按20kg鲜草养1kg鱼计算),每kg鱼草劳务费按0.05元计算

3 小结

3.1 在施氮基础上,增施磷和钾均能显著地提高鲜苏丹草产量,其中磷钾肥的配合施用增产幅度最大,达35.3%,净利润为258.5元/亩。从各次收获时的产量来看,增施磷、钾肥在每次收获时均有明显的效果,相对而言第三次收获时增产幅度最高,增施磷肥、钾肥、及磷钾肥配合施用增产分别达27.6%、29.4%和49.4%。

3.2 施用钾肥能明显地增强鱼草后期生长,使鱼草在整个生长期都能保证丰产。

参考文献

- 李科云,罗爱兰.1999.鱼用草种要更新,种草技术要推广.草业科学.11(6)29-31.
 杨富亿.1994.三江平原沼泽地池塘高效益养鱼生产试验.水产科学.13(5)26-29.

平衡施肥对莴笋硝酸盐和营养品质的影响



李会合 王正银 李宝珍 李成琼 任雪松
西南农业大学, 重庆 400716
向华辉 刘星
重庆市九龙坡区农业局, 重庆 400051

Influence of Balanced Fertilization on Nitrate Content and Quality of Asparagus Lettuce (*Lacctuca Sativa L.*)

Li Hui-he, Wang Zhen-gyin, Li Bao-zhen, Li Cheng-qiong, Ren Xue-song
Xi Nan Agricultural University, Chongqing, 400716
Xiang Hua-hui, Liu Xing
Agricultural Bureau, JiuLongpo District, Chongqing, 400051

我国南方地区蔬菜生产中存在着单一施用化学氮肥现象,不少长期种植蔬菜的菜园土壤严重酸化, pH 值小于 5.0 的土壤并不鲜见。重庆郊区菜园土壤酸化现象十分明显 [1], 菜园土壤酸化造成土壤理化性质下降、养分缺乏, 蔬菜产量和品质降低。本文在重庆郊区 3 种酸性菜园土壤上研究了不同施肥对莴笋产量、硝酸盐和营养品质的影响, 为菜园土壤合理施肥和蔬菜高产优质管理提供科学依据。

1 材料和方法

供试 3 种酸性菜园土壤均系沙溪庙组母岩发育而成, 其基本农化性状见表 1。试验作物莴笋 (*Lacctuca sativa L.*), 品种为大白甲, 幼苗购自重庆市九龙坡区含谷镇重庆市蔬菜基地科技示范园。化学肥料为尿素 (N 46%), 磷酸铵 (N 10%, P2O5 44%), 氯化钾 (K2O 60%, 加拿大产), 3 种复合硝化抑制剂 (C1, C2, C3 见表 2) 由硼砂 (B 10.5%), 硫酸锌 (Zn 23%), 钼酸铵 (Mo 54%), 双氰胺 (DCD) 和植物材料 (P7) 组成。

表 1 供试酸性菜园土壤基本农化性状

| 土样号 | 强酸性土 | 酸性土 | 微酸性土 | 临界值 |
|--------------|--------|--------|--------|------|
| 土壤类型 | 紫色土 | 白鳝泥 | 紫色土 | |
| 采样地点 | 西南农大农场 | 九龙坡含谷 | 北碚歇马 | |
| pH | 4 | 5 | 6.4 | |
| 有机质 (%) | 0.89 | 1 | 0.64 | |
| 活性酸 (Cmol/L) | 1.05 | 0.2 | 0.05 | |
| N (μg/ml) | 19.4 | 47.9 | 6.7 | 50 |
| P (μg/ml) | 8.5 | 54.5 | 17.4 | 12 |
| K (μg/ml) | 93.8 | 78.2 | 62.6 | 78.5 |
| B (μg/ml) | 0.54 | 0.5 | 1.12 | 0.2 |
| Zn (μg/ml) | 2.3 | 2.5 | 1.6 | 2 |
| Mo (mg/kg) | 0.0756 | 0.0454 | 0.0224 | 0.1 |

田间小区试验在 3 个酸性菜园土壤上进行, 均设 6 个处理 (表 2), 4 次重复, 随机排列。试验中磷、钾肥作基肥一次施用, 氮肥与复合硝化抑制剂混合均匀, 在莴笋移栽返青后作追

肥分 3 次 (30% : 40% : 30%) 施用。小区面积强酸性土壤为 4m², 酸性、微酸性土壤为 3m²。莴笋收获后, 分别用酚二磺酸比色法、2, 6 - 二氯靛酚法、3, 5_二硝基水杨酸法和茚三酮比色法测定茎、叶硝酸盐、Vc、可溶性糖和氨基酸含量。田间试验产量用最小显著差数法(LSD) 进行统计分析。

表 2 田间小区试验方案

| 处理 | 施肥量 (kg/亩) | 处理代号 |
|---------------|-------------------------------|----------|
| 高 N 高 K(CK) | 15—5—10 | HNK (CK) |
| NPK 平衡 | 10—10—10 | BNPK |
| 高 N 高 P | 15—10—5 | HNP |
| 高 N 高 K+复合剂 1 | 15—5—10+复合剂 1 (Mo, B, Zn) | HNK+C1 |
| 高 N 高 K+复合剂 2 | 15—5—10+复合剂 2 (Mo, B, Zn+DCD) | HNK+C2 |
| 高 N 高 K+复合剂 3 | 15—5—10+复合剂 3 (Mo, B, Zn+P7) | HNK+C3 |

2 结果和讨论

2.1 不同施肥对莴笋产量的影响

由表 3 知, 在 3 种酸性菜园土壤上不同施肥处理对莴笋产量的效应各异。强酸性土壤上, HNP 处理莴笋产量最高, BNPK 最低, 不同处理间有显著差异。在 HNK (CK) 基础上配施复合硝化抑制剂增产显著 (达 10.6% ~ 16.7%), 增产作用以 HNK+C1 >HNK+C3>HNK+C2。酸性土壤上, BNPK 处理产量最高, 而 HNP 处理最低, 与强酸性土壤上相反。HNK+C1 处理莴笋产量与 HNK 相当, HNK+C2 处理使莴笋显著增产 (6.2%), HNK+C3 处理莴笋增产但不显著。微酸性土壤上, BNPK 处理莴笋产量最高, 较 HNK (CK) 显著增产; HNK+C2 处理产量最低, 较 HNK (CK) 显著减产; 其余处理对莴笋产量有降低, 但不显著。3 种酸性菜园土壤上莴笋产量以微酸性土壤 > 酸性土壤 > 强酸性土壤, 这是由于土壤酸性的不同使土壤理化性状产生差异理化性状的差异, 导致肥料效应不同, 因此施肥对莴笋产量表现出不同的效应。

表 3 酸性菜园土壤不同处理莴笋产量

| 处理 | 强酸性土壤 | | 酸性土壤 | | 微酸性土壤 | |
|---------|-------|------|--------|------|--------|------|
| | Kg/小区 | kg/亩 | kg/小区 | kg/亩 | kg/小区 | kg/亩 |
| HNK(CK) | 6.6 b | 1100 | 9.7 b | 2156 | 12.6 b | 2800 |
| BNPK | 6.4 b | 1067 | 10.4 a | 2311 | 13.4 a | 2978 |
| HNP | 7.8 a | 1300 | 9.4 b | 2089 | 12.1 b | 2689 |
| HNK+C1 | 7.7 a | 1283 | 9.7 b | 2156 | 12.5 b | 2778 |
| HNK+C2 | 7.3 a | 1217 | 10.3 a | 2289 | 11.2 c | 2489 |
| HNK+C3 | 7.4 a | 1233 | 10.1ab | 2244 | 12.0 b | 2667 |

注: 表中小写字母表示不同处理之间 5% 的差异显著性。

2.2 不同施肥对莴笋硝酸盐的影响

2.2.1 强酸性土壤

HNK 莴笋叶片硝酸盐含量最高 (表 4), 以该处理作对照 (CK), 其它处理降低莴笋叶片硝酸盐含量达 10.8%~28.9%。莴笋茎硝酸盐含量以 BNPK 处理为最高, 3 个配施复合硝化抑制剂的较 HNK 降低茎硝酸盐含量 25.1%~60.7%, 其中 HNK+C2 降低茎硝酸盐含量最多, 其次是 HNK+C3 和 HNK+C1, 与对莴笋叶片的作用相同。HNK+C2 处理对莴笋茎、叶硝酸盐的降低作用最大, 这与该处理施用钾肥 (用量大) 和微量元素 Mo、B、Zn 肥及 DCD 有关。研究表明, 施用钾、微量元素 Mo、B、Zn、DCD 和植物性硝化抑制剂 P7 可降低蔬菜硝酸盐含量, 其共同作用使莴笋硝酸盐含量大幅度降低[2]。



表 4 酸性菜园土壤不同处理莴笋硝酸盐含量 (mg/kg)

| 处理 | 强酸性土壤 | | 酸性土壤 | | 微酸性土壤 | |
|----------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | 叶 | 茎 | 叶 | 茎 | 叶 | 茎 |
| HNK (CK) | 574.1 | 387.4 | 1342 | 1549 | 760.9 | 525.7 |
| BNPK | 449.6 | 498 | 1089 | 1107 | 539.5 | 387.4 |
| HNP | 408.1 | 415 | 1190 | 1190 | 677.9 | 470.4 |
| HNK+C1 | 511.9 | 249 | 1134 | 857.7 | 940.7 | 359.7 |
| HNK+C2 | 449.6 | 152.2 | 1314 | 553.4 | 843.9 | 124.5 |
| HNK+C3 | 415 | 179.8 | 1300 | 830.1 | 1051 | 249 |

2.2.2 酸性土壤

在该土壤上, 莴笋茎和叶片的硝酸盐含量均以 HNK 处理为最高 (表 4), 5 个不同施肥处理莴笋茎、叶硝酸盐含量较 HNK 处理分别降低 23.2%~64.3%和 2.1%~18.9%。不同施肥处理主要降低了茎中的硝酸盐含量。配施复合硝化抑制剂的 3 个处理对莴笋茎硝酸盐的降低尤为突出, 并以 HNK+C2 处理的效应最佳, 这与强酸性土壤的结果相类似。

2.2.3 微酸性土壤

不同施肥处理中, BNPK 处理莴笋叶片硝酸盐含量最低, 配施复合硝化抑制剂处理叶硝酸盐高达 1051 mg/kg, 比 BNPK 处理高 38.1%。莴笋茎的硝酸盐以 HNK 处理最高, 其它 5 个施肥处理使莴笋茎硝酸盐含量降低 10.5%~76.3% (表 4), 以 3 个复合硝化抑制剂处理降低作用大, 其中 HNK+C2 的作用最佳。这与前述 2 个土壤的结果相似。

由表 4 知, 不同施肥处理在 3 种酸性土壤上对莴笋茎、叶片硝酸盐的作用不同。相同处理莴笋叶片硝酸盐含量以酸性土壤 > 微酸性土壤 > 强酸性土壤, 茎中则以酸性土壤为最高。这主要是因为供试酸性土壤由于土壤中残效和有机态氮、磷含量高于微酸性和强酸性土壤, 而蔬菜中硝酸盐含量与土壤养分含量呈正相关, 土壤养分含量越高, 蔬菜中硝酸盐含量就越高。

2.3 不同施肥对莴笋营养品质的影响

2.2.1 强酸性土壤

表 5 表明, 各处理提高莴笋茎 Vc 含量 2.7%~12.0%、降低叶片 Vc 含量 7.0%~44.7% (HNK+C2 处理除外)。各处理降低莴笋茎、叶可溶性糖含量 2.7%~15.2%和叶片氨基酸含量, 但增加莴笋茎氨基酸含量 42.8%~102.8% (BNPK 除外)。各处理对莴笋叶片水分含量的影响不大。

表5 强酸性土壤茭笋营养品质测定结果

| 处理 | Vc(mg/kg) | | 可溶性糖 (%) | | 氨基酸(mg/kg) | | 水分 (%) |
|----------|-----------|-------|----------|------|------------|-------|--------|
| | 叶 | 茎 | 叶 | 茎 | 叶 | 茎 | |
| HNK (CK) | 201.8 | 31.01 | 1.39 | 1.51 | 141.3 | 135.8 | 88.4 |
| BNPK | 181.1 | 34.73 | 1.32 | 1.47 | 132.7 | 117.4 | 87.6 |
| HNP | 187.7 | 33.91 | 1.39 | 1.45 | 134.4 | 193.9 | 87.8 |
| HNK+C1 | 181.9 | 31.84 | 1.28 | 1.42 | 143.5 | 275.4 | 88.3 |
| HNK+C2 | 212.5 | 31.84 | 1.29 | 1.28 | 129.9 | 228.9 | 89.1 |
| HNK+C3 | 111.6 | 32.67 | 1.25 | 1.32 | 140.2 | 272.1 | 88.9 |

2.2.3 酸性土壤

与CK相比,施肥处理提高茭笋叶片Vc含量15.1%~38.6%。而只有HNP和HNK+C2处理提高了茎中Vc含量。除BNPK处理外,各处理对茭笋茎中可溶性糖的影响不明显,却使叶片可溶性糖提高2.6%~14.6%;仅HNK+C2和HNK+C3处理提高茭笋茎中氨基酸含量(6.2%~27.9%),其余3个处理则降低11.4%~19.7%,不同处理提高叶氨基酸含量达14.2%~33.1%(BNPK处理除外)。各处理茭笋叶片水分含量差异不大(表6)。

表6 酸性菜园土壤茭笋营养品质测定结果

| 处理 | Vc(mg/kg) | | 可溶性糖 (%) | | 氨基酸(mg/kg) | | 水分 (%) |
|----------|-----------|-------|----------|------|------------|-------|--------|
| | 叶 | 茎 | 叶 | 茎 | 叶 | 茎 | |
| HNK (CK) | 147.3 | 61.61 | 1.51 | 1.36 | 508.1 | 638.6 | 92.1 |
| BNPK | 178.8 | 55.82 | 1.41 | 1.31 | 501.4 | 513.1 | 92.9 |
| HNP | 191.8 | 63.27 | 1.55 | 1.36 | 580.5 | 532.2 | 92.5 |
| HNK+C1 | 169.5 | 54.79 | 1.6 | 1.39 | 670 | 565.5 | 91.7 |
| HNK+C2 | 201.1 | 64.92 | 1.68 | 1.29 | 676.3 | 817.3 | 91.2 |
| HNK+C3 | 204.2 | 57.48 | 1.73 | 1.39 | 671.9 | 678.4 | 91.9 |

2.2.3 微酸性土壤

不同施肥降低茭笋叶片Vc含量(BNPK处理除外),对茎Vc含量以提高作用为主。除BNPK处理降低茭笋茎和叶可溶性糖含量外,其余处理影响不大,施肥提高茭笋茎、叶氨基酸含量1.5%~16.4%和25.6%~38.4%(BNPK和HNP处理除外)。各处理对茭笋叶片水分含量的影响不大(表7)。

表7 微酸性土壤茭笋营养品质测定结果

| 处理 | Vc(mg/kg) | | 可溶性糖 (%) | | 氨基酸(mg/kg) | | 水分 (%) |
|----------|-----------|-------|----------|------|------------|-------|--------|
| | 叶 | 茎 | 叶 | 茎 | 叶 | 茎 | |
| HNK (CK) | 244.8 | 85.18 | 1.36 | 1.31 | 476.6 | 838.1 | 91.1 |
| BNPK | 255.3 | 108.1 | 1.04 | 1.26 | 459.8 | 781.6 | 91.1 |
| HNP | 219.4 | 93.45 | 1.34 | 1.34 | 509.8 | 821.4 | 90 |
| HNK+C1 | 217.8 | 90.56 | 1.33 | 1.33 | 618 | 850.6 | 90.5 |
| HNK+C2 | 242 | 83.11 | 1.49 | 1.38 | 598.8 | 887.8 | 89.2 |
| HNK+C3 | 227.1 | 80.63 | 1.39 | 1.29 | 659.4 | 975.2 | 89.6 |

3 小结

3.1 以高氮高钾为基础配施复合硝化抑制剂(B、Mo、Zn、DCD)可使酸性和强酸性土壤茭笋显著增产,微酸性土壤上茭笋略有减产。

3.2 氮磷钾平衡、高氮磷以及高氮钾配施复合硝化抑制剂均可明显降低3种土壤上茭笋茎和酸性、强酸性土壤的茭笋叶片硝酸盐含量,其降低幅度以茎大于叶。

3.3 不同施肥处理对 3 种土壤的莴笋茎、叶 Vc 和氨基酸的影响不一致,对可溶性糖和水分影响不明显。

参考文献

戴亨林.重庆蔬菜土壤肥力、施肥和硝酸盐含量现状与对策[A].涂仕华主编.中国西南地区平衡施肥研究与进展[C].成都:四川大学出版社.2002,92~96

李宝珍,王正银,李会合.植物性硝化抑制剂对莴笋 NO₃-N 和品质的影响[J].西南农业大学学报,2002,24(3):211~213



杨树平衡施肥及经济效益分析

罗治建 陈卫文
湖北省林业科学研究院 武汉 430079
丁次平 蔡池全
荆州市林业科学研究所 荆州 434100

Balanced Fertilization and Its Economic Analysis in Poplar

Luo Zhijian, Chen Weiwen

Hubei Academy of Forestry, Wuhan, 430079

Ding Ciping, Cai Chiquan

Institute of Forestry Sciences, Jinzhou City

湖北省地处亚热带向暖温带的过渡区域，属杨树适生区。自 50 年代以来，先后从国内外引进 1000 余个优良品种（系），现人工林面积发展到 600 万亩。近年来，随着湖北省速生丰产林工程的正式实施，杨树木材供不应求，杨树人工造林呈良好的发展态势，每年湖北省造林面积以数十万亩的速度递增。

随着全省杨树人工种植面积的不断扩大，杨树经营管理中的许多问题逐渐暴露。由于杨树速生性强，轮伐期短，养分消耗快，而一般林地土壤肥力较低，传统的营林方式重取轻予，连作栽培，导致杨树林地力衰退，严重影响杨树速生特性的发挥。因此，及时补充地力、合理平衡施肥已成为杨树速生丰产林集约经营中一项十分关键的技术措施。为此，我们于 2001-2003 年在我省荆州市公安县开展了杨树速生丰产林平衡施肥试验及示范。

1. 试验材料与方法

1.1 供试土壤养分状况

试验地位于湖北省荆州市公安县夹竹园镇瓦池村，土壤类型为灰潮土。供试土壤的养分分析结果为：土壤 pH 值 8.2，有机质含量 1.54%，全效氮、磷、钾含量分别为 0.105、0.073 和 2.34%，速效氮、磷、钾含量分别为 8.68、52.0、75.8mg/kg，交换性钙、交换性镁含量分别为 0.876 和 0.044%，土壤有效铁、锰、铜、锌、硼含量分别为 5.80、5.21、4.22、1.68 和 0.98mg/kg。土壤氮素养分明显不足，为主要限制因子。

1.2 试验设计（见表 1）

表 1. 小区试验设计及施肥量

| 处理 | N(kg/亩) | P ₂ O ₅ (kg/亩) | K ₂ O (kg/亩) |
|----|---------|--------------------------------------|-------------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 3.3 | 6.7 |
| 3 | 3.3 | 3.3 | 6.7 |
| 4 | 6.7 | 3.3 | 6.7 |
| 5 | 10 | 3.3 | 6.7 |
| 6 | 13.3 | 3.3 | 6.7 |
| 7 | 10 | 0 | 6.7 |
| 8 | 10 | 6.7 | 6.7 |
| 9 | 10 | 6.7 | 10 |

试验设计：每处理设 4 次重复。小区面积 200m² (10×20m)。所有处理均根据土壤分析结果加施中、微量元素养分。肥源：氮肥为尿素，磷肥为过磷酸钙，钾肥为氯化钾。每年施肥 2 次 (3 月和 6 月各半)，采用 4 点穴施 (距根 40cm，深 25cm) 的方法。施肥后于 2003 年 11 月调查杨树树高、胸径和材积生长量。并在试验的基础上开展杨树平衡施肥示范，分析比较各自经济效益。

2. 结果与分析

表 2 施肥对杨树生长量的影响

| 处 理 | 树高 (m) | 胸径 (cm) | 材积 (m ³) |
|--------|--------|---------|----------------------|
| 1 | 7.55 | 6.80 | 0.0242 |
| 2 | 8.12 | 7.58 | 0.034 |
| 3 | 9.00 | 8.60 | 0.0364 |
| 4 | 9.69 | 9.15 | 0.0404 |
| 5 | 10.22 | 9.68 | 0.0443 |
| 6 | 10.08 | 9.68 | 0.0435 |
| 7 | 9.99 | 9.47 | 0.0429 |
| 8 | 10.12 | 9.72 | 0.044 |
| 9 | 10.07 | 9.66 | 0.0437 |

2.1 施肥对杨树高生长的影响

试验结果表明：施肥各处理与不施肥对照相比，杨树高生长量明显增加，最高增产幅度达到 35.4% (表 2)。不同施肥处理间，磷、钾水平相同 (P205、K20 分别为 3.3 和 6.7kg/亩) 时，施氮各处理与不施氮处理间差异达极显著水平 (1%L. S. D. =0.881)，最佳施氮效应达到 25.9%。从表 2 结果还可以看出，随着氮肥用量的增加，杨树树高逐渐增高，至 N 为 10kg/亩时达到最高值 10.22 米。继续增加氮肥用量，杨树树高呈下降趋势。氮、钾水平相同 (N、K20 分别为 10 和 6.7kg/亩) 时，施磷能在一定程度上促进杨树高生长，而氮磷水平相同 (N、P205 分别为 10 和 6.7kg/亩) 时，增施钾肥对杨树树高呈负效应。

2.2 施肥对杨树胸径生长的影响

从表 1 结果可以看出：施肥能明显促进杨树胸径生长，与不施肥处理比较，最高增幅达到了 42.9%。施肥对杨树胸径生长的影响和对树高生长的影响结果相同，即氮肥的施用能显著增加杨树的胸径生长量，最高增幅达到 27.7%，适量的施用磷肥、钾肥对胸径亦具有一定促进作用。

2.3 施肥对杨树材积生长的影响

材积是反映杨树生长量的总体指标。表 1 分析结果表明，施肥各处理与不施肥对照间材积生长差异达到了极显著水平 (1%L. S. D. =0.0064)，说明施肥能极大地提高杨树材积，从而增加单位面积杨树林经营效益。不同施肥处理间，以处理 5 (N、P205 和 K20 分别为 10、3.3、6.7 kg/亩) 施用效果最好，与对照相比，其材积增幅达到了 83.1%，增产效应十分明显。该配方适宜在当地江汉平原地区大力推广。

2.4 杨树平衡施肥示范及经济效益分析

在试验的基础上，我们于 2002-2003 年在湖北省公安、江陵、石首等县(市)开展了杨树

平衡施肥示范。示范林面积共 10 亩，树龄为 3-6 年，造林密度均为 2m×3m。选取立地条件及树龄、密度、生长情况基本相同的标准地，设平衡施肥与不施肥对照两个处理，平衡施肥标准地采用上述配方（N、P205 和 K20 分别为 10、3.3、6.7 kg/亩），每年 6 月施肥 1 次，2003 年 11 月调查标准地杨树生长量，计算单位面积经济效益。其结果见表 2。

表 2. 杨树平衡施肥示范效果

| 项目 | 地点 | 面积 | 树龄 | 造林密度 | 平均树高 | 平均胸径 | 平均材积 | 亩产值 | 亩投入肥料 | 亩用工 | 施肥净增收 |
|---|----|----|----|------|------|-------|--------|---------|-------|-----|-------|
| 平衡施肥 | 公安 | 1 | 3 | 2×3 | 9.57 | 9.75 | 0.0401 | 1335.33 | 110.5 | 25 | 197.5 |
| | 江陵 | 2 | 5 | 2×3 | 9.89 | 12.5 | 0.0546 | 1818.18 | 110.5 | 25 | 397.3 |
| | 石首 | 2 | 6 | 2×3 | 10.5 | 14.1 | 0.0744 | 2477.52 | 110.5 | 25 | 640.5 |
| | 平均 | | | | 9.99 | 12.12 | 0.0564 | 1878.12 | 110.5 | 25 | 411.8 |
| 不施肥 | 公安 | 1 | 3 | 2×3 | 7.7 | 7.9 | 0.0301 | 1002.33 | 0 | 0 | 0 |
| | 江陵 | 2 | 5 | 2×3 | 8.9 | 11 | 0.0386 | 1285.38 | 0 | 0 | 0 |
| | 石首 | 2 | 6 | 2×3 | 9.8 | 12.5 | 0.0538 | 1791.54 | 0 | 0 | 0 |
| | 平均 | | | | 8.8 | 10.47 | 0.0408 | 1359.75 | 0 | 0 | 0 |
| 注：杨树木材价格按 300 元/m ³ 计，投入用工仅计算施肥用工。 | | | | | | | | | | | |

表 2 结果表明：杨树平衡施肥示范比不施肥对照平均树高增加了 1.09m，增幅为 12.2%；平均胸径增加了 1.65cm，增幅为 15.8%；平均材积增加 0.0156m³，增幅为 38.2%；亩产值增加 518.37 元，增幅为 38.1%；亩净增收达到了 411.8 元，经济效益十分可观。

3. 结语

3.1 施肥各处理与不施肥对照相比，施肥促进了杨树高、杨树胸径和材积生长，最高增产幅度分别达到 35.4%、42.9%和 83.1%。N 肥的施用效果作为显著，其次是 P。合理施用 K 肥对杨树胸径和材积亦有一定的促进作用。

3.2 当地江汉平原地区杨树施肥的推荐配方为：N 10、P205 3.3 和 K20 6.7 kg/亩。从当地近年来试验和示范的结果来看，杨树平衡施肥效益非常明显。杨树平衡施肥技术推广工作深受广大林农欢迎。



有机肥料、无机肥料与无公害蔬菜生产

李伟¹ 戴亨林¹ 董光群² 张进川²
1 重庆市土壤肥料站 2 璧山县土壤肥料站

Organic Manure, Inorganic Fertilizer and Non-contaminated Vegetable Production

Li Wei¹, Dai Heng-lin¹, Dong Guangqun², Zhang Jin-chuan²

¹ Soil and Fertilizer Station, Chongqing City

² Soil and Fertilizer Station, Bishan County

摘要 采用有机肥料、有机肥与无机肥配合、无机肥料及其不同配比共 10 个处理, 对大白菜硝酸盐含量、重金属含量以及产量变化进行研究, 结果表明, 随着氮肥施用量的增加, 大白菜体内硝酸盐含量同步增加; 施用钾肥和钙肥有降低硝酸盐含量的作用。大白菜体内的重金属含量与土壤和肥料中重金属含量有关, 施用鸡粪等有机肥料, 会导致作物体内镉、铬、铜、铅含量增加。

无公害农产品生产已经成为我国农业的发展方向。但目前无公害农产品生产中存在着一种观点, 即有机肥料=无公害农产品; 施用化肥就必然会带来硝酸盐污染。为了对上述观点的正误进行探讨, 特设计了本试验。

一、材料与方 法

1、试验地点

试验地选在距离重庆市区约 80km 的璧山县。为了考察不同年限的蔬菜土壤对硝酸盐和重金属累计的影响, 故选取了新蔬菜地和老蔬菜地, 按同一方案进行试验。新蔬菜地在河边镇新塘村 7 社吴月常承包地, 2001 年开始种植蔬菜。前作为水稻。老蔬菜地在璧城镇群合村蔬菜基地张晋福承包地, 有 5 年的蔬菜种植历史。前作为水稻。

2、供试土壤

供试土壤为侏罗系上统遂宁组泥岩发育的淹育型水稻土, 肥力水平中等 (表 1)。土壤微碱性, 老蔬菜地磷素有富集趋势。

表 1 供试土壤特性 (ug/ml)

| 地 点 | 作物品种 | 土 壤 | pH | OM | N | P | K | S | B |
|--------|---------|-----|-----|------|-------------|-------------|-------------|-----------|------------|
| 璧城镇群合村 | 山东 19 号 | 淹育型 | 7.7 | 1.01 | 18.0 | 14.3 | 62.0 | 29.9 | 0.34 |
| 河边镇新塘村 | | 水稻土 | 7.6 | 1.01 | 13.1 | 4.6 | 58.2 | 13.6 | 0.28 |
| 养分临界值 | | | | | 50.0 | 12.0 | 78.2 | 12 | 0.2 |

3、样品分析

土壤常规项目由中-加合作实验室分析。重金属、硝酸盐及维生素 C 由西南农大资环学院分析。

基础土样在 2002 年 9 月采集。植株样品的采集在大白菜成熟收获时进行。选一次重复,

从该重复的每个小区中随机采取 5 株整株，立即送实验室分析。植株硝酸盐分析，去掉外面的叶片，将 5 株植株样切碎混匀，用清水浸提，加热分离叶绿素后，用酚二磺酸显色，分光光度法比色。维生素 C 的分析，采用 2% 草酸提取，2,6-二氯酚酚滴定。土壤和植株样品的铜、锌、镉、铅、镍用盐酸-硝酸-高氯酸消解，原子吸收分光光度法 II (AAS) 法测定。汞采用硝酸-硫酸-五氧化二钒消解，冷原子吸收法测定。砷用盐酸-硝酸-高氯酸消解，二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法测定。铬用硫酸-硝酸-氢氟酸消解，高锰酸钾氧化，二苯碳酰肼光度法测定。

表 2 供试土壤重金属含量 mg/kg (注: 表中所列数据均为全量)

| 编号 | 取样地点 | Hg | Cd | As | Zn | Cr | Cu | Pb |
|----|------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 01 | 璧城 | 0.0525 | 0.420 | 13.962 | 77.65 | 54.71 | 19.35 | 85.85 |
| 02 | 河边 | 0.0685 | 0.310 | 10.976 | 104.05 | 54.80 | 19.30 | 57.15 |

4、供试作物品种

供试作物为大白菜，品种山东 19 号。

5、试验处理

试验设 10 个处理 (表 3)，农民习惯施肥，纯有机肥，有机肥与化肥配合，纯化肥，纯化肥设计了 4 个氮素水平，钾、钙、镁各 2 个水平。有机肥与化肥配合的养分总量和 OPT 相等。

表 3 试验处理及养分用量 (公斤/亩)

| 编号 | 处 理 | 有机肥 | 化肥 | | |
|----|-------------------------|------------|----|-------------------------------|------------------|
| | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 1 | 农民习惯 | 15-7.5-9 | 5 | 0 | 0 |
| 2 | 有机肥 | 10-9.5-8.5 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 有机肥+化肥 | 5-5-4 | 15 | 5 | 16 |
| 4 | OPT-N | 0 | 0 | 10 | 20 |
| 5 | OPT-1/2N | 0 | 10 | 10 | 20 |
| 6 | NPK Ca Mg B (OPT) | 0 | 20 | 10 | 20 |
| 7 | OPT+1/2N | 0 | 30 | 10 | 20 |
| 8 | OPT+1/2K ₂ O | 0 | 20 | 10 | 30 |
| 9 | OPT-Mg | 0 | 20 | 10 | 20 |
| 10 | OPT-Ca | 0 | 20 | 10 | 20 |

随机区组排列，三次重复。小区面积为 20 m²。

试验所用有机肥都经发酵腐熟，一次备足整个试验所需肥料，以保证各处理施肥的养分量一致。氮肥为尿素，钾肥为氯化钾，磷肥为磷酸一铵，钙肥为石灰，镁肥为七水硫酸镁，硼肥为硼砂。

农民习惯施肥为 4500 公斤/亩人畜粪尿+11 公斤/亩尿素，有机肥处理为 1000 公斤/亩鸡粪，有机肥+化肥处理为 500 公斤/亩有机肥+适量化肥。氮、磷、钾肥用量见表 3。石灰的用量为 50 公斤/亩。七水硫酸镁用量 2 公斤/亩。硼砂用量为 0.25 公斤/亩。

6、试验实施

试验于 2002 年 9 月 23 日育苗，10 月 20 日整地，10 月 25 日移栽，种植密度为 4.5 万株/公顷。2003 年 1 月 21 日收获。

施肥方法：处理 1 按照当地农民的习惯方法进行。处理 2、3 的有机肥料分三次施用：第一次在移栽后 7 天，用量为总量的 30%，第二次在栽后 17 天，用量为总量的 40%，余下的 30% 在栽后 30 天施用。有机肥按 1: 3 的比例与清水混合均匀后施用。石灰和化肥中的磷肥、七水硫酸镁全部作基肥，在整地时一次施用。氮肥和钾肥分段施用，其施肥时间和比例与有机肥一致。硼砂在移栽后 10 天，按 0.5% 的浓度喷施，无硼处理喷等量清水。

二、结果与分析

1、施肥对大白菜硝酸盐含量的影响

通过对表 4 的分析可以看出，两个点的结果有一致的趋势，即随着施氮量的增加，大白菜硝酸盐含量同步增加，两者呈高度正相关（图 1），相关系数分别为 $r=0.9100$ ， $r=0.9664$ 。

表 4 施肥对硝酸盐和V_C含量的影响

| 试验处理 | 璧城镇 | | 河边镇 | |
|------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|
| | NO ₃ -N mg/kg | Vc mg/kg | NO ₃ -N mg/kg | Vc mg/kg |
| 1 | 939 | 161.6 | 887 | 152.2 |
| 2 | 622 | 166.5 | 553 | 155.3 |
| 3 | 896 | 150.9 | 1015 | 150.0 |
| 4 | 523 | 157.5 | 502 | 152.5 |
| 5 | 557 | 159.2 | 535 | 155.5 |
| 6 | 863 | 163.2 | 805 | 166.5 |
| 7 | 897 | 182.1 | 885 | 170.5 |
| 8 | 765 | 172.2 | 754 | 180.5 |
| 9 | 743 | 193.5 | 768 | 155.5 |
| 10 | 852 | 134.6 | 880 | 190.5 |

进一步分析还可以看出，新老蔬菜地在相同施氮水平下，大白菜的硝酸盐累积量是不同的，老菜地比新菜地高 2.1%~8.6%。

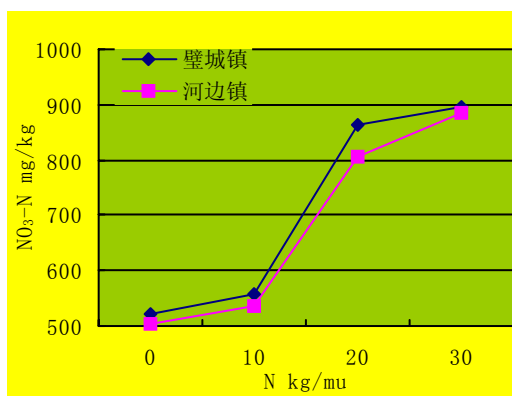


图 1 施氮肥与大白菜硝酸盐含量

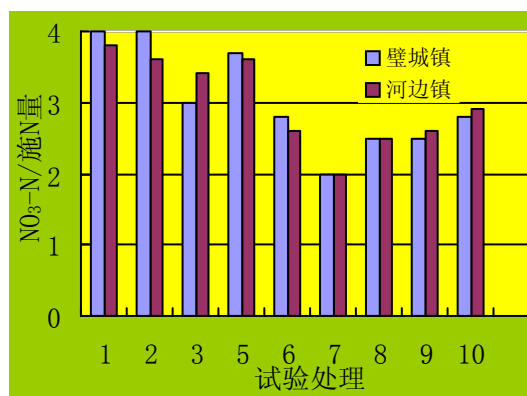


图 2 新老菜田硝酸盐与施氮量比处理间变化

从表 4 中还可以看出，施用纯有机肥的处理，其硝酸盐含量都低于 OPT，这可能与其中的氮含量低有关。农民习惯施肥氮素水平并不高，但由于氮、磷、钾比例不合理，与相近施肥处理（20-10-20）相比，硝酸盐含量高 8.8%~24.2%。如果从硝酸盐含量与施氮量的比值来看，凡施用了有机肥的都处于高水平，而施用化肥的 OPT 处理和高钾处理比值相对较低（图 2），进一步表明蔬菜硝酸盐的累积不仅与施氮量有关，而且还受氮、磷、钾养分比例的制约。另外，在等氮水平下，两种土壤提高钾肥用量，均可降低硝酸盐。不同的是，对于老蔬菜土壤，这种效果更为显著。

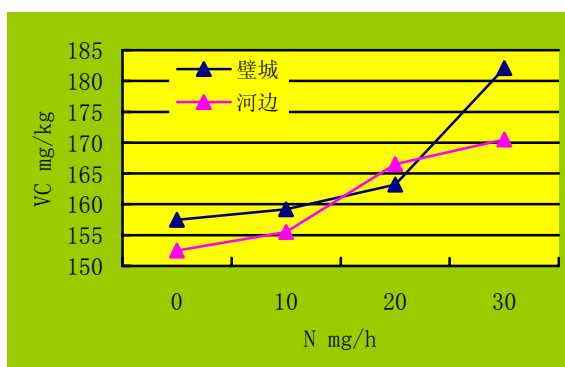


图 3 施氮量与 VC 含量 (mg/kg)

2、施肥对大白菜维生素 C 含量的影响

化肥高氮、高钾处理的维生素 C 含量高于其他处理。与硝酸盐含量变化相似，维生素 C 含量亦随施氮量的增加而同步增加（图 3）。在等氮、磷水平上增加钾肥施用量，其维生素 C 的含量会提高 5.5%~8.4%。

3、施肥对大白菜重金属含量的影响

分析表 5 可以看出，凡施用有机肥的处理，镉、铬、铜、铅含量均高于纯化肥处理，也即是说施用有机肥并不一定就安全，相反，因鸡粪本身带有一定量的重金属（表 5），施用后会导致农作物体内重金属的增加。另外从表 5 还可看出，老蔬菜地的重金属含量高于新蔬菜地，表明与种植粮食作物相比，蔬菜基地重金属累积的趋势更明显，这可能与蔬菜地有机肥用量（璧山县蔬菜基地鸡粪施用量约为 3000 公斤/亩年~5000 公斤/亩）大有关。

表 5 施肥对大白菜体内重金属累积的影响 kg/mg

| 测试项目 | Hg | Cd | As | Zn | Cr | Cu | Pb | |
|------|--------|--------|--------|------|------|------|------|-----|
| 试验处理 | 1 | 0.0110 | 0.0475 | 0.09 | 48.0 | 3.8 | 4.3 | 7.3 |
| | | 0.0118 | 0.0565 | 0.09 | 49.4 | 4.1 | 4.8 | 7.9 |
| | 2 | 0.0128 | 0.0880 | 0.07 | 28.2 | 4.4 | 4.2 | 7.1 |
| | | 0.0157 | 0.0982 | 0.08 | 37.9 | 4.7 | 3.9 | 7.8 |
| | 3 | 0.0145 | 0.0625 | 0.08 | 35.9 | 4.2 | 3.3 | 6.8 |
| | | 0.0155 | 0.0715 | 0.09 | 36.5 | 4.7 | 3.8 | 7.5 |
| | 4 | 0.0235 | 0.0425 | 0.05 | 28.1 | 3.5 | 2.3 | 6.5 |
| | | 0.0325 | 0.0445 | 0.05 | 28.8 | 3.9 | 3.3 | 6.6 |
| | 5 | 0.0093 | 0.0475 | 0.08 | 28.5 | 2.7 | 3.5 | 6.2 |
| | | 0.0063 | 0.0478 | 0.10 | 29.5 | 2.0 | 3.9 | 6.6 |
| | 6 | 0.0068 | 0.0475 | 0.05 | 30.5 | 3.2 | 2.1 | 5.9 |
| | | 0.0074 | 0.0547 | 0.07 | 31.7 | 3.4 | 2.8 | 6.8 |
| | 7 | 0.0110 | 0.0400 | 0.09 | 29.8 | 3.1 | 2.2 | 5.3 |
| | | 0.0110 | 0.0472 | 0.12 | 29.5 | 3.9 | 2.7 | 5.9 |
| | 8 | 0.0145 | 0.0350 | 0.05 | 24.1 | 3.4 | 3.5 | 5.0 |
| | | 0.0241 | 0.0384 | 0.06 | 35.6 | 3.3 | 4.5 | 5.9 |
| | 9 | 0.0101 | 0.0405 | 0.08 | 26.3 | 3.1 | 3.4 | 3.7 |
| | | 0.0110 | 0.0459 | 0.08 | 28.3 | 3.7 | 3.9 | 4.5 |
| | 10 | 0.0048 | 0.0503 | 0.05 | 30.1 | 3.0 | 2.4 | 4.6 |
| | | 0.0050 | 0.0550 | 0.05 | 32.3 | 2.9 | 3.4 | 5.5 |
| 鸡粪 | 0.0547 | 1.4190 | - | 68.9 | 12.3 | 12.4 | 14.8 | |

注：上排数字为河边镇，下排数字为璧城镇。

4、施肥与产量

由表 6 可知，璧城镇试验点 OPT 处理产量最高，1678.6 公斤/亩，比农民习惯施肥增产 9.1%，比施纯有机肥增产 13.0%。在 OPT 水平下，产量与施氮量呈正相关，超过 20 公斤/亩施 N 量，产量反而下降。与 OPT 相比，不施钙肥的相对产量可达 99.7%，表明供试土壤上钙肥效果不明显。施镁的增产效果达到 1% 显著水准。每亩施用 20 公斤 N、10 公斤 P₂O₅ 条件下，钾肥（K₂O）的适宜用量为 20 公斤/亩，超过此水平相对产量降到 79.0%。化肥低氮高钾处理（10-10-20）的产量（1584.1 公斤/亩）与纯有机肥的产量（1485.2 公斤/亩）相近，表明在低氮水平下钾肥的增产效果难以实现。

表6 施肥与产量 璧城镇

| 试验处理 | 产 量 | |
|------|-----------|---------------------|
| | 平 均(公斤/亩) | 相 对 (%) |
| 1 | 1538.5 | 91.65 [*] |
| 2 | 1485.2 | 88.48 ^{**} |
| 3 | 1677.5 | 99.93 |
| 4 | 1262.9 | 75.23 ^{**} |
| 5 | 1584.1 | 94.37 |
| 6 | 1678.6 | 100.0 |
| 7 | 1460.7 | 87.02 ^{**} |
| 8 | 1326.2 | 79.00 ^{**} |
| 9 | 1482.9 | 88.34 ^{**} |
| 10 | 1673.0 | 99.66 |

F=9.7917, $F_{0.01}(9, 18) = 3.5971$; $LSD_{0.05} = 135.8$, $LSD_{0.01} = 186.6$

三、讨论

1、本试验对硝酸盐含量仅在收获期，即距离最后一次施肥 56 天时取样分析。从分析结果来看，试验条件下的大白菜硝酸盐含量均未超过重庆市地方标准确定的 1500mg/kg 限定值。

2、试验结果表明，大白菜硝酸盐含量明显受施氮量的影响，两者呈正相关，而有机氮与无机氮的影响差异不显著。因此，简单地采用不施用化学氮肥的方法，并不能有效地降低大白菜体内硝酸盐的累积量。

3、合理的氮、磷、钾比例可有效地降低硝酸盐含量。施钙肥对硝酸盐的积累影响不明显，但镁肥的施用导致了大白菜体内硝酸盐含量的上升，且以老蔬菜地的反应更为显著，其中的原因有待进一步探讨。

4、大白菜体内的重金属含量与施用肥料品种有明显关系。施用鸡粪，可能因其自身重金属含量较高而导致作物体内重金属高于施用化肥。本试验以磷酸一铵做为供试磷肥，而生产上大量施用的过磷酸钙是否对蔬菜重金属的含量有影响尚待进一步研究。

参考文献：

(1) 全国农业技术推广服务中心，中国有机肥料养分志，中国农业出版社，北京，1999，5~21。



河南省褐土区施用氮磷钾肥对小麦玉米产量的影响

孙克刚¹ 李丙奇 王英 王继印 毕建国

河南省农业科学院土壤肥料研究所, 郑州, 450002

Effect of Application of N, P and K Fertilizers on Yield of Wheat and Corn in Cinnamon Soil in Henan Province

Sun Ke-gang, Li Bing-qi, Wang Ying, Wang Jiyin, Bi Jianguo

Soil and Fertilizer Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences

摘要: 针对生产实践中存在的问题, 在洛阳孟津县, 进行了小麦、玉米施用钾肥优质高产平衡施肥试验和示范。试验结果表明: 在小麦上, 不施用氮、磷、钾肥比平衡施用氮磷钾肥分别减产 37.1%、23.1%和 7.5%。平衡施用氮磷钾肥小麦产量可达 400kg/亩, 利润为 362 元/亩。玉米不施用氮、磷、钾比平衡施用氮磷钾肥分别减产 54.0%, 21.1%, 12.7%, 平衡施用氮磷钾肥玉米产量可达 431kg/亩, 利润为 397 元/亩。玉米上施用钾肥增产效果好于小麦作物。

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。但是小麦、玉米生产管理上仍存在很多问题, 具体表现在: 1) 施肥不科学, 只注重氮肥的施用, 长期忽视磷钾肥的施用; 2) 不能针对作物营养特性进行施肥, 例如, 玉米是需钾作物, 但农村广大农户不能够针对其营养特性增施钾肥, 导致玉米因缺钾而产量普遍较低。

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。

1 材料与amp;方法

表 1 试验与示范设计方案(kg/亩)

| 处理 | 洛阳孟津小麦试验方案 | | | 处理 | 洛阳孟津玉米试验方案 | | |
|----------|------------|-------------------------------|------------------|----------|------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 1 施氮磷钾 | 12 | 8 | 8 | 1 施氮磷钾 | 15 | 6 | 10 |
| 2 施磷钾 | 0 | 8 | 8 | 2 施磷钾 | 0 | 9 | 10 |
| 3 施氮钾 | 12 | 0 | 8 | 3 施氮钾 | 15 | 0 | 10 |
| 4 施氮磷 | 12 | 8 | 0 | 4 施氮磷 | 15 | 6 | 0 |
| 5 不施肥 CK | 0 | 0 | 0 | 5 不施肥 CK | 0 | 0 | 0 |

试验地点为河南省孟津县, 试验与示范设计方案见表 1。小区面积 20~30M², 3 次重复,

¹ 本项研究由加拿大钾磷研究所北京办事处资助。

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；并取一个重复植株和籽粒进行 N、P、K 元素吸收分析和籽茎比。从其中一个重复采取子粒（或收获部分）和秸秆（或生物产量）的样品，送到北京 CAAS-PPIC 合作实验室统一分析植物养分含量（或本地分析）。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。

2 试验结果与经济效益分析

洛阳孟津小麦、玉米养分监测村试验结果见表 2。在小麦试验中五个处理以氮磷钾处理产量最高，达 400kg/亩，其利润为 362 元/亩，产投比为 5.7，生物产量也是最高 708 kg/亩，经济系数为 0.56，产量与氮磷处理相比没有达到 5%显著水平，和其他处理差异极显著。氮磷处理产量达 372 kg/亩，其利润为第 2 位 349 元/亩，产投比为 6.8，生物产量也是第 2 位 676 kg/亩，经济系数为 0.55，与氮钾处理差异显著。在氮磷钾配施时，缺氮时，氮肥贡献为 37.1%；缺磷时，磷肥贡献为 23.1%；缺钾时，钾肥贡献为 7.5%。通过以上分析看出，决定小麦产量因素第 1 为氮素，其次为磷素和钾素。氮磷钾处理和氮磷处理增产效果相同。

表 2 2003 年洛阳孟津小麦试验施钾处理的产量结果及经济效益分析

| 施肥量 (公斤/亩) | | | 子粒产量 kg/亩 | 增产 | | 显著性 | | 产值 | 成本 | 利润 | 产投比 | 生物产量 kg/亩 | 经济系数 |
|------------|-------------------------------|------------------|-----------|-----|-------------|----------|----------|-----|----|-----|------------|-----------|-------------|
| N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | 公斤 | % | 1% | 5% | | | | | | |
| 12 | 8 | 8 | 400 | 183 | 84.6 | A | A | 440 | 78 | 362 | 5.7 | 708 | 0.56 |
| 12 | 8 | 0 | 372 | 155 | 71.6 | AB | A | 409 | 60 | 349 | 6.8 | 676 | 0.55 |
| 12 | 0 | 8 | 325 | 108 | 50.0 | BC | B | 358 | 50 | 304 | 6.7 | 592 | 0.55 |
| 0 | 8 | 8 | 292 | 75 | 34.6 | C | B | 321 | 42 | 279 | 7.7 | 500 | 0.58 |
| 0 | 0 | 0 | 217 | - | - | D | C | 238 | - | 238 | - | 408 | 0.53 |

LSD_{0.05}=529.8 LSD_{0.01}=770.6 价格 (元·kg⁻¹) N 3.0、P₂O₅ 3.0、K₂O 2.2、小麦 1.1;

表 3 2003 年洛阳孟津玉米试验施钾处理的产量结果及经济效益分析

| 施肥量 (公斤/亩) | | | 子粒产量 kg/亩 | 增产 | | 显著性 | | 产值 | 成本 | 利润 | 产投比 | 生物产量 kg/亩 | 经济系数 |
|------------|-------------------------------|------------------|-----------|-----|-------------|----------|----------|-----|----|-----|------------|-----------|-------------|
| N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | 公斤 | % | 1% | 5% | | | | | | |
| 15 | 6 | 10 | 431 | 163 | 60.7 | A | A | 482 | 85 | 397 | 5.7 | 530 | 0.45 |
| 15 | 6 | 0 | 382 | 114 | 42.5 | AB | B | 428 | 63 | 365 | 6.8 | 535 | 0.42 |
| 15 | 0 | 10 | 356 | 88 | 32.7 | B | B | 399 | 67 | 332 | 5.9 | 415 | 0.46 |
| 0 | 6 | 10 | 280 | 12 | 4.3 | C | C | 313 | 40 | 273 | 7.8 | 459 | 0.38 |
| 0 | 0 | 0 | 268 | - | - | C | C | 300 | - | 300 | - | 311 | 0.46 |

LSD_{0.05}=36.57 LSD_{0.01}=53.19 价格 (元·kg⁻¹) N 3.0、P₂O₅ 3.0、K₂O 2.2、玉米 1.12;

在玉米试验中五个处理以氮磷钾处理产量最高，达 461kg/亩，其利润也是最高为 397 元/亩，产投比为 5.7，秸秆产量却为第 2 位 530kg/亩，经济系数为 0.45，产量与氮磷处理相

比达到显著水平检验。和其他处理相比差异极显著。氮磷处理产量为第 2 位达 382kg/亩，其利润为第 2 位 365 元/亩，产投比为 6.8，秸秆产量却是第 1 位 535 kg/亩，经济系数为 0.42，与氮钾处理、磷钾两处理没有通过 1%和 5%检验，差异不显著。在氮磷钾配施时，缺氮时，氮肥贡献为 54.0%。缺磷时，磷肥贡献为 21.1%。缺钾时，钾肥贡献为 12.7%。以上分析看出，对氮素，磷素和钾素对玉米和小麦的效应是不同的，虽然决定玉米产量因素同样第 1 为氮素，其次为磷素和钾素。但是氮、磷、钾三元素对产量贡献不同。玉米中氮磷钾处理和氮磷处理增产效果差异显著，说明在玉米施肥中，钾肥对产量影响起决定因素，这主要是因为玉米是一种喜钾作物。

3 结果与讨论

- 1 小麦和玉米试验结果表明氮肥对作物的增产作用远大于磷肥和钾肥作用，磷肥增产作用又大于钾肥的增产作用。
- 2 氮磷钾肥对玉米的增产效果好于小麦。施用钾肥在玉米上增产效果更加明显。
- 3 不管在何种土壤类型和何种作物上，只要能够作到平衡施用氮磷钾肥，就能够获得高产和高利润。

参考文献

- 1 华北师范大学生物系植物生理教研组主编. 植物生理学实验指导 [M]. 高等教育出版社, 1984, 88~90, 143~144.
- 2 汪鹤亭. 叶水势的电导测定 [J]. 植物生理通讯, 1981, (5): 42~45.
- 3 河南省农业科学院土壤肥料研究所主编. 《主要农作物配方施肥》. 河南科学技术出版社.
- 4 山东农学院主编. 《作物栽培学》. 农业出版社.
- 5 黄绍文, 何萍, 金继运等. 豫麦 47 面包强筋小麦试区土壤养分状况及推荐施肥建议 《河南农业科学》, 2001, 6. 11~14.
6. 季书勤, 赵淑章, 吕凤荣等. 中后期肥水对豫麦 47 号产量及面团特性的影响. 《河南农业科学》, 2001, 6. 18~19.
- 7 蒋纪芸等. 旱地小麦高产优质施肥问题的研究. 西北农业大学学报, 1991 (19), 4: 12~17.
- 8 高瑞玲等 高产麦田后期喷氮对产量与品质的影响 河南职业技术学院学, 1989, 17(3-4): 80~84.
- 9 季书勤, 王绍中等. 专用优质小麦与栽培技术. 气象出版社, 2000.
10. 小麦生态栽培与农业生产, 中国科学技术出版社. 2000.