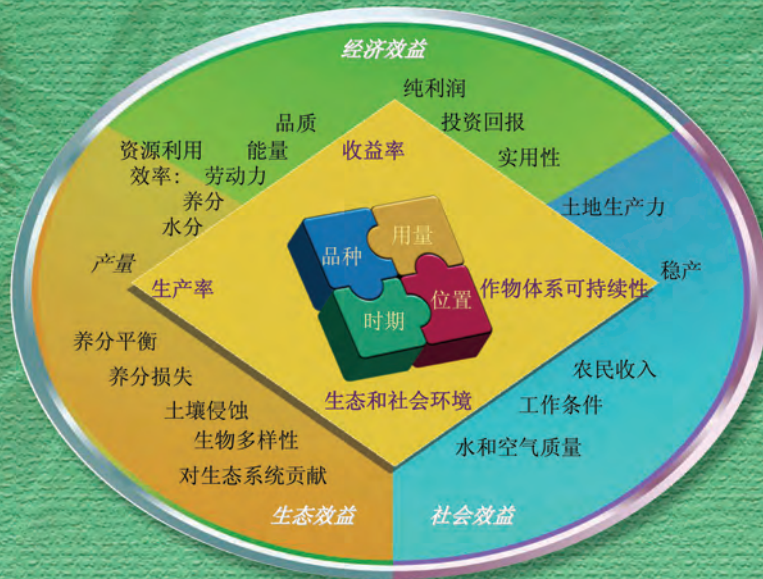




高效施肥



本期提要

普遍适用的肥料最佳管理措施框架
满足有机农业对磷的需求
马铃薯施用不同钾肥品种及用量效应
春玉米平衡施肥效果研究
钾素对大葱产量和品质的影响
青海省甘蓝型春油菜需肥特性研究
超高产冬小麦土壤养分限制因子研究

钾肥不同品种和用量对葡萄产量及品质影响
保护地蔬菜高产下的养分循环与平衡施肥技术
河南省潮土供氮能力和小麦合理施氮量研究
冬季马铃薯氮磷钾施肥效应及其适宜用量研究
磷钾配施对油菜产量、经济效应及养分吸收的影响
河南省不同土壤类型小麦平衡施肥研究

高效施肥 2008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报告 (21)	1
普遍适用的肥料最佳管理措施框架	3
满足有机农业对磷的需求	8
马铃薯施用不同钾肥品种及用量的效应研究	13
春玉米平衡施肥效果研究	17
钾素对大葱产量和品质的影响	21
青海省甘蓝型春油菜需肥特性研究初报	24
超高产冬小麦土壤养分限制因子研究	28
钾肥不同品种和用量对葡萄产量及品质影响	33
保护地蔬菜高产下的养分循环与平衡施肥技术研究	36
河南省潮土供氮能力和小麦合理施氮量研究	44
冬季马铃薯氮磷钾施肥效应及其适宜用量研究	47
磷钾肥配合施用对油菜产量、经济效益及养分吸收的影响	51
河南省不同土壤类型小麦平衡施肥研究	55

《高效施肥》

为 IPNI 中国项目部的出版物，
每年五月及十月各出一期

本刊物以推动科学化的合理施肥为目标
可免费向北京、武汉、成都办事处索取

网页: <http://www.ipni.net>
<http://ipni.caas.ac.cn>

邮件地址:

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

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

主编: 金继运

编辑: 陈 防、涂仕华、李书田、何萍、
梁鸣早

国际项目总部—Saskatoon, Saskatchewan, 加拿大
A.M. Johnston, Vice President, IPNI Asia Program
Coordinator

理事会

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

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

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

中国项目部

金继运 主任	北京办事处
何 萍 副主任	北京办事处
李书田 副主任	北京办事处
梁鸣早 女士	北京办事处
陈 防 副主任	武汉办事处
涂仕华 副主任	成都办事处

会员公司:

Agrium Inc.	Mosaic
Arab Potash Company	PotashCorp
Belarusian Potash Company	Saskferco
Bunge Fertilizantes S.A	Simplot
CF Industries Holding, Inc.	Sinofert Holdings Limited
Groupe OCP	SQM
Incitec Pivot	Terra Industries, Inc
Intrepid Mining, LLC	Uralkali
K+S KALI GmbH	



加拿大钾肥公司在中国的平衡施肥示范项目报告 (2.1)

——提高我国肥料利用效率的技术对策

金继运

近年来,我国很多地区有过量偏施氮肥的现象,部分地区,尤其是经济比较发达的地区和在较高经济价值的作物上,氮磷肥施用过量的现象也较普遍,造成氮素损失严重和部分地区土壤磷素积累。加上大量的有机废弃物没能有效返回农田,对环境构成了威胁。但是,人多地少的国情决定了我国的肥料施用必须达到作物持续增产、农民持续增收、农田生产力持续提高、农村环境持续得到改善的可持续发展的目标。

实现这一目标,必须改进施肥技术,减少氮素损失,提高氮肥当季回收率,提高氮磷钾等肥料施用的经济效益。要针对我国农田高强度利用的特点,在基础和应用基础研究上有突破,在技术研究上有创新,在土壤肥力和肥料效益的监测和管理方面打下坚实的基础。为此,提出如下建议:

1. 加强土壤养分循环规律和肥料高效利用的基础和应用基础研究

各种不同的养分在不同的土壤环境中都有其特有的转化循环规律,不同养分以有机或无机等不同形式施入农田后,有各自的释放、转化、迁移以及被作物吸收、利用和再利用的规律,在农田和区域尺度上,养分的循环供应和作物的吸收利用均有其时间和空间上的特定规律,这些规律将极大地影响肥料的利用效率和损失率。因此,结合我国各地区具体情况,开展相关的基础和应用基础研究,是实现土壤可持续利用和高效施肥的根本需求。

2. 加强土壤肥力和肥料效益监测等基础性工作

土壤肥力是农业可持续发展的基础,肥料效益是肥料资源高效利用的依据,要长期保障农田的可持续利用和肥料资源的高效利用,必须在主要农区和主要土壤上加强国家土壤肥力监测基地建设和建立国家肥料效益试验网,以实时掌握全国和各地区土壤养分和生产力状况,实时掌握全国和各主要农区主要作物对氮磷钾和中微量元素肥料的反应和施肥的增产效益,同时借助信息、数据库、网络技术等,逐步建立国家和地方不同级别的土壤肥力和肥料效益监测管理网络,形成全国性的土壤肥料信息交流和管理系统。

3. 实现平衡施肥,培育养分供应均衡、肥沃、健康的农田

提高肥料利用效率的关键是保证作物所必需的各种大、中、微量营养元素的全面均衡供应。由于施肥的不平衡,造成我国不同地区农田土壤养分的非均匀化程度加剧,许多地区氮肥施用过量,效益低,损失严重,有的地区磷素也有积累,许多地区存在土壤钾素和其他营养元素的耗竭和缺乏。因此,在制定肥料管理策略时,一定要针对土壤中每一养分丰缺状况区别对待:1)对于土壤中缺乏的元素,要通过施肥补充到适宜的水平,以保证作物增产和培肥地力的双重目标;2)对于土壤中含量适宜的元素,要适当补充作物收获部分带走的养分,以维持土壤中这种营养元素的供应能力(地力要素);3)对于土壤中原有储量丰富或有明显积累的元素,可以暂时不施肥,以充分利用土壤养分资源,或适当减少施肥量。这样,通过多年的科学施肥管理,逐渐实现土壤中各种营养元素的均衡合理,培育健康、肥沃、耕层深厚的农田。

4. 根据不同养分的行为特征制定不同的技术路线

各种不同的营养元素在土壤中的行为不同。就氮、磷、钾而言,氮素在农田生态系统中最活跃的,也是通过物理、化学和生物学的转化过程损失最为严重的,而且在一般情况下对下季作物增产的

后效不明显。因此,要加强氮肥施入土壤后的行为和去向的研究,明确不同土壤和种植条件下氮素的转化规律、损失途径、作物吸收利用特征等,实现最大限度提高氮肥的当季利用效率,最大限度减少氮素损失。而磷素在土壤中移动性很小,后效显著,当季回收率没有太大的实际意义,应更多关注其长期累计回收率和在土壤中的积累过程;磷素在土壤中可以固定而无效化,可以通过地表径流而进入水体,加速地表水体富营养化。要研究明确不同条件下磷素的无效化过程和损失途径,最大限度发挥其累计利用效率。钾素对环境基本无不良影响,而且作物对钾素有明显的奢侈吸收,研究其作物回收率意义不大,应该更多关注其当季和累计农学效率。我国钾肥资源十分缺乏,大部分钾肥需要进口,因此一定要清楚了解各地区土壤钾素供应能力,根据土壤供钾能力和作物需求,科学施用钾肥,同时充分利用秸秆和有机肥资源中的钾素。

5. 建立科学的有机-无机结合的施肥体系

有机肥和化肥都是重要的养分资源,其中有机肥还有提供有机物质,改善土壤理化性状的功能,因此,必须制定相应的政策,研究出简便易行的技术,鼓励和支持农民充分利用一切可以利用的有机肥料资源。同时加强大型畜牧养殖场的管理,减少畜禽粪便中重金属、抗生素和其他有毒有害物质的含量,保证有机肥的无害化,保护农田质量。

在充分利用有机肥料资源的基础上,科学施用各种缺乏的大、中、微量元素化肥,在加强基础研究和技术研究的基础上,形成科学的有机-无机结合的施肥体系,最大限度提高化肥利用率、降低损失率。

6. 加强肥料高效利用的技术研究和系统集成

科学施肥是技术性很强的工作,同时,科学施肥要通过众多的农户来实现,因此,必须加强科学施肥相关技术研究和集成,形成简便易行的技术体系,如在土壤测试基础上形成的配方施肥技术和作物专用肥技术、农田养分精准管理和精准施肥技术、有机肥料高效利用和有机无机配合应用技术、新型肥料技术等。必须强调的是,这些技术必须是以人为本的人性化的技术,简便易行,易于让农民掌握和实施。

7. 注意施肥与其他农艺措施的结合

施肥是作物栽培的一部分,一定要结合整个作物栽培管理体系研究植物营养和施肥的科学问题,加强施肥与温度、水分、光照等环境因素交互作用的研究。施肥的目的是充分发挥优质高产品种的生产潜力,必须选择最适宜的品种,配合最佳的耕作、灌水、植保等栽培管理措施,才能充分发挥肥料的增产增收效益。

8. 建立土壤肥料研究和技术推广工作的长效机制

土壤是农业的基础,肥料是作物的“粮食”,土壤肥料工作是国家农业可持续发展最为重要的基础性工作,建议制定相应的政策,加大土壤肥料研究和技术推广的投入,疏通投资渠道,稳定研究和技术推广队伍,建立有效的技术推广体系和与农民交流的网络信息平台,建立土壤肥料研究和技术推广工作的长效机制。

普遍适用的肥料最佳管理措施框架

By T. W. B. Ruilsema, C. W. Witt, Fernando García, Shutian Li, T. Nagendra Rao,

Fang Chen, and S. Ivanova

本文阐述了旨在促进肥料发展和应用的最佳管理措施 (BMPs) 框架, 并加深理解这些措施对实现农业可持续发展目标的贡献, 并指导如何应用科学原理因地制宜地确定 BMPs。

农户水平上的种植制度管理有多种目标, 最佳管理措施的应用最能实现这些目标。施肥管理属于种植制度管理中较重要的方面, 此框架有助于阐述肥料最佳管理如何与农艺管理相适应。

一般来说, 可持续发展的目标就是实现经济、社会和生态三方面协调 (Brundtland, 1987), 这对当今乃至将来都至关重要。然而, 在农户水平上很难把特定作物的管理措施与这三个方面联系在一起。四个管理目标适用于所有作物管理体系的农户实际管理水平上 (Witt, 2003)。这四个目标是生产率、收益率、种植制度的可持续能力和环境协调能力 (PPSE), 他们之间的相互关系列于图 1 中。

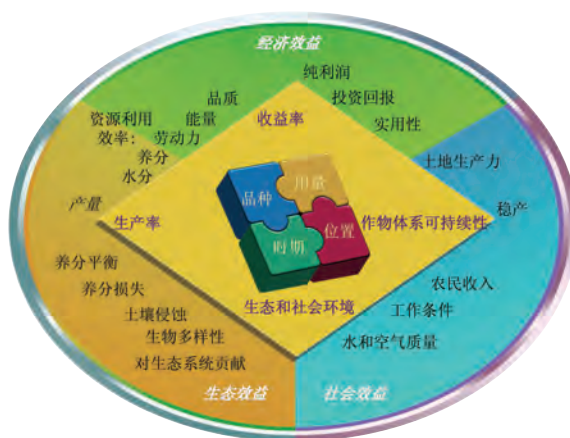


图 1 普遍适用的施肥最佳管理措施框架图

施肥最佳管理措施——采用正确的肥源用正确的用量在正确的时期施用在正确的位置, 与农艺上的最佳管理措施相结合实现作物管理的生产率、收益率、可持续性和环境友好的目标。用合理的技术指标评价肥料最佳管理措施在农户水平上对四个作物管理目标的影响, 以及对区域较大范围内可持续发展的经济、生态和社会目标的影响。肥料最佳管理措施是作物最佳管理措施的一部分, 要想肥料施用达到“最佳”, 就必须与其他农艺措施协调, 使四个目标的组合达到最优。在农户水平上发展、评价和完善最佳管理措施必须考虑这四个目标, 选择的指标必须能够反映四个目标在地区、国家或全球水平上的综合影响。在不同范围内使用的恰当指标将在以下性能指标部分作进一步讨论。

种植体系管理目标

生产率: 对种植体系而言, 单位时间单位种植面积的产量是反映生产率的主要标准, 在涉及的所有资源或生产要素方面必须考虑生产率, 正确评价生产率需要许多描述生产和投入利用率的指标。

收益率: 收益率是指产品的产值 (毛收益或总收入) 与生产成本之间的差值, 其主要标准是单位时间单位面积的纯收益。某一特定管理措施的收益率等于增加的总收入扣除其边际成本。

可持续性：是指随着时间推移，对相应资源产生影响的种植体系上的可持续性。一个具有持续性的生产体系是指所用资源的质量（或效率）不会随着时间的推移而降低，从而“即使投入不增加，产出也不会减少”（Monteith, 1990）。

环境（自然性和社会性）：作物生产体系通过物质损失到水和空气中而对周围生态系统产生广泛的影响，一些影响可以通过采取优化资源利用效率的有效措施而减少到一定程度。农户水平上的管理措施也会通过对劳动力需求、工作条件及生态系统的改变而影响社会环境。

肥料管理的目标

肥料最佳管理措施从本质上支持种植体系管理的四个目标，并恰当地描述为选择正确的肥料种类，采取正确的施用量，在正确的施肥时期施用在正确位置（Roberts, 2007）。肥料种类、施肥量、施肥时期和施肥位置相互依赖，并与一系列种植制度中的农艺管理措施相互联系（图1）。

科学原理

一些科学原理可以成套或单独地用于作物和肥料最佳管理措施上，这些原理既具有全球性，又可用于农户管理水平上，不同的作物体系下这些科学原理的应用可能具有很大差异。

与最佳管理措施每个范畴有关的一些原理如下：

- 1) 作物管理
 - a) 寻求实效性
 - b) 认识并适应风险
 - c) 确定评价指标
 - d) 确保全球和农户水平之间的双向反馈
- 2) 肥料管理
 - a) 符合过程机理
 - b) 认识与其他种植体系因素间的交互作用
 - c) 认识养分种类、用量、时期和位置间的交互作用
 - d) 避免对植物根系、叶片和幼苗产生负面影响
 - e) 认识对作物品质和产量的影响
- 3) 肥料品种
 - a) 提供植物有效态养分
 - b) 与土壤理化性状相适合
 - c) 认识营养元素间及其肥料品种间的协同作用
 - d) 认识肥料的混配性
 - e) 认识伴随元素的有益作用和作物对其敏感性
 - f) 控制非营养元素的作用
- 4) 肥料用量
 - a) 利用合适的方法估计土壤养分供应
 - b) 估计对作物有效的所有背景养分
 - c) 估计作物对养分的需求

- d) 预测肥料利用效率
- e) 考虑土壤的影响
- f) 考虑经济施肥量
- 5) 施肥时期
 - a) 估计不同时期作物对养分的吸收
 - b) 估计土壤养分的动态供应特征
 - c) 了解不同时期气候因素对养分损失的影响
 - d) 评价田间管理的合理性
- 6) 施肥位置
 - a) 了解根系—土壤体系动态变化
 - b) 对田块间和农户间空间变异进行管理
 - c) 适应耕作制度的需要
 - d) 限制养分从田间流失

许多应用于特定农户条件下的科学原理也不容忽视。凝炼出一套适合实际水平的最佳管理措施需要一些有资质人员参与，包括生产者和既懂理论又懂应用的顾问专家。这些原理更详细解释在 IPNI (2008) 中提供。

技术指标

技术指标需要反映肥料最佳管理措施对所有四种作物管理目标的影响。养分利用效率 (NUE, 单位肥料养分的产量或养分吸收量) 被认为是与肥料施用有关的最重要的指标。但是, 如图 1 所示, 肥料利用效率更多地直接关系到收益率和生产率, 而对可持续能力和环境健康的关系相对较少。现有的养分利用效率的其他指标 (Dobermann, 2007; Snyder and Bruulsema, 2007) 与四个目标的相关程度也不同。例如, 氮的最重要的技术指标是农学效率, 即单位肥料养分的增产量。然而, 对于磷、钾养分来说, 低的农学效率也能够接受, 对这两种养分来说采用不同的效率测定—偏养分平衡—可能与避免某些土壤养分耗竭或过量更有关系。

图 1 所示的部分指标在表 1 中亦有描述, 描述肥料最佳管理措施组合影响的一套技术指标依据考虑的范围而变化, 投资者需要选择使四个管理目标达到最佳状态的技术指标。我们提出的这一框架性概念有助于保证所选择的技术指标能均衡地反映四个目标, 与可持续发展目标相协调。(表一见下页)



表1 与作物管理目标相关的肥料最佳管理措施的技术指标

管理目标	技术指标	说明
生产率	产量	单位时间单位种植面积作物收获物数量
	品质	作物收获物组成成分数量(糖、蛋白质、矿物质等)或能增加产品价值的其它性状
	养分利用效率	施用单位养分所获得的产量或养分吸收量
	水分利用效率	单位灌水量或有效水分的产量,与灌溉或雨养生产有关
	劳动力利用效率	劳动力供需与田间管理的数量和时间密切相关
	能源利用效率	单位能源投入的作物产量
收益率	纯利润	反映单位时间内作物产品的数量和价值,与所有生产成本有关,其局限是无法抵御没有经济价值的外界条件
	投资回报	与纯利润相似,同时考虑资本投入和资金偿还
作物体系可持续性	简便易行	便于生产者应用某一最佳管理措施,通常易于掌握但又要了解其重要性
	土地生产力	反映土壤肥力水平的变化如土壤有机质和其他土壤质量指标
	稳产	在天气变化和虫害下保持作物产量稳定
	农民收入	改善生活水平
	工作条件	生活质量
社会和生态环境健康	水和空气质量	农业水域中水体养分浓度和数量或大气中浓度与数量。对农场范围内进行监测能力有限,对水域、区域乃至全球进行监测才是一项重要的公共服务内容。
	生态系统协调	难以量化,定性很重要,可以包括作物依赖自然界中的捕食者和传粉者,与外出娱乐、涉猎、捕鱼等有关的事项
	生物多样性	很难量化但可以定性
	土壤侵蚀	生长的作物和作物残体对土壤的覆盖度
	养分损失	养分损失到水和大气中,由于损失途径很多,因此在农户水平上很难测定
	养分平衡	土壤表面和农户水平下养分投入产出总的平衡帐,对养分投入的需求通常关系到收获物移走的养分随产量的增加而增加

结论

肥料施用最佳管理措施有助于实现作物体系管理的四个主要目标:生产率、收益率、可持续和环境健康。指导肥料施用最佳管理措施进行完善和实施的强有力科学原理是从相当长的农学和土壤肥力研究中发展而来的,当这些原理被看作是普遍性框架的一部分时,表明肥料施用最佳管理措施只有在各项措施都非常明确的特定条件下才能被认可。最佳管理措施的普遍性框架也需要用不断完善的技术指标来准确描述可持续发展前提下的施肥效益和风险。

Dr. Bruulsema, Dr. Witt, Dr. Garcia, Dr. Li, Dr. Rao, Dr. Chen, and Dr. Ivanova 是 IPNI 在世界各地的职员, 为 IPNI 最佳管理措施 (BMP) 小组成员, 联系人: Tom.Bruulsema@ipni.net.

致谢:

Dr. Paul Fixen 为 BMP 基本框架的设计和完美作了大量基础性工作, 在此表示感谢。想更多了解这方面的问题, 请访问 IPNI 网站: www.ipni.net/conceptpapers.

参考文献:

Brundtland, G.H. 1987. Our common future. Report of the World Commission on Environment and Development.

Dobermann, A. 2007. Nutrient use efficiency C measurement and management. pp 1-28. In Fertilizer Best Management Practices. IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices (FBMPs). 7-9 March, 2007. Brussels, Belgium.

IPNI. 2008. A global framework for best management practices for fertilizer use. IPNI Concept Paper #1. Norcross, GA.

Monteith, J.L. 1990. Can sustainability be quantified? Indian J. Dryland Agric. Res. Dev. 5:1-5.

Roberts, T.L. 2007. Right product, right rate, right time, and right place ***the foundation of best management practices for fertilizer. pp. 29-32. In Fertilizer Best Management Practices. IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices (FBMPs). 7-9 March, 2007. Brussels, Belgium.

Snyder, C.S. and T.W. Bruulsema. 2007. Nutrient Use Efficiency and Effectiveness in North America: Indices of Agronomic and Environmental Benefit. International Plant Nutrition Institute. Reference # 07076.

Witt, C. 2003. Fertilizer use efficiencies in irrigated rice in Asia. Proceedings of the IFA Regional Conference for Asia and the Pacific, Cheju Island, Republic of Korea, 6-8 October 2003. [online]. Available at www.fertilizer.org (last update 2003; accessed 27 Sept. 2005). Paris: International Fertilizer Association.

原文自 Better Crops with Plant Food, 2008 (2) 13-15

李书田、谢玲 译, 涂仕华、陈防 校

满足有机农业对磷的需求

Nathan Nelson 和 Robert Mikkelsen 著

国际植物营养研究所成都代表处 谢玲译 涂仕华校

有机生产中的磷素管理较难,这是因为经过认证的磷肥资源有限,而且施磷过多或过少都会产生严重不良后果。由于磷是植物生长过程中许多关键代谢功能必不可少的元素,因此可持续农业生产离不开磷的充足供应。

有机生产体系中养分管理着重通过农场自身供给或尽量减少使用经过加工物料来维持农业生产力。有机生产中养分投入的特点是基于碳素的有机养分源(例如:作物残留、堆肥、粪肥)和未加工的矿物质源(如磷矿石、石灰石和石膏)。

在大多数农业系统中,无论有机的还是传统的,都不存在完全养分循环(图1)。当收获把作物从田间带走,土壤中的养分储备就变少了。收获带走养分导致土壤磷亏损,需要定期施磷弥补。有几个关于农场整体磷预算的研究发现,很多有机农场的磷是亏缺的,说明需要补充养分。由于磷是植物生长的必需元素,因此所有可持续系统都应尽量设法补充作物收获带走的磷,从而避免作物产量和品质的下降。尽管有机农业设法减少农场以外的养分投入,但是种植者仍须补充作物收获带走的磷。

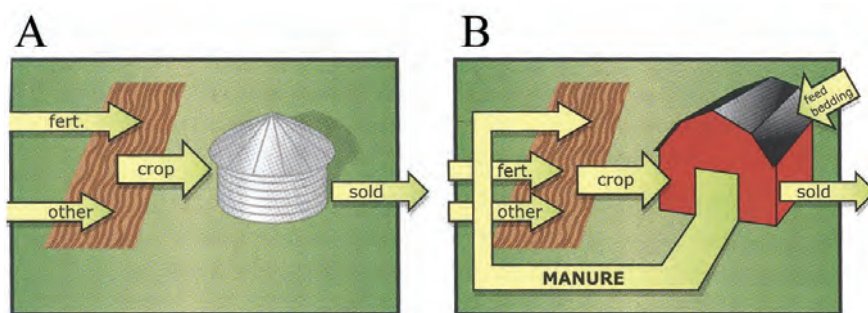


图1 对那些销售种植作物产品的有机农场,需要施肥来维持土壤肥力(A);对那些种植和养殖业兼有的农场(B),养分管理更为复杂,但是补充收获带走的养分仍是最基本的。

这里简要介绍了有机生产中最常用的磷肥。如果需要更多的信息或更广的参考资料,可浏览 www.ipni.net/organic/references。

土壤有机质

土壤有机质是作物重要的磷源。一些研究表明,有机农场的土壤有机质一直在增加,但另一些长期试验却没有显示这一点。这些差异很大程度上取决于管理措施如耕作强度、有机肥的大量施用、作物秸秆还田、覆盖作物种植范围和气候因素。虽然土壤有机质是植物养分的贮存库,但对改善土壤物理条件和作物根环境也同样重要。

土壤有机质含各种有机磷化合物,如肌醇磷酸、核酸和磷脂(图2)。这些化合物在被植物利用之前必须通过土壤酶首先转化成无机磷。这些磷酸酶是由土壤微生物、菌根真菌产生或是来自于植物根

系的分泌。一些有机磷化合物在土壤中可稳定许多年，但另一些只需几天或几周就转化为无机磷。

覆盖作物

出于多种利益的目的，覆盖作物常与经济作物轮作。覆盖作物磷营养的优势在于可通过它来聚积土壤磷。当覆盖作物死去后，这些聚积的磷随后就会被释放。无数研究表明，某些覆盖作物与那些没有前作的相比，能对下季作物提供磷养分。这是因为某些作物种类耗竭土壤磷的能力比经济作物强，也因为它们具有发达的根系。覆盖作物这种对磷的耗竭能力可能源于其根部的分泌液，以及根系对磷的高效吸收。某些覆盖作物是菌根真菌的最佳寄主，这使土壤磷素得到更充分的利用。

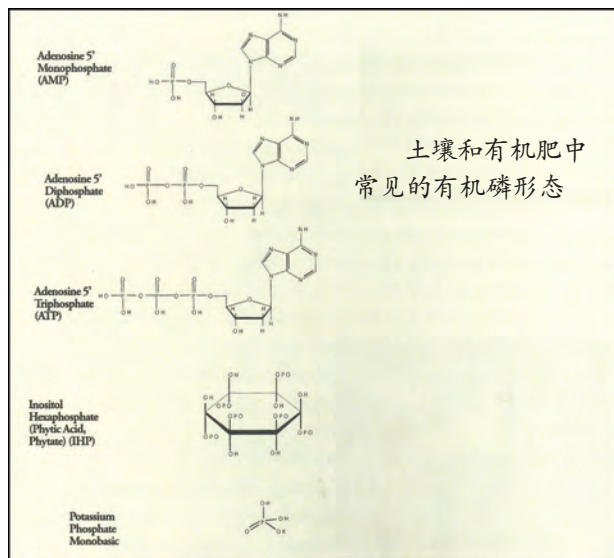


图 2 土壤及粪肥中常见的有机磷化合物形态与无机磷比较



覆盖作物可改善土壤性质，减少侵蚀，增加对下季作物的养分供应。

不同覆盖作物对下季作物的供磷能力差异很大。研究表明，豆科作物通常比草本作物能为后作提供更多的磷，但是不同覆盖作物对磷营养产生的影响差别很大。在许多情形下，种植覆盖作物后仍需要施磷肥来消除缺磷。在一些情况下，在覆盖作物后种植的经济作物对磷吸收实际上减少了，这是因为覆盖作物吸收的磷后效很低以及同步释放的磷也很少。

在某些情况下，覆盖作物可提供一些磷养分。不确定的结果（正与负效应）取决于品种、微生物和环境的交互作用，这些因素错综复杂难以预计。然而，需要记住的是，覆盖作物不会为土壤提供任何额外的磷，而只是让土壤现有的磷能被更加有效利用。随着磷被收获作物从田间带走，最终必须额外补充养分以保持其可持续性。

菌根真菌

菌根真菌寄宿植物的主要好处是促进磷的吸收。正如经常被引用的那样。在这种共生关系中，植物根对真菌提供了能量(碳水化合物)，而真菌促进植物根系吸收养分，并促进根系生长。在大多数土壤根区中，几乎所有作物都与菌根真菌形成了这样的关系。图3 显示的是菌根真菌与植物根系结合的情况。

许多有机种植者鼓励利用覆盖作物和轮作来促进菌根真菌与作物根系的结合。然而，为了控制杂草而采用的频繁耕作会使菌丝网毁坏，并且可能降低其对植物提供养分的效果。

菌根真菌对作物供磷的价值在低磷土壤中表现明显。在绝大多数情况下，生长在中磷或高磷土壤上的作物比生长在低磷土壤上的作物与其菌根真菌结合少。因此，菌根真菌在缺磷土壤中价值最高，与覆盖作物一样，菌根真菌本身不会给土壤提供额外的磷，但是可以使土壤现有的磷被充分利用。目前已有菌根真菌菌剂产品，在特殊情况下就可以使用。

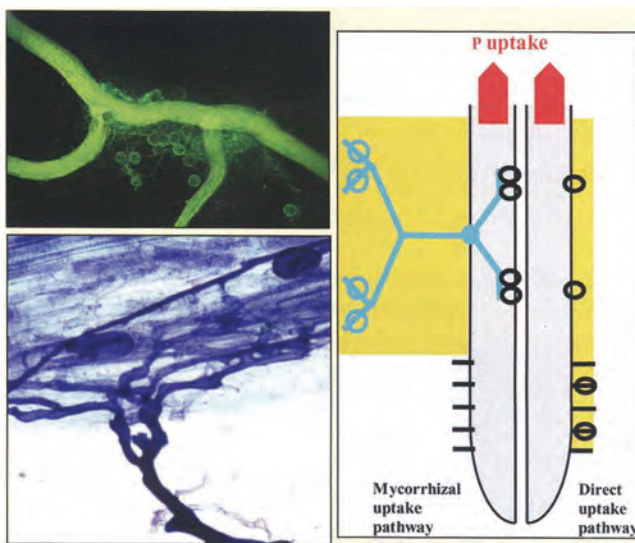


图 3 菌根真菌在对全球 80% 的植物种类供磷方面发挥重要作用。真菌的菌丝深入土壤 1-15 厘米，从土壤中提取非活性养分如磷。

磷矿

磷矿(磷灰石)是用来描述遍布全球的各种富磷矿石的常用术语。在两种主要岩石(沉积或火成岩)类型中，沉积岩磷矿超过了全世界磷矿生产的 80%。磷矿会随其地质起源而在矿物学、质地和化学属性方面差异很大。一些磷矿存在于硬质沉积岩中，而另一些却是软质胶质(土壤状)物。这种属性的巨大差异和岩石中其它伴生元素(如碳酸盐和氟化物)大大影响了其作为植物养分的价值。由于这种属性差异，一些磷矿可成为优质的养分源而一些则根本不能用。不幸的是，大多数消费者并不知道某种磷矿中磷的有效性。

注意这个反应中酸性(H⁺)和降低Ca²⁺浓度的重要性。



磷矿

磷矿施入土壤后，转化为作物有效P的一般溶解反应是：



作一个普遍的磷矿施用推荐较难,这是因为很多因素会影响磷矿的溶解度和植物有效性。然而,以下关键因素需要考虑:

- 土壤 pH 对磷矿的溶解很重要(方程式1)。磷矿在酸性土壤中更易溶解(土壤 $pH < 5.5$)。在中性至碱性土壤中,磷矿几乎不会对作物提供养分,除非在特殊条件下。

- 磷矿颗粒大小是通过控制反应的有效表面积来影响磷矿的溶解度。然而,把活性低的磷矿磨得很细也不会显著增加它的植物有效性,因为其矿物结构限制了溶解性。相反,也没必要把用于直接施用的高活性磷矿磨得很细。许多磷矿一般会被磨成 < 100 网孔(0.15 mm)的粒径,以提高活性,但是,超细磷矿粉难以处理,均匀撒施也很困难。

- 低的土壤钙浓度和高的阳离子交换量都能促进磷矿溶解,这是因为钙是磷矿溶解反应的产物之一。降低土壤钙有效性的条件(土壤酸性、高淋失或存在络合可交换钙的有机化合物)同样可促进磷矿溶解和给植物释放磷。

- 其它可提高磷矿有效性的农艺措施包括撒施,它能最大限度促进磷矿在土壤中的溶解反应;以及促进菌根真菌寄宿作物根系的其他管理措施。磷矿的施用应该在植物需要养分的几周或几个月前。尽管施用石灰在减少因土壤酸性引起的有害影响上很重要,但也会减少磷矿作为养分的价值。

粪肥和堆肥

这些物质是植物常见的最佳磷来源。尽管这些物质被认作是有机产品,但是它们所含有的磷超过 75% 是无机化合物。人们常推荐粪肥和堆肥中的磷对低磷土壤的有效性为 70%,而对于不缺磷土壤或高磷土壤的有效性为 100%。

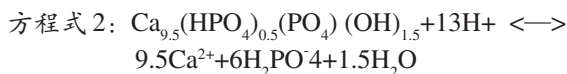
粪肥和堆肥中的养分与植物所需或是收获作物所带走的养分比例并不相同。当粪肥和堆肥作为作物的主要氮肥使用时,磷则比作物吸收量多了 3-5 倍。长期将粪肥和堆肥作为主要氮肥施用会导致磷在土壤中的积累,这会影响到地表水质量而成为一个环境问题。

骨粉

骨粉,即由动物骨头碾磨而成,是农业中最早使用的磷肥之一。大多数商品骨粉被蒸过以去除动物生组织。骨头中主要的磷化合物是缺钙羟磷灰石 [$\text{Ca}_{9.5-x}(\text{HPO}_4)_x(\text{PO}_4)_{6-x}(\text{OH})_{1.5}$ ($0 < x < 1$)],它比磷矿更易溶解,但比不上传统磷肥。骨粉中的缺钙羟磷灰石溶解:



磨细的骨粉



与磷矿相同,骨粉在酸性土壤上最有效且粒径小时效果最好。施用恰当的话,骨粉是一种有效的磷源。最早的商品磷肥之一就是动物骨头与硫酸反应,以增加磷溶解度。

人们已经非常关注牛绵状脑病以及骨粉作为肥料的残效。目前还没有对骨粉使用作出任何限制,绝大多数商业用骨粉产品被热处理过,因此朊病毒传播的潜在危险性很小。

海鸟粪肥

虽然海鸟粪肥作为植物氮肥很常见,但是某些海鸟粪肥含磷相对丰富。海鸟粪开采于干旱少雨环境条件下多年堆积而成的鸟或蝙蝠粪便。与新鲜粪便相比,干燥与老化过程改变了磷的化学性质。鸟粪石(磷酸铵镁)是海鸟粪肥的主要磷矿物,在土壤中溶解很慢。因其供给有限和高成本,以致它的应用规模很小。

总结

满足有机生产中磷的需求有几种选择。鼓励种植者首选当地有的物质来满足这种需要。许多当地能得到的物质养分含量相当少,因此需从外地运输来满足作物需要。所有种植者无论持哪种生产观和管理技术都应当对土壤和植株组织进行常规测试以避免土壤养分耗竭和预防因疏忽所致的养分积累。

Nelson 博士工作于堪萨斯州大学农学系 e-mail: nonelson@ksu.edu, Mikkelsen 博士是 IPNI 加利福尼亚 Merced 北方地区主任 e-mail: rmikkelsen@ipni.net。

本文译自《Better Crops with Plant Food》2008(1), 12-14

上接 16 页:

3.4 施用氯化钾和硫酸钾均能增加马铃薯的经济效益,而氯化钾的经济效益比硫酸钾更好,试验条件下施用 14 公斤/亩 K_2O , 马铃薯经济效益最高。

参考文献:

- [1] 刘效瑞,韩傲仁,梁淑珍,等.不同钾肥品种在半干旱区马铃薯上的应用效果.甘肃农业科技, 2001, 10, 35-36
- [2] 李玉影.两种不同钾肥在马铃薯上应用效果的研究.马铃薯杂志, 1997, 11 (4): 209-302
- [3] 殷文,孙春明,马晓燕,等.钾肥不同用量对马铃薯产量及品质的效应.土壤肥料, 2005, 4: 44-47
- [4] 孔令郁,彭启双,熊艳,等.平衡施肥对马铃薯产量及品质的影响.土壤肥料, 2004, 3: 17-19
- [5] 卢红霞.氯对马铃薯的某些生理效应及对土壤中氮肥行为的影响.浙江大学硕士学位论文
- [6] 张万芝,廖瑛菊,石艳.马铃薯施钾效果试验初报.耕作与栽培, 1999, 4: 58-59

马铃薯施用不同钾肥品种及用量的效应研究

秦鱼生, 涂仕华, 冯文强, 孙锡发

(四川省农业科学院土壤肥料研究所, 四川成都 610066)

陈光辉, 刘 萍

(四川省彭州市农牧局粮油土肥科, 四川彭州 611930)

摘要: 本文通过大田试验, 研究了不同钾肥品种及用量对马铃薯产量构成因素、产量、品质及经济效益的影响。研究表明: 氯化钾和硫酸钾都显著增加了马铃薯的各种产量构成因素和产量, 提高了马铃薯的品质。在试验设计的钾肥用量水平下, 两种钾肥品种对提高马铃薯产量的作用并无显著差异, 而在马铃薯产量构成因素上差异明显, 硫酸钾肥处理的商品薯率显著高于氯化钾肥处理, 而单株块茎数显著低于氯化钾肥处理。高钾水平下, 氯化钾肥处理较硫酸钾肥处理淀粉和维生素 C 含量更高, 还原糖含量更低。三个钾肥水平下, 氯化钾处理的净效益增加值和钾肥经济效益都比硫酸钾处理多, 施用 14 公斤/亩 K_2O 时, 马铃薯经济效益最高。

关键词: 马铃薯; 氯化钾; 硫酸钾; 产量; 品质; 经济效益

马铃薯属喜高钾作物之一, 其体内氮钾比通常在 1:1.4-2:2 间, 为维持马铃薯的正常生长, 充足的钾素供应是最根本的条件^[1]。然而, 长久以来, 马铃薯被广大的农技工作者归属于“忌氯”作物^[2,3], 导致农民在生产中不敢用氯化钾作为马铃薯的钾源, 取而代之的是以更高的成本去购买硫酸钾, 种植效益降低, 利润减少。有研究报道, 马铃薯适量施用含氯化肥, 并不会降低农产品的产量和品质, 相反有时比施用等量含硫肥料增产、提质效果更突出^[4-6]。为了摸清氯化钾在马铃薯生产中施用的可行性、安全性以及合适的用量范围, 我们提出了马铃薯应用不同钾肥品种的生理差异性研究, 以期氯化钾在马铃薯生产中的应用提供科学依据和技术方法。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用的马铃薯品种为四川主栽品种——川薯 56。试验于 2006 年 8 月至 12 月在四川省彭州市白鹿镇白鹿村徐富正马铃薯地进行。试验地年平均气温 14.9℃, 年平均降水 970 mm。供试土壤为坡、洪积物发育而成的灰潮土, 质地为砂壤土, 上茬作物为玉米。试验前取 0-25 cm 耕层土样, 运用常规方法分析土壤养分含量, 其结果列于表 1, 供试土壤有机质含量较多, 氮、磷养分属中上水平, 钾养分不足。试验所用氮肥为尿素, 磷肥为磷酸一铵, 钾肥为氯化钾(加拿大产)和硫酸钾(德国产)。

表 1 供试土壤基础养分含量

pH	有机质 (克/公斤)	全量(克/公斤)			速效量(毫克/公斤)		
		N	P	K	N	P	K
7.7	35.4	1.6	1.1	18.4	113.4	28.3	86.3

1.2 试验设计

本试验采用随机区组设计, 共设 7 个处理: ① NP; ② NPK_{1.0} (KCl); ③ NPK_{1.4} (KCl); ④ NPK_{1.8} (KCl); ⑤ NPK_{1.0} (K₂SO₄); ⑥ NPK_{1.4} (K₂SO₄); ⑦ NPK_{1.8} (K₂SO₄), 字母下标为每亩 K₂O 的用量。3 次重复, 小区面积为 10 平方米 (4 × 2.5)。试验 N、P₂O₅ 的用量分别为 10 公斤/亩和 6 公斤/亩, 试验过程中不施用任何有机肥料。肥料的施用采用磷肥作底肥一次施用; 70% 氮肥和 50% 钾肥作底肥施用; 30% 氮肥在团棵期作追肥施用, 50% 钾肥在现蕾初期 (6-7 叶) 作追肥施用。行距 0.5 米, 窝距 0.25 米, 亩播 5333 窝。

1.3 试验方法

马铃薯在收获时对各小区分别称重、计产, 同时考察马铃薯的经济性状包括单株块茎数、平均块茎重、商品薯率。采取各处理的块茎、植株样品, 烘干、制样, 分别测定块茎的维生素 c、淀粉、还原性糖和硝酸盐以及全 N、全 P、全 K 含量。维生素 c 含量的测定用 2, 4 二硝苯肼比色法, 淀粉含量的测定用淀粉糖化酶—酸水解法。数据在 SPSS 软件中进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同钾肥品种与用量对马铃薯经济性状的影响

表 2 不同钾肥品种与用量对马铃薯经济性状的影响

处理	单株块茎数 (个/株)	相对变化(%)	平均块茎重 (克/个)	相对变化(%)	商品薯率(%)	相对变化(%)	
K ₀	5.7	100.0	47.5	100.0	5.0	100.0	
K _{1.0}	KCl	5.7	99.4	47.4	99.9	4.8	96.0
	K ₂ SO ₄	6.0	105.3	53.1	111.7	5.6	111.1
	平均	5.8	102.3	50.3	105.8	5.2	104.0
K _{1.4}	KCl	7.0	122.8	54.3	114.4	6.2	123.8
	K ₂ SO ₄	6.3	111.1	55.4	116.7	6.8	136.8
	平均	6.7	117.0	54.9	115.5	6.5	130.3
K _{1.8}	KCl	7.3	128.7	59.3	124.8	6.8	136.4
	K ₂ SO ₄	6.7	117.0	58.6	123.4	8.8	176.5
	平均	7.0	122.8	59.0	124.1	7.8	156.4

不同的钾肥水平对增加马铃薯单株块茎数、提高平均块茎重及商品薯率的效果差异较大 (表 2)。与不施钾肥相比, K_{1.0} 水平时单株块茎数和商品薯率基本没有增加, 平均块茎重增加约 5%; K_{1.4} 水平时单株块茎数和平均块茎重都提高 15% 以上, 商品薯率提高了 30%; 当钾肥用量达到 K_{1.8} 水平时, 单株块茎数、块茎重和商品薯率都达到试验条件下的极大值, 分别提高了 22.8%、24.1% 和 56.4%。氯化钾与硫酸钾在不同钾肥用量水平时对改善马铃薯经济性状的作用差异较大。在 K_{1.0} 水平时, 硫酸钾处理单株块茎数、平均块茎重和商品薯率都比氯化钾处理高。在 K_{1.4} 水平时, 氯化钾处理单株块茎数比硫酸钾处理多约 10%, 平均块茎重相当, 而商品薯率则比硫酸钾处理低 8.8%。K_{1.8} 水平时, 硫酸钾处理的商品薯率增加更多, 比氯化钾处理高 29.4%; 单株块茎数和平均块茎重仍以氯化钾较硫酸钾处理高。

2.2 不同钾肥品种与用量对马铃薯产量的影响

表 3 不同钾肥品种与用量的产量效应分析

处理	产量(公斤/亩)	相对产量(%)	增产量(公斤/亩)	公斤 K_2O 增产量(公斤)
K_0	704 d	100.0	-	-
$K_{1.0}$	KCl	774 c	109.9	70
	K_2SO_4	756 d	107.3	51
$K_{1.4}$	KCl	856 a	121.5	151
	K_2SO_4	849 a	120.5	144
$K_{1.8}$	KCl	854 a	121.3	150
	K_2SO_4	853 a	121.1	149

试验结果表明,两种钾肥的施用都能显著提高马铃薯的产量(表 3),与 K_0 处理相比,当 K_2O 用量达到 1.0 公斤/亩时,氯化钾和硫酸钾处理的增产幅度都超过 7%,每公斤 K_2O 的增产量大于 5 公斤。随着钾肥用量水平的提高,马铃薯的产量随之增加,当 K_2O 用量达到 1.4 公斤/亩时,钾肥的增产幅度都超过 20%,每公斤 K_2O 的增产量达到 10 公斤。钾肥用量继续提高,当 K_2O 用量达到 1.8 公斤/亩时,马铃薯产量与 1.4 公斤/亩时相比并没有明显的增加,相反,每公斤 K_2O 的增产量都下降了约 2 公斤。 K_2O 用量为 1.0 公斤/亩时,氯化钾处理产量显著高于硫酸钾处理,但其它 2 个钾肥施用水平下氯化钾与硫酸钾肥处理马铃薯产量都没有表现出明显的差异,而氯化钾处理的产量略比硫酸钾高。

2.3 不同钾肥品种与用量对马铃薯品质的影响

表 4 不同钾肥品种与用量对马铃薯块茎营养品质的影响

处理	淀粉(克/公斤)	相对变化(%)	还原糖(克/公斤)	相对变化(%)	维生素 c(毫克/公斤)	相对变化(%)	硝酸盐(毫克/公斤)	相对变化(%)
K_0	114.0	100.0	6.3	100.0	164.0	100.0	53.1	100.0
$K_{1.0}$	KCl	124.0	109.3	5.9	93.7	187.0	114.0	66.3
	K_2SO_4	159.0	139.4	3.2	50.8	231.0	140.9	49.6
$K_{1.4}$	KCl	129.2	113.2	4.3	68.3	211.0	128.7	78.6
	K_2SO_4	127.2	111.5	4.6	73.0	197.0	120.1	87.8
$K_{1.8}$	KCl	135.9	119.1	3.0	47.6	251.0	153.1	68.1
	K_2SO_4	110.0	96.4	9.6	152.4	182.0	111.0	61.3

钾是作物最重要的品质元素之一。本试验马铃薯的营养品质分析结果显示,施钾处理的淀粉和维生素 c 含量增加明显,还原糖含量有所降低,硝酸盐含量略有增加(表 4)。三个硫酸钾水平下,以 $K_{1.0}$ 水平时马铃薯的品质最好,与 K_0 处理相比,淀粉含量增加 39.4%,还原糖降低 49.2%,维生素 c 增加 40.8%,硝酸盐含量降低 6.6%;随着钾肥施用水平的提高,马铃薯的品质下降,当施钾量达到 1.8 公斤/亩时,与 K_0 处理相比,马铃薯的淀粉含量反而降低了 5.6%,还原糖增加了 52.4%,维生素

c 仅增加了 1.1%，硝酸盐含量增加了 15.4%，所有营养品质指标都较低钾水平时差。三个氯化钾水平下，马铃薯淀粉含量、维生素 c 含量都随钾肥施用水平的增加而增加， K_{10} 处理的含量分别较 K_0 处理增加 19.1% 和 53.1%，较 K_{10} 处理增加 9.6% 和 34.2%；马铃薯还原糖含量随钾肥施用水平的增加而降低， K_{10} 处理较 K_0 处理降低 52.4%。三个施钾肥水平下，当 K_2O 用量达到 10 公斤/亩时，硫酸钾处理的马铃薯品质比氯化钾处理好；当 K_2O 用量达到 14 公斤/亩时，硫酸钾处理的马铃薯品质与氯化钾处理相当；但继续增加钾肥施用水平，达到 18 公斤/亩时，氯化钾处理的马铃薯品质比硫酸钾处理好，这说明在当地条件下氯化钾的施用并不会降低马铃薯的营养品质，相反，当钾肥施用水平较高时，氯化钾比硫酸钾更能改善马铃薯的品质。

2.4 不同钾肥品种与用量的经济效益分析

表 5 马铃薯施用不同钾肥品种与用量的经济效益分析

处理	产量 (公斤/亩)	产值 (元/亩)	钾肥投入成本 (元/亩)	施用钾肥净效益 增加值 (元/亩)	产/投比 (VCR)
K_0	704	564	-	-	-
K_{10}	KCl	774	620	36	2.0
	K_2SO_4	756	604	42	0.97
K_{14}	KCl	856	684	50	7.1
	K_2SO_4	849	679	59	1.96
K_{18}	KCl	854	684	64	5.6
	K_2SO_4	853	683	76	1.58

注：马铃薯的价格为 0.8 元/公斤，氯化钾的价格为 2.14 元/公斤，硫酸钾的价格为 2.10 元/公斤。

马铃薯施用不同钾肥品种及用量的经济效益分析结果表明，试验条件下施用钾肥的净效益介于 -1.71 元/亩间，而钾肥的 VCR 则介于 0.97-2.42 间（表 5）。三个钾肥水平下，两种钾肥都以施 K_2O 14 公斤/亩时的施钾净效益增加值最高，施用钾肥经济效益最大；钾肥用量的增加或减少都降低了净效益的增加值和 VCR。在施 K_2O 14 公斤/亩水平时，氯化钾处理的净效益增加值达到最高，为 7.1 元/亩，较硫酸钾处理多 1.4 元/亩；钾肥的 VCR 达到最大，为 2.42，较硫酸钾处理高 0.46。两种钾肥相比，在三个钾肥水平下氯化钾处理的净效益增加值和钾肥的 VCR 都比硫酸钾处理高，这说明氯化钾在马铃薯生产中的施用经济效益较硫酸钾更佳，试验条件下施用 14 公斤/亩 K_2O 经济效益最高。

3 小结

3.1 氯化钾与硫酸钾在不同用量水平时对改善马铃薯经济性状的作用具有一定差异。在低钾水平下，硫酸钾处理单株块茎数、平均块茎重和商品薯率都比氯化钾处理高。在高钾水平下，氯化钾处理单株块茎数和平均块茎重较硫酸钾处理高，而硫酸钾处理的商品薯率比氯化钾处理高。

3.2 在 3 个钾肥用量水平下，两种钾肥品种的马铃薯产量都没有表现出明显的差异。

3.3 在低钾水平下，硫酸钾肥处理的马铃薯品质比氯化钾处理好；相反，高钾水平下，氯化钾处理的淀粉和维生素 c 含量比硫酸钾处理高，而还原糖含量更低，品质更高。（下接 12 页）



春玉米平衡施肥效果研究

谢佳贵 张宽 王秀芳 王立春 尹彩侠 侯云鹏
(吉林省农业科学院, 吉林长春 130033)

摘要: 田间试验表明: 春玉米平衡施肥不仅可以提高产量, 还可以促进其对养分的吸收, 在最佳 O_{PT} 施肥处理水平下, 每形成100公斤玉米籽粒吸收1.56公斤的 N , 0.25公斤的 P_2O_5 , 0.73公斤的 K_2O , 玉米吸收 NPK 的比例约为1:0.16:0.47, 吸收 NPK 高峰期出现在拔节期至大喇叭口期。在供试土壤上, N 是限制高产的主要养分限制因子, 中、微量元素目前还没有成为土壤的养分限制因子。

关键词: 春玉米; 平衡施肥; 产量; 养分吸收; 限制因子

玉米是集粮食、饲料和加工原料等多用途的重要作物, 吉林省玉米种植面积在4300万亩左右, 总产量达1800万吨, 播种面积和产量在全省的粮食生产中均占第一位。随着吉林省畜牧业和加工业的快速发展, 玉米的用量越来越大。如何进一步提高玉米产量, 改善品质, 对增加农民收入具有重要的现实意义。随着高产、耐密、喜肥品种的大面积种植, 土壤中被作物带走的某些养分未能及时补充, 限制作物高产的土壤养分限制因子序位发生了变化。因此研究玉米土壤养分限制因子及推荐平衡施肥对提高玉米产量至关重要。本文主要探讨土壤主要养分限制因子变化情况及平衡施肥对玉米养分吸收、产量和经济效益的影响, 旨在为指导农民合理施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在公主岭市刘房子镇中等肥力黑土上进行, 供试土壤速效 N 为156.1毫克/公斤, 速效 P_2O_5 27.0毫克/公斤、速效 K_2O 128.8毫克/公斤、有机质2.2%, pH 为5.2。

玉米品种为郑单958, 种植密度为6.5万株/公顷, 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 P 、 K 与 $1/4N$ 作底肥, $3/4N$ 作追肥。

1.2 试验处理与田间设计

试验设6个处理, 最佳处理为 O_{PT} , 由IPNI北京办事处对试验田的土壤测试后进行推荐。在 O_{PT} 基础上设减素处理: 即 O_{PT-N} 、 O_{PT-P} 、 O_{PT-K} 、 O_{PT-ZW} (ZW 指中、微量元素), 同时设一无肥处理 C_K , 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, 随机排列, 试验区周边设有保护行。(表1见下页)

1.3 测定项目与方法

在春季播种前采集耕层土样用常规法进行土壤养分分析; 在秋季测产时采集玉米植株和籽粒样品进行全氮磷钾含量分析。玉米植株和籽粒全 N 用凯氏法进行测定、全磷用钼锑抗比色法进行测定、全钾用火焰光度法进行测定。

表1 试验处理

试验处理	处理内容(公斤/亩)						
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Zn	B	Cu
1、OPT(N ₁ P ₁ K ₁ +ZW)	14	10	6.67	2.67	0.53	0.067	0.067
2、OPT-N ₁	00	10	6.67	2.67	0.53	0.067	0.067
3、OPT-P ₁	14	00	6.67	2.67	0.53	0.067	0.067
4、OPT-K ₁	14	10	00	2.67	0.53	0.067	0.067
5、OPT-ZW	14	10	6.67	00	00	00	00
6、CK	00	00	00	00	00	00	00

注：zw 代表中微量元素 ck 指不施肥 下同

2 试验结果和分析

2.1 平衡施肥对玉米产量的影响

表2 平衡施肥对玉米产量的影响

试验处理与代号	产量(公斤/亩)				减产	
	I	II	III	平均	公斤/亩	%
1、OPT(N ₁ P ₁ K ₁ +ZW)	751.3	727.9	795.0	758.1 a A	-	-
2、OPT-N ₁	502.7	528.5	531.9	521.1 b B	237.0	31.3
3、OPT-P ₁	687.3	762.0	737.6	728.9 a A	29.1	3.8
4、OPT-K ₁	753.9	675.9	814.5	748.1 a A	10.0	1.3
5、OPT-ZW	751.9	779.1	740.0	757.0 a A	1.1	0.1
6、CK	502.9	510.2	475.5	502.9 b B	255.2	33.7

从表2可见，各施肥处理以推荐施用的OPT产量为最高，平均产量达758.1公斤/亩，与减氮处理和无肥处理比较差异达到极显著水准。与OPT处理相比，无肥处理减产33.7%，减氮处理减产31.3%，减磷处理减产3.8%，减钾处理减产1.3%。减中、微量元素处理减产0.1%。由此可见，N是限制玉米高产的最主要限制因子。中、微量元素对玉米增产作用不大，说明供试土壤中、微量元素目前并不缺乏。

2.2 平衡施肥对玉米经济效益的影响

从经济效益分析来看(表3见下页)，OPT-N处理较OPT处理减少217.2元/亩。可见N是玉米的主要限制因子。受肥料价格因素影响，OPT处理虽然产量最高，但经济效益不是最大。

表 3 平衡施肥对玉米经济效益的影响

处理	产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	施肥收益 (元/亩)
1、OPT(N ₁ P ₁ K ₁ +ZW)	909.7	242.7	666.9
2、OPT-N ₁	625.3	175.5	449.7
3、OPT-P ₁	874.7	144.9	729.8
4、OPT-K ₁	897.7	203.9	693.8
5、OPT-ZW	908.4	203.9	704.4
6、CK	603.5	0.0	603.5

注：N 4.8 元/公斤，P₂O₅ 9.78 元/公斤，K₂O 5.83 元/公斤，S 5 元/公斤，Zn 35 元/公斤，B 35 元/公斤，Cu 68 元/公斤，玉米 1.2 元/公斤。

2.3 平衡施肥对玉米养分吸收量及化肥利用率的影响

表 4 平衡施肥对玉米养分吸收量及化肥利用率的影响

处理	产量 (公斤/亩)	烘干重 (公斤/亩)		植株+籽粒养分量 (公斤/亩)			百公斤籽粒需 养分量(公斤)			利用率		
		植株	籽粒	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1、OPT(N ₁ P ₁ K ₁ +ZW)	758	438	622	11.8	1.9	5.5	1.56	0.25	0.73	38.3	1.01	2.1
2、OPT-N	521	296	427	6.5	1.4	4.3	1.24	0.26	0.82			
3、OPT-P	729	377	598	11.7	1.8	5.4	1.61	0.25	0.75			
4、OPT-K	748	400	613	11.7	1.8	4.1	1.56	0.25	0.55			
5、OPT-ZW	757	438	621	11.8	1.9	5.5	1.56	0.25	0.73			
6、CK	503	285	407	5.3	1.5	3.0	1.05	0.29	0.60			

从表 4 可以看出，推荐的 OPT 处理玉米籽粒和秸秆中氮磷钾吸收量都较高，不施肥玉米籽粒和秸秆中氮磷钾吸收量最低，说明施肥能促进玉米对养分的吸收和利用。表 4 还表明，在 OPT 施肥处理水平下，每形成 100 公斤玉米籽粒吸收 1.56 公斤的 N，0.25 公斤的 P₂O₅，0.73 公斤的 K₂O，玉米吸收 NPK 的比例约为 1:0.16:0.47。供试土壤上 N 的利用率达 38.3%；P₂O₅ 的当季利用率仅为 1.01%，可能是土壤对 P 的吸附较强，后效作用显著的缘故；K₂O 的利用率为 2.1%。

2.4 平衡施肥对玉米养分吸收特性的影响

从图 1 可见，平衡施肥处理玉米吸收 NPK 高峰期出现在拔节期至大喇叭口期，21 天中养分吸收量达 13.1 公斤/亩（日吸收量为 0.62 kg/亩），占一生养分吸收总量的 55.7%。出苗百日期至成熟期呈下降趋势。无肥处理玉米从苗期到成熟期 NPK 吸收一直呈上升趋势。

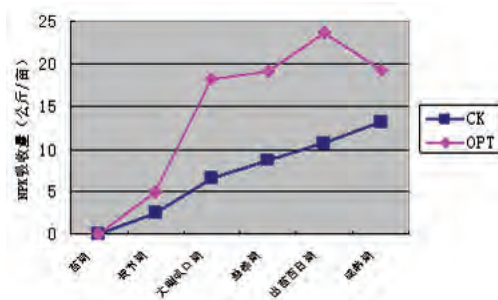


图 1 平衡施肥对玉米养分吸收特性的影响

3 小结

平衡施肥处理获得最高玉米产量，但受肥料价格因素影响，经济效益不是最高。

平衡施肥能促进玉米对养分的吸收和利用，每形成 100 公斤玉米籽粒吸收 1.56 公斤的 N，0.25 公斤的 P_2O_5 ，0.73 公斤的 K_2O ，玉米吸收 NPK 的比例约为 1 : 0.16 : 0.47。

供试土壤上 N 的利用率达 38.3%，P 的当季利用率仅为 1.01%，K 的利用率为 21%。

在本试验条件下，氮是限制玉米产量的主要限制因子。

平衡施肥处理玉米吸收 NPK 高峰期出现在拔节期至大喇叭口期，无肥处理玉米从苗期到成熟期 NPK 吸收一直呈上升趋势。

参考文献：

- [1] 孙宏德等，黑土硝态 N 的淋失及提高氮肥利用率的研究，吉林农业科学，1995 (4):61-66
- [2] 王立春等，充分发挥磷肥后效作用是实现玉米节本增效的重要举措，玉米科学，2004(12). 专刊: 91-94
- [3] 褚清河等 土壤养分类型与玉米氮磷钾最适施肥比例，土壤通报，2004 (12):750-752
- [4] 王秀芳等，科学管理与调控钾肥，实现玉米高产稳产，玉米科学，2004(3):92-95



春玉米氮肥施用效果



春玉米平衡施肥效果

钾素对大葱产量和品质的影响

李录久¹, 张东新², 郭熙盛¹, 丁楠², 吴萍萍¹, 高杰军², 孙义祥¹

(1 安徽省农科院土肥所 合肥 230031,

2 临泉县农技推广中心 临泉 236400)

摘要: 通过田间试验研究钾素对大葱产量和品质的影响。结果表明: 增施钾肥对大葱生长有明显的促进作用, 产量较不施钾的对照增加 11.2 ~ 15.3%, 平均增产 13.5%。同一钾肥用量下, 增加氮肥用量, 大葱产量也有所提高。增施钾肥能有效提高大葱维生素 C、可溶性糖分等营养物质的含量, 显著降低硝酸盐等有害物质的含量, 改善大葱的外观和内在品质, 每亩增收 625 ~ 917 元, 施用钾肥的产投比高达 1.44 ~ 3.01:1。

大葱为百合科草本植物, 以鲜嫩的叶身和假茎为产品, 营养丰富, 辛辣芳香, 有增进食欲、开胃消食和解腥等功效, 为人们日常生活中常用的调味佳品, 也是北方人民所喜爱的“四辣”蔬菜之一。大葱还有较强的杀菌作用, 能预防和治疗多种疾病, 在医药卫生领域有广泛用途。大葱在我国栽培历史悠久, 范围广泛, 尤以淮河流域、秦岭以北的中原和北方地区最为普遍。

大葱产量高, 吸收的养分较多。有关研究表明, 大葱对氮钾需求量大, 对钾素营养较为敏感。淮北平原大葱产区土壤类型为砂姜黑土, 肥力较低, 缺素状况较为严重。调查发现, 农民习惯上偏施大量氮肥或氮磷肥, 不施或很少施用钾肥, 氮磷钾比例失调, 导致大葱产量剧减, 品质变差, 种植大葱的经济效益低下。因此开展大葱高效钾肥施用技术研究, 对指导农民合理施肥, 促进大葱生产有积极作用。2001 年起, 在加拿大钾磷研究所 P P I / P P I C (现国际植物营养研究所 I P N I) 的资助下, 连续 5 年开展了大葱平衡施肥技术研究, 取得了显著的增产增收效果。现将结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验在安徽省临泉县白庙、黄岭等乡镇进行。供试土壤为普通砂姜黑土, 肥力中等, 播前 0 ~ 20 cm 耕层土壤样品经北京中一加合作土壤植株测试实验室采用 A S I 综合法分析, 养分状况为: pH 6.2, 有机质含量 1.5%, 铵态氮(NH₄⁺-N)含量 9.5 mg/L, 有效磷(P)、钾(K)、硫(S)含量分别为 16.7、58.6 和 43.1 mg/L, 有效铁(Fe)、锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)含量分别为 18.1、98.9、2.8 和 1.1 mg/L, 土壤养分限制因子主要是 N 和 K 两种营养元素。

1.2 试验设计

试验在施用 6 公斤 P₂O₅/亩磷肥基础上进行, 设两个氮肥(N)水平: 15 和 20 公斤/亩, 3 个钾肥(K₂O)用量: 0、10 和 20 公斤/亩, 共 6 个处理: ① N₁₅K₀, ② N₁₅K₁₀, ③ N₁₅K₂₀, ④ N₂₀K₀, ⑤ N₂₀K₁₀, ⑥ N₂₀K₂₀。氮肥--尿素, 磷肥--磷酸二铵, 钾肥--氯化钾。施肥方法为: 10% 的氮肥、20% 的磷钾肥作基肥施用, 剩下的 90% 氮肥和 80% 的磷、钾作追肥分 2 次追施。小区面积 20 ~ 27.0 m², 四次重复, 完全随机区组排列。供试大葱为当地主栽品种黄岭大葱, 种植密度为 2 万株/亩。每年 6 月初育苗, 8 月上旬移栽, 第二年 1 月下旬收获。其它栽培管理措施同当地一般大田大葱。

2 结果与分析

2.1 钾对大葱生长和产量的影响

表1的调查结果说明,在施用氮磷肥的基础上增施钾肥,对大葱生长发育有明显的促进作用。增施钾肥的大葱,植株高度、分蘖数、葱白长、葱白粗和单株鲜葱重都有较大程度的增加,施 K_2O 量在20公斤/亩以下时,株高、分蘖数、葱白长、葱白粗和单株鲜葱重随着钾肥用量的加大都有逐渐增加的趋势。田间观察,施钾的大葱,植株叶色浓绿,生长旺盛健壮,抵抗病虫害能力明显提高,整个生育期用药次数和用药量都明显减少。

表1 钾对大葱产量及其构成因素的影响

处理	株高 (厘米)	分蘖数 (个)	葱白长 (厘米)	葱白粗 (厘米)	单株重 (克/株)	产量 (公斤/亩)	增产 (公斤/亩)	增产率 (%)
$N_{1.5}K_0$	83.9	1.8	29.2	4.38	186.0	4633	--	--
$N_{1.5}K_{10}$	87.6	1.9	29.7	4.53	222.5	5154	521	11.2*
$N_{1.5}K_{20}$	89.6	2.0	30.9	4.83	230.2	5268	635	13.7**
$N_{2.0}K_0$	90.0	2.1	29.9	4.72	218.0	5006	--	--
$N_{2.0}K_{10}$	86.8	2.2	30.7	4.74	235.0	5683	678	13.5**
$N_{2.0}K_{20}$	90.3	2.2	30.7	4.75	257.2	5769	764	15.3**

·表示差异显著,··表示差异极显著,LSD法。

表1结果还说明,施用不同数量的钾肥和氮肥对大葱产量有较大影响,两种氮肥水平下,大葱产量均随钾肥用量的加大而提高。与不施钾肥的对照相比,施用10和20公斤/亩 K_2O ,大葱产量分别增加521~635公斤/亩和678~764公斤/亩,增产率为11.2~13.7%和13.5~15.3%,平均增产12.5%和14.4%,达显著或极显著水平。适当加大氮肥施用量,同一钾肥用量下,大葱植株的高度、分蘖数、葱白长、葱白粗和单株鲜葱重均明显增加,产量也有所提高,3个钾肥水平下 $N_{2.0}K_0$ 、 $N_{2.0}K_{10}$ 和 $N_{2.0}K_{20}$ 较 $N_{1.5}K_0$ 、 $N_{1.5}K_{10}$ 和 $N_{1.5}K_{20}$ 相应增产8.1%、10.3%和9.5%,施钾的增产幅度大于不施钾的对照,表明氮钾配施更有利于大葱的生长发育,提高产量(表1)。

2.2 施用钾肥对大葱品质的改善作用

从表2可看出,在施用氮磷肥的基础上增施钾肥,能有效提高大葱维生素c、可溶性糖分等营养物质的含量,显著降低硝酸盐等有害物质的含量,改善大葱的内在和外观品质。两种氮肥水平下,低氮低钾和高氮高钾配施 $N_{1.5}K_{10}$ 和 $N_{2.0}K_{20}$ 处理达到维生素c含量最大值,较不施钾肥的对照分别提高14.5%和43.8%。可溶性糖分含量在两种氮肥水平下均随钾肥用量的增加而提高,较对照 $N_{1.5}K_0$ 和 $N_{2.0}K_0$ 相对增加8.8~10.6%和6.7~15.3%,高钾处理达到高峰。增施钾肥还能有效降低大葱硝酸盐含量,两种氮肥用量下,硝酸盐含量均随钾肥用量的增加而下降,较不施K的对照分别降低9.2~11.1%和8.6~21.6%。增施氮肥也会明显提高大葱的硝酸盐含量,三种钾肥用量 K_0 、 K_{10} 、 K_{20} 下分别提高32.2%、33.1%和16.6%。说明合理的氮钾配施、氮钾比例协调时,才能有效提高大葱维生素c和糖分等营养物质的含量,显著降低硝酸盐等有害物质的含量。

表 2 钾对大葱品质的影响

处理	维生素 c		可溶性糖		硝酸盐	
	含量 (毫克/公斤)	增减率 (%)	含量 (毫克/公斤)	增减率 (%)	含量 (毫克/公斤)	增减率 (%)
N _{1.5} K ₀	248.0	--	53.7	--	227.6	--
N _{1.5} K _{1.0}	284.0	14.5	58.4	8.8	206.6	-9.2
N _{1.5} K _{2.0}	254.0	2.4	59.4	10.6	202.4	-11.1
N _{2.0} K ₀	178.0	--	51.1	--	301.0	--
N _{2.0} K _{1.0}	220.0	23.6	54.5	6.7	275.0	-8.6
N _{2.0} K _{2.0}	256.0	43.8	58.9	15.3	235.9	-21.6

2.3 施用钾肥的经济效益

表 3 的结果说明，在施用氮磷肥的基础上配合施用钾肥，可大幅度增加大葱的产值，农民种植大葱的经济收入显著提高，经济效益相对较好。两种氮肥水平下，与不施钾肥的对照相比，施钾增收 625~761 元/亩和 813~917 元/亩，施用钾肥的产投比高达 14.4~30.1:1。在施用 10 公斤 K₂O/亩的基础上进一步加大钾肥施用量，大葱产量增加缓慢，产投比降低，但高氮高钾配施处理 N_{2.0}K_{2.0} 的产投比仍达到 17.3。说明合理施用钾肥是提高钾素施用效益的有效和重要途径。

表 3 大葱施用钾肥的经济效益分析

处理	产值 (元/亩)	增收 (元/亩)	肥料投入 (元/亩)	施钾投入 (元/亩)	施钾肥 产投比
N _{1.5} K ₀	5560	--	78	--	--
N _{1.5} K _{1.0}	6185	625	105	27	23.2
N _{1.5} K _{2.0}	6321	761	131	53	14.4
N _{2.0} K ₀	6007	--	96	--	--
N _{2.0} K _{1.0}	6820	813	123	27	30.1
N _{2.0} K _{2.0}	6923	917	149	53	17.3

· 大葱按当时当地收购价 1.20 元/公斤，N=3.60，P₂O₅=4.00，K₂O=2.67 元/公斤计算。

3 小结

3.1 钾对大葱生长有明显的促进作用，K₂O 施用量在 20 公斤/亩以下，株高、分蘖数、葱白长、葱白粗和单株鲜葱重随钾肥用量的加大而逐渐增加。两种氮肥水平下，大葱产量较不施钾的对照分别增长 11.2~13.7% 和 13.5~15.3%，平均增产 12.5% 和 14.4%，达显著或极显著水平。同一钾肥用量条件下，增加氮肥施用量，大葱产量也有所提高。

3.2 在施用氮磷肥的基础上增施钾肥，能有效提高大葱维生素 c、可溶性糖分等营养物质的含量，显著降低硝酸盐等有害物质的含量，改善大葱的外观和内在品质。

3.3 施用钾肥可大幅度增加大葱产值，种植大葱的经济效益提高。每亩增收 625~917 元，施用钾肥的产投比高达 14.4~30.1:1。



青海省甘蓝型春油菜需肥特性研究初报

张亚丽 陈占全 李月梅 高玉亭 高旭升

(青海省农林科学院土壤肥料研究所, 青海 西宁 810016)

摘要: 在青海省西宁市北郊大田条件下进行甘蓝型春油菜“青油303”需肥特性研究, 结果表明: 在油菜生育期中干物质累积量随植株生长发育呈快速增长趋势。现蕾期之前油菜根系的干物质积累较多, 盛花期以后干物质大部分累积于角果、籽粒以及茎秆中; 春油菜对养分吸收量大小, 生长初期为 $K > N > P$, 生长中期为 $N > K > P$, 生长后期为 $K > N > P$, 全生育期对 N 的吸收呈“抛物线”型变化, 对 P 、 K 养分吸收随着油菜生长发育进程的推进大体呈不断增长趋势。

关键词: 青海省; 春油菜; 需肥特性

青海省是我国春油菜主要产区之一, 2006年春油菜种植面积已达到280.5万亩, 产量达31.6万吨。近年来高产、优质和双低甘蓝型春油菜杂交种的育成以及大面积推广种植, 为我省农业生产带来巨大的经济效益, 油菜成为全省第一大作物和种植业的支柱产业, 在我省农业生产中占有主导地位。目前国内针对高海拔青藏地区春油菜需肥特性方面的研究报告较少, 且国内其他地区油菜施肥研究多以盆栽或微区试验方式为主^[1、2、3], 不能从实际角度反映油菜需肥规律, 因此该项研究针对青海省东部农业区大田生产条件下甘蓝型春油菜不同生育阶段植株养分吸收表现, 探索春油菜对三大营养元素的需求规律, 为我省春油菜科学施肥提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地点

试验设在青海省农科院试验园, 位于青海省西宁市北郊廿里铺镇莫家庄村。E 101° 49' 17", N 36° 34' 03", 海拔高度2300m。气候类型属典型半干旱大陆性气候, 年降雨量368.2毫米, 年均气温5.7℃, 日照时数为2762h, >10℃积温为2037.3℃, >0℃积温为2749.5℃, 无霜期为130天。土壤类型为淡栗钙土, 质地为中壤, 肥力中等。试验地前茬为小麦, 试验开始前供试土壤的养分含量状况见表1:

表1 试验地土壤基础养分状况

全N (克/公斤)	全P (克/公斤)	全K (克/公斤)	有机质 (克/公斤)	pH	碱解N (毫克/公斤)	速效P (毫克/公斤)	速效K (毫克/公斤)
1.1	2.2	23.6	13.4	8.1	47	28	100

注: 该结果由青海省农科院土壤分析测试中心提供。

1.2 试验材料

1) 供试肥料: 尿素 (N 含量46%); 过磷酸钙 (P_2O_5 含量12%); 氯化钾 (加拿大产, K_2O 含量

60%)；

2) 供试春油菜品种为甘蓝型青油 303，由青海省农科院油菜育种研究所提供。

1.3 试验方法

试验设施肥 (OPT) 和不施肥对照 (CK) 两个处理，四次重复，小区面积 12 平方米，试验小区随机排列，OPT 处理施肥量为 N 10 公斤/亩、P₂O₅ 8 公斤/亩、K₂O 7 公斤/亩。2007 年 3 月 28 日随翻地按小区用量施入肥料，种植及管理方法同于其他大田。2007 年 8 月 17 日收获，收获时每小区去掉边行单独收获，进行籽粒产量统计。在油菜不同生育期：苗期、现蕾期、抽苔期、开花期、成熟期，对 OPT 和 CK 两个处理进行全株采样，每次 5-6 株，各生育期按不同器官 (根、茎、叶、花、角壳、籽粒) 烘干至恒重后称重，作为干物质累积量；同时，测定全 N、全 P、全 K 含量。植株全 N 含量用 H₂SO₄-混合加速剂-蒸馏法测定，全 P 含量用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮植物样品，钼锑抗比色法 (钼蓝法) 测定，全 K 含量用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮植物样品，火焰光度法测定^[4]。

2 结果与分析

2.1 春油菜不同生育期干物质积累特征

表 2 OPT 处理春油菜不同生育期不同部位的干物重 (克/株)

部位	苗期	抽苔期	现蕾期	盛花期	角果期	成熟期
根	0.7 (63.6)	3.8 (30.2)	5.0 (12.3)	7.5 (17.4)	5.2 (7.1)	6.6 (7.4)
茎			12.5 (30.8)	22.5 (52.2)	25.0 (33.9)	35.4 (39.9)
叶	0.4 (36.4)	8.8 (69.8)	22.5 (55.4)	12.5 (29.0)	1.1 (1.5)	
蕾			0.6 (1.5)			
花				0.6 (1.4)		
角果					42.5 (57.6)	
角壳						26.4 (29.7)
籽粒						20.4 (23.0)
总干重	1.1 (100)	12.6 (100)	40.6 (100)	43.1 (100)	73.8 (100)	88.8 (100)

注：括号内的数字为同一生育期油菜某部位占该期全株总累积量的百分比 (%)。

从表 2 知，春油菜苗期根的干物重为 0.7 克/株，占该期全株干物质总量的 63.6%，其次是叶；抽苔期叶的干物重为 8.8 克/株，占该期全株干物质总重的 69.8%，其次为根；现蕾期叶的干物质累积最多，为 22.5 克/株，占 55.4%，为该期总干物质的一半多，其次是茎，占该期总干重 30.8%，根和蕾分别占 12.3% 和 1.5%；盛花期茎干物质累积达到 22.5 克/株，占该期干物质总量的 52.2%，盛花期叶、根、花各部位干物质累积量分别为 12.5、7.5、0.6 克/株；角果期角果部位干物质累积达到 42.5 克/株，占该期干物质总重 57.6%，其次为茎、根、叶，干物质累积量分别为 25.0 克/株、5.2 克/株、1.1 克/株；成熟期干物质总重为 88.8 克/株，达到整个生育期的最高值，但与角果期相比增幅不大，可能是由于成熟期油菜叶片等大量脱落所致。油菜在整个生长周期中干物质累积量随植株生长发育呈快速增长趋势^[4]。现蕾期之前油菜地下部根的干物质累积较多，说明油菜在生长初期，主要是根

系的生长,在苗期加强施肥管理,有利于促进营养生长,形成庞大的根系,奠定油菜生殖生长的基础。^{15、61}盛花期以后干物质大部分累积于角果、籽粒以及茎秆中。

2.2 春油菜不同生育期 N、P、K 养分吸收规律

表3 OPT 处理春油菜不同生育期养分吸收量 (毫克/株)

生育期	养分吸收量		
	N	P	K
苗期	24.7	4.9	36.2
抽苔期	390.4	52.0	375.6
现蕾期	1052.9	143.5	889.9
盛花期	936.4	148.8	788.8
角果期	738.9	372.7	1263.7
成熟期	965.7	236.1	1328.0

春油菜不同生育阶段对 N、P、K 养分的吸收见表3。春油菜苗期养分吸收 $K > N > P$, 表明油菜生长初期根系发育旺盛,而适宜的钾营养可提高根冠比,增强油菜吸水能力⁶¹;抽苔期至盛花期养分吸收 $N > K > P$,现蕾期对 N 的吸收出现峰值,达到1052.9毫克/株,说明春油菜在营养生长向生殖生长过渡时期对 N 营养的需求最大,为籽粒的生长能够提供充足的物质积累做准备;春油菜角果期、成熟期对养分的吸收 $K > N > P$,表明由于生长后期大量的 K 转移至籽粒中,籽粒的发育成熟对钾的需求达到顶峰。从整个生育期来看油菜对三种养分的吸收情况,对 N 的吸收呈"抛物线"型变化,即生长中前期吸收最高,生长前期及中后期逐渐降低,但中后期较前期高;与 N 养分吸收不同的是,P、K 养分吸收随着油菜的生长发育进程的推进大体呈增长的趋势,只是对 P 的吸收在成熟后期有所下降,对 K 的吸收在盛花期有所下降,可见 P、K 有随着油菜的生殖生长逐渐向角果、籽粒中转移的趋势⁶¹。

3 结论与讨论

甘蓝型春油菜在整个生育期内随着生物量的积累对 N、P、K 养分的吸收有特定的规律。在营养生长期对 N 营养的吸收速率较大,在营养生长初期对 K 的吸收较大,生殖生长后期对 P、K 养分的需求相对旺盛。因此甘蓝型春油菜在现蕾期应适量追施 N 肥,在角果期应适当追施 P、K 肥;虽然各个生育阶段油菜对三种养分需求各有侧重,但 N、P、K 平衡施肥对油菜正常生长发育以及高产非常重要,因此要根据平衡施肥方法施足 N、P、K 底肥,重视底肥的投入。

该试验 OPT 处理平均产量为122.2公斤/亩,CK 产量为58.9公斤/亩,N、P、K 配施能明显提高春油菜产量,每形成100公斤产量吸收 N 10.3公斤,P 2.5公斤,K 14.1公斤。该处理肥料用量为两年来该试验点春油菜肥料试验结果验证的最佳施肥量,即 N 10公斤/亩、P₂₀ 8公斤/亩、K₂₀ 7公斤/亩,这与张农等人提出宁夏固原大田条件下春油菜 N、P 配方比例为1:0.8的结论相似⁶¹,孙克刚等人研究出冬油菜平衡施肥量为 N 12公斤/亩、P₂₀ 7.5公斤/亩、K₂₀ 9公斤/亩⁶¹与该试验施肥量结论也比较相近。

参考文献：

- [1] 苏跃, 李瑾 杂选一号的营养吸收规律及需肥特性初探 耕作与栽培, 2003.6, 42-45.
- [2] 刘冬碧, 陈防等, 油菜干物质积累和养分钾、磷、硫吸收特点及施钾的影响, 中国油料作物学报, 2001.6, 48-51.
- [3] 段海燕, 王运华等, 不同甘蓝型油菜品种磷营养效率的差异研究, 华中农业大学学报, 2001.6, 241-245.
- [4] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000, 308-316.
- [5] 张农, 别基亮等, 甘蓝型春油菜的氮磷配方施肥初报. 固原师专学报 (自然科学版), 2002.11. 42-44.
- [6] 田正科. 青海春油菜的振兴-田正科 油菜论文选 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 23-26.
- [7] 张福锁. 环境胁迫与植物营养 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993.1, 147-150.
- [8] 孙克刚, 王亚莉等, 油菜氮磷钾元素的需肥规律和施肥研究. 土壤肥料, 2002 (4), 35-37.



超高产冬小麦土壤养分限制因子研究

王宜伦, 谭金芳, 韩燕来, 张许

(河南农业大学资源与环境学院, 河南郑州 450002)

摘要: 通过大田试验研究了不同肥料配施对超高产冬小麦产量及养分积累量的影响。结果表明: OPT 处理产量达到584 公斤/亩, 比CK 增产58.2 公斤/亩, 增产率为11.1%; 氮、磷和钾肥分别增产9.7%、5.8%、6.7%, 施用氮肥、钾肥能显著提高冬小麦的产量, N、K 是超高产冬小麦土壤养分主要限制因子, 且 $N > K$ 。冬小麦植株N 积累量随冬小麦的生长而增加; 冬小麦植株P 积累集中在拔节-灌浆期, 占总生育期最大P 积累量的56.6%~66.9%; 冬小麦植株K 积累量随冬小麦的生长在灌浆期达到最大。OPT 处理N、 P_2O_5 、 K_2O 的农学效率分别为3.7 公斤/公斤、5.4 公斤/公斤、9.1 公斤/公斤; 养分回收率分别为30.9%、12.3%、29.1%; 每生产100 公斤冬小麦需吸收N 3.2 公斤、 P_2O_5 1.0 公斤、 K_2O 4.2 公斤。

关键词: 超高产; 冬小麦; 产量; 养分限制因子; 农学效率; 养分回收率

冬小麦是中国主产农作物之一, 生育期内吸肥能力强, 需肥量大, 提供充足的养分是冬小麦获得高产的关键。长期以来, 土壤肥料工作者以冬小麦高产、超高产为目标, 在合理施肥理论技术方面进行了大量的研究工作^[1-10], 确定了不同产量水平100 公斤冬小麦籽粒需要氮、磷、钾数量, 研究了超高产小麦对氮、磷、钾的吸收分配与运转规律, 以及氮肥的用量和施用时期对冬小麦植株性状和产量的影响, 氮、磷、钾配施对冬小麦产量的影响, 但报道超高产冬小麦土壤养分限制因素的资料甚少。本文就河南省部分高产土壤上采用推荐施肥(OPT), 在此基础上不施氮肥、不施磷肥、不施钾肥, 以及超高产攻关田施肥(FHN) 和农民习惯施肥(FP) 等处理, 对冬小麦产量及构成要素、养分吸收累积规律、农学效率等方面进行研究, 确定超高产农田土壤养分限制因子及超高产冬小麦需肥规律, 以期对超高产冬小麦科学合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验安排与设计

试验于2006 年10 月—2007 年6 月, 2007 年10 月—2008 年6 月在河南省浚县巨桥镇姜庄(E 114.31160, N 35.71206) 进行, 供试土壤类型为潮土, 质地为粘壤土, 前茬作物为夏玉米, 土壤肥力较高, 其理化性状见表1:

表1 土壤理化性状 (ASI 法 mg/L)

有机质%	有效氮	有效磷	速效钾	有效硫	有效硼	有效铜	有效铁	有效锰	有效锌
1.2	25.1	20.5	98.9	10.9	0.96	2.4	12.0	2.1	2.0

本试验共设7 个处理, 即:

处理1: CK (不施任何肥料)

处理 2: OPT (14 公斤/亩 N, 6 公斤/亩 P_2O_5 , 4 公斤/亩 K_2O , 磷肥作基肥一次施入, 而氮肥 50% 作基肥, 50% 拔节期作追肥; 钾肥 60% 作基肥, 40% 作追肥)

处理 3、OPT-N, 处理 4、OPT-P, 处理 5、OPT-K

处理 6、FHN (即目前河南超高产攻关田采用的, 24 公斤 N/亩, 14 公斤 P_2O_5 /亩, 9 公斤 K_2O /亩, 磷、钾肥作基肥一次施入, 而氮肥 50% 作基肥, 50% 拔节期作追肥)

处理 7: FP (农民习惯施肥, 18 公斤/亩 N, 6 公斤/亩 P_2O_5 , 磷肥作基肥一次施入, 而氮肥 50% 作基肥, 50% 拔节期作追肥)

供试品种为周麦 98165。小区面积是 32 m^2 , 三次重复, 随机区组排列。田间管理措施采用当地生产习惯的管理方法进行, 生育期内及时灌水和防治病虫害。

1.2 样品的采集与分析

土壤样品: 在小麦越冬期、拔节期、孕穗期、灌浆期和成熟期采集每个重复小区 0-20 cm 土壤样品, 用碱解扩散法分析测定土壤碱解氮, 用 0.5 mol/L NaHCO_3 浸提—钼蓝比色法测定土壤速效磷, 用 NH_4OAc 浸提—火焰光度法测定土壤速效钾。

植株样品: 在小麦越冬期、拔节期、孕穗期、灌浆期和成熟期采集每个重复有代表性的植株样品, 分析植株各部位的氮磷钾含量, 采用浓 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮—蒸馏定氮法测定植株全氮、钼黄比色法测定植株全磷、火焰光度计法测定植株全钾含量。

1.3 调查和计产

全部收获田间标记好 1 米双行的小麦植株, 随机收获 2 平方米小麦计产, 取 10 株小麦进行考种, 调查株高、穗长、穗粒数和千粒重等。

1.4 数据处理方法

采用 Duncan 新复极差法, 进行多重比较, 在 DPS 数据处理系统上进行; 绘图在 Excel 上进行。

2 结果与分析

2.1 不同肥料配施对冬小麦产量及构成要素的影响

从表 2 可以看出, 与 CK 处理相比, 各施肥处理产量都有所增加, 增产率为 1.3% - 12.9%。FHN 处理产量最高, 达到 593.6 公斤/亩, 增产率为 12.9%。与 OPT 处理相比, FHN 处理增产 1.6%, 但产量差异不显著, 而 FHN 处理施肥量远高于 OPT 处理施肥量, 表明推荐施肥比攻关田施肥节肥增效。OPT 处理比 OPT-N、OPT-P、OPT-K 处理分别增产 9.7%、5.8%、6.7%, 其中 OPT 处理与 OPT-N、OPT-K 处理产量差异达到显著水平, 表明施用氮肥、钾肥能显著提高冬小麦的产量, N、K 是超高产冬小麦土壤养分主要限制因素, 且 $N > K$, 可见氮肥和钾肥对超高产冬小麦具有很重要的作用。

表2 肥料配施对冬小麦产量及构成要素的影响

处理	有效穗数 (穗/亩)	穗粒数 (粒/穗)	千粒重 (克)	产量 (公斤/亩)	相对产量 (%)	增产率 (%)	施肥收益 (元/亩)
O P T	5 4 6 0 5 3 a	3 5 . 6 a	4 3 . 7 a	5 8 4 . 0 a	1 0 0 . 0	1 1 . 1	8 2 6
O P T - N	4 4 8 0 2 6 c	3 2 . 1 b	4 1 . 6 a	5 3 2 . 4 c	9 1 . 2	1 . 3	7 9 8
O P T - P	5 2 9 6 0 5 a b	3 1 . 1 b	4 2 . 6 a	5 4 9 . 8 a b	9 4 . 5	4 . 9	8 1 3
O P T - K	4 9 8 0 2 6 b	3 3 . 4 a b	4 1 . 8 a	5 4 7 . 4 b	9 3 . 7	4 . 1	7 8 2
F P	5 1 8 4 2 1 a b	3 3 . 1 a b	4 1 . 6 a	5 7 9 . 2 a b	9 9 . 2	1 0 . 2	8 2 3
F H N	5 0 0 6 5 8 a b	3 2 . 1 b	4 1 . 6 a	5 9 3 . 6 a	1 0 1 . 6	1 2 . 9	7 3 9
C K	4 2 4 3 4 2 c	3 1 . 3 b	4 1 . 0 a	5 2 5 . 8 c	9 0 . 0	—	—

注：N：3.6元/公斤，P₂O₅：6.5元/公斤；K₂O：3.7元/公斤，小麦：1.6元/公斤。

表3表明，推荐施肥中N、P、K都影响冬小麦的千粒重。与CK处理相比，各处理的亩穗数、穗粒数均显著增加，说明施肥能提高亩穗数和穗粒数。

2.2 不同肥料配施对冬小麦N积累量的影响

由图1可以看出，在冬小麦整个生育期，各处理冬小麦植株N积累量均随冬小麦的生长而增加，增加的幅度变化因处理而异；在各生育期内，CK和OPT-N处理冬小麦植株N积累量都低于其他处理。OPT处理冬小麦植株N积累量在越冬-拔节期和孕穗-成熟期增长较快，分别占总生育期N积累量的36.1%和41.1%。灌浆期后，各处理的N积累量均明显增加，可见冬小麦生育后期仍需要吸收大量的氮素，保证后期氮素充足供应对于超高产冬小麦至关重要。

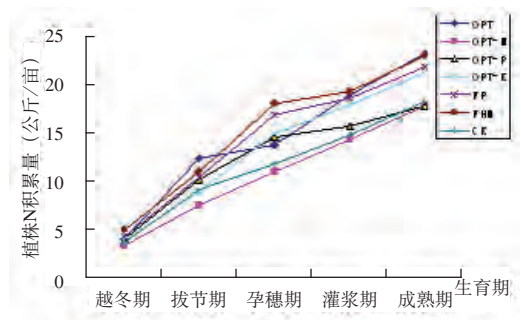


图1 各处理冬小麦不同生育期N积累量的变化

2.3 不同肥料配施对冬小麦P积累量的影响

由图2可以看出，在冬小麦整个生育期，OPT、OPT-N、OPT-K、FP处理小麦植株P积累量均随冬小麦的生长而增加，CK、FHN、OPT-P处理冬小麦植株P积累量随冬小麦的生长而增加，灌浆期达到最大值；各处理冬小麦植株P积累集中在拔节-灌浆期，占总生育期P积累量的56.6%~66.9%。OPT处理冬小麦植株P积累量在越冬期、拔节期、孕穗期、灌浆期和成熟期分别比OPT-P处理多吸收-0.5%、30.5%、-6.5%、14.2%、44.8%，可见施用磷肥可以调节冬小麦植株的磷素营养。

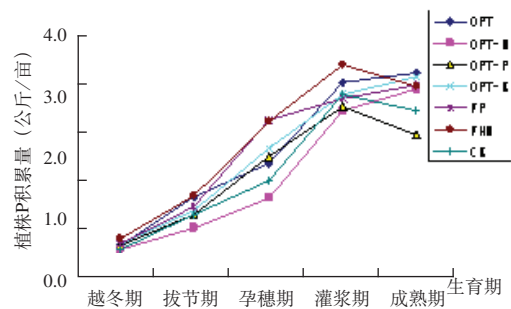


图2 各处理冬小麦不同生育期P积累量的变化

2.4 不同肥料配施对冬小麦 K 积累量的影响

从图 3 可以看出,在灌浆期前,各处理冬小麦植株 K 积累量均随冬小麦的生长而增加,灌浆期后,各处理冬小麦植株 K 积累量均随冬小麦的生长而降低,增减幅度变化因处理而异。灌浆期前,OPT、FHN 处理冬小麦植株 K 积累量高于 OPT-K 处理, FHN > OPT > OPT-K,表明灌浆期前冬小麦植株 K 积累量随着钾肥用量的增加而增加;在成熟期,冬小麦植株 K 积累量 OPT > FHN > OPT-K,表明 N、P、K 肥合理配施有利于冬小麦后期钾积累。OPT 处理冬小麦植株

K 积累量在越冬期、拔节期、孕穗期、灌浆期和成熟期分别比 OPT-K 处理增加了 1.2%、27.5%、3.8%、11.2% 和 8.4%,可见合理施用钾肥能促进冬小麦对钾素的吸收,对于提高产量具有重要作用。

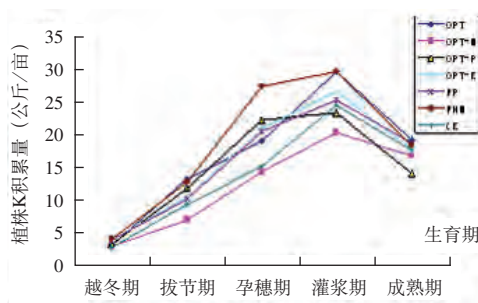


图 3 各处理冬小麦不同生育期 K 积累量的变化

2.5 氮磷钾养分的农学效率

现阶段我国氮肥利用率仅为 28%~41%,磷肥利用率为 10%~20%,钾肥利用率为 35%~50%,表 3 表明,本试验各养分 (OPT 处理) 的农学效率和养分回收率都较低,主要由于土壤肥力较高,基础产量高。每生产 100 kg 冬小麦经济产量需吸收的 N 和 K₂O 量较高。

表 3 冬小麦养分的农学效率和养分回收率

元素	农学效率 (kg/kg)	百公斤产量吸收养分量 (kg)	养分回收率 (%)
N	3.7	3.2	30.9
P ₂ O ₅	5.4	1.0	12.3
K ₂ O	9.1	4.2	29.1

3 结论与讨论

3.1 本试验研究结果表明,推荐施肥量下施用氮、磷、钾肥均有利于小麦产量的提高,氮、磷、钾配合施用可以提高亩穗数、千粒重、穗粒数。有关小麦植株氮素积累量,大多数研究认为,随生育期的延长而增加,成熟期达最大值,但也有研究认为成熟期也有可能降低^[7-8],本试验所得结果表明,整个生育期内小麦植株氮的积累量不断增加,磷的吸收集中在拔节-灌浆期,钾的吸收随小麦的生长而增加,灌浆期达到最大,成熟期下降,这与谭金芳等^[11]研究表明的冬小麦不同生育期对磷、钾的需求规律相一致。

3.2 有关研究表明,在 500-600 公斤/亩产量水平下,每生产 100 公斤冬小麦籽粒需吸收 N 3.7 公斤、P₂O₅ 1.0 公斤、K₂O 3.9~4.7 公斤^[11],本试验表明,每生产 100 公斤冬小麦籽粒需吸收的 N、P₂O₅、K₂O 的量分别为 3.2 公斤、1.0 公斤和 4.2 公斤,氮的吸收量较低,这可能与小麦品种、土壤条件、施肥水平等有关。

3.3 本试验确定了超高产冬小麦土壤养分限制因子主要为氮和钾,从百公斤子粒养分吸收量看,钾

对于超高产冬小麦作用很大。

3.4 用ASI法推荐施肥与当前超高产攻关田经验施肥量相比能节肥增效,对于农业可持续发展有着重要的现实意义,应该大力推广;全面研究不同生态类型区高(超高)产冬小麦土壤养分限制因子很有必要,如何在保证产量的前提下节约用肥而不导致土壤养分降低值得深入研究。



参考文献:

- [1] 韩燕来,介晓磊,谭金芳,等.超高产小麦对氮、磷、钾的吸收分配与运转规律的研究[J].作物学报,1998(6)
- [2] 赵俊晔,于振文,李延奇,等.施氮量对小麦氮磷钾养分吸收利用和产量的影响[J].西北植物学报,2006(1):98-103.
- [3] 王晨阳,朱云集,等.氮肥后移对超高产小麦产量及生理特性的影响[J].作物学报,1998,24(6):978-983.
- [4] 同延安,赵营等.施氮量对冬小麦氮素吸收、转运及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13(1):64-69
- [5] 胡田田,李岗,韩思明,吴庆宇.冬小麦氮磷营养特征及其与土壤养分动态变化的关系[J].麦类作物学报,2000,20(4):47-50.
- [6] 王银富,刘宗院等.氮肥后移施肥技术对小麦产量品质的影响.陕西农业科学,2007(1):24-26
- [7] 潘庆民,于振文等.公顷产9000 kg 小麦氮素吸收分配的研究[J].作物学报,1999,25(5):541-547
- [8] 周顺利,张福锁,王兴仁,等.高产条件下不同品种冬小麦氮素吸收与利用特性的比较研究[J].土壤肥料,2000(6):20-24.
- [9] 何萍,李玉影,金继运.氮钾营养对面包强筋小麦产量和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2002,8(4):395-398.
- [10] 周忠新,于振文,许卫霞,等.氮磷钾用量及配比对小麦产量、蛋白质含量和肥料利用率的影响[J].山东农业科学,2006(3):42-44
- [11] 谭金芳主编.作物施肥原理与技术[M].北京:中国农业大学出版社,2003,199-208.

钾肥不同品种和用量对葡萄产量及品质影响

李明悦 朱静华 高贤彪 王正祥 廉晓娟 王艳
天津市农业资源与环境研究所 天津 300192

摘要: 在天津市汉沽区茶淀镇进行了钾素对葡萄产量及品质影响研究, 结果表明, 与农民常规施肥相比, 施用氯化钾和硫酸钾均能明显提高葡萄产量。本试验条件下增产达 200 - 436 公斤/亩。氯化钾用量为 K_2O 12 公斤/亩的增产效果最显著, 增产 436 公斤/亩, 增幅达 24.2%。从农民收入来看, 氯化钾用量为 K_2O 12 公斤/亩的处理增收幅度最大, 为 1633 元/亩, 优于其他处理。从品质分析结果来看, 施用氯化钾和硫酸钾均能明显提高葡萄总糖含量, 改善葡萄品质。

关键词: 葡萄 氯化钾 硫酸钾 品质

汉沽区位于天津东部滨海地区, 所辖茶淀镇素有“玫瑰香葡萄之乡”的美称。其主要品种茶淀牌玫瑰香葡萄曾在 1994 年中国农学会举办的全国评比中荣获第一名, 是酿造葡萄酒的优质原料。近年来, 汉沽区的葡萄种植已形成较大规模, 现有种植面积 4 万亩左右, 年产量 6000 多万公斤, 开展葡萄平衡施肥具有较好的代表性和示范性。但是, 由于普遍认为葡萄属于忌氯作物, 因此当地农民朋友对于氯化钾有着极大的偏见。针对这种情况, 本试验研究在等量氮磷肥的基础上, 钾肥不同品种及不同用量对葡萄产量和品质的影响, 摸索出适宜当地葡萄种植的钾肥品种及用量, 为高产优质葡萄生产的合理施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区土壤养分及种植状况

试验安排在天津市汉沽区茶淀镇大辛村, 土壤类型为重壤质盐化潮土。葡萄施肥前取 0-20cm 土壤样品, 用 A S I 法测定土壤速效养分含量 (表 1)。

表 1 试验区土壤基本理化性状

作物	分析号	pH	OM	NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
		毫克/升												
葡萄	A X L R 04	8.9	0.97	8.8	59.5	294	1565.8	815.9	115.7	31.6	13.6	26.5	4.6	4.0

葡萄品种为玫瑰香, 属鲜食与酿酒兼用品种, 为当地主栽品种, 有很强的抗盐碱能力, 产量高、品质好。具体种植情况见表 2。

表 2 试验区葡萄种植情况

作物	品种	树龄 (年)	小区面积 (平方米)	种植密度 (株/亩)	生育期
葡萄	玫瑰香	7	16	520	2007.04.02 - 2007.09.20

1.2 试验设计

试验设 5 个处理, 即 $NPK_{1.2}(S)$, $NPK_{1.8}(S)$, $NPK_6(CI)$, $NPK_{1.2}(CI)$, $NPK_{1.8}(CI)$, 农民习惯施肥 (FP), 其中 S 代表硫酸钾, CI 代表氯化钾 (见表 3)。试验用肥为尿素 (含 N 46%), 磷酸二铵 (含 P_2O_5 46%, 含 N 18%), 氯化钾 (含 K_2O 60%), 硫酸钾 (含 K_2O 50%), 有机肥 (含 N 2.23%、 P_2O_5 3.33%、 K_2O 2.17%, 水分 30%)。施肥方法: 氮磷钾肥全部做追肥, 在葡萄不同生育期进行追施。试验小区随机排列, 每处理 3 次重复。其他田间栽培管理措施与当地相同。

表 3 葡萄小区试验设计及肥料用量

处理号	有机肥 (公斤/亩)	N (公斤/亩)	P_2O_5 (公斤/亩)	K_2O (公斤/亩)
1. $NPK_{1.2}(S)$	4 500	2 2	1 5	1 2
2. $NPK_{1.8}(S)$	4 500	2 2	1 5	1 8
3. $NPK_6(CI)$	4 500	2 2	1 5	6
4. $NPK_{1.2}(CI)$	4 500	2 2	1 5	1 2
5. $NPK_{1.8}(CI)$	4 500	2 2	1 5	1 8
6. FP	4 500	1 0.5	1 1.5	2.25

2 结果与分析

2.1 不同钾肥品种和用量对葡萄产量和经济效益的影响

葡萄收获时, 对试验各处理小区进行产量统计, 结果见表 4。从试验结果可以看出, 与农民常规施肥处理相比, 施用硫酸钾和氯化钾均能明显提高葡萄的产量。施用氯化钾时, 随着钾用量的增加产量增加, 但不显著, 用量为 K_2O 1.2 公斤/亩的处理产量高于其他处理, 比农民习惯施肥增产 4.36 公斤/亩, 增幅达 24.2%。对比处理 4 和 5 可以看出, 随着施钾量的提高, 葡萄产量反而降低, 说明适合的钾肥用量对葡萄有增产作用, 过多的钾肥用量则会造成钾素的浪费。

对投入和产出进行统计分析表明 (表 4), 增施钾肥虽然增加了施肥成本, 但由于增产效果显著, 经济效益均好于农民常规施肥。施用氯化钾, 用量为 K_2O 1.2 公斤/亩的处理增收幅度为 23.4%, 优于其他处理。

表 4 钾肥对葡萄产量和经济效益的影响

处理	产量 (公斤/亩)				平均	增产量 (公斤/亩)	增产率 (%)	产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	增收 (%)
	I	II	III	平均						
1. $NPK_{1.2}(S)$	2 125	1 916	1 958	2 000	abAB	2 00	11.1	8 000	3 53	9.7
2. $NPK_{1.8}(S)$	2 333	2 020	2 270	2 208	aA	4 08	22.7	8 832	3 83	21.2
3. $NPK_6(CI)$	2 229	2 020	2 020	2 090	abA	2 90	16.1	8 360	3 17	15.4
4. $NPK_{1.2}(CI)$	2 291	2 187	2 229	2 236	aA	4 36	24.2	8 944	3 41	23.4
5. $NPK_{1.8}(CI)$	2 125	2 062	2 270	2 152	abA	3 52	19.6	8 608	3 65	18.3
6. FP	1 800	1 792	1 808	1 800	cB	—	—	7 200	2 30	—

注: 2007 年葡萄价格: 4 元/公斤。尿素: 1.8 元/公斤, 磷酸二铵: 2.9 元/公斤, 氯化钾: 2.4 元/公斤, 硫酸钾 2.5 元/公斤, 有机肥: 30 元/吨。表中不同大、小写字母表示差异达 1% 和 5% 显著水平。

2.2 不同钾肥品种和用量对葡萄品质的影响

葡萄采收前，取葡萄果实测定糖度和酸度。由表 5 分析结果可见，与农民常规施肥相比，施氯化钾和硫酸钾的处理，都能使葡萄增甜降酸，当每亩施 K_2O （氯化钾）12 公斤和 K_2O （硫酸钾）18 公斤时，葡萄果实中总糖含量分别是 17.9% 和 18.0%，相差不大；但是施氯化钾葡萄比施硫酸钾葡萄酸度降低效果更明显。所以合理施用氯化钾对葡萄品质也有一定好处。

表 5 钾肥对葡萄品质的影响

处理	水溶性总糖 (%)	可滴酸 (水柠檬酸计 %)
1. NPK ₁₂ (S)	17.1	0.54
2. NPK ₁₈ (S)	18.0	0.50
3. NPK ₆ (Cl)	17.2	0.49
4. NPK ₁₂ (Cl)	17.9	0.49
5. NPK ₁₈ (Cl)	17.5	0.46
6. FP	16.1	0.54

3 小结

与农民常规施肥相比，施用氯化钾和硫酸钾均能明显提高葡萄产量，本试验条件下，增产 200 - 436 公斤/亩，增产幅度为 11.1 - 24.2%。氯化钾用量为 K_2O 12 公斤/亩的增产效果最显著，增产 436 公斤/亩，增幅达 24.2%，增收幅度最大，为 1633 元/亩。施用氯化钾和硫酸钾均能明显提高葡萄总糖含量，改善葡萄品质。

在一定钾用量范围内，施用氯化钾不但没有对葡萄生长造成不良影响，反而能增产增收。因此在葡萄栽培中，适量的施用氯化钾应加以提倡。

参考文献：

- [1] 金继运等. 高效土壤养分测试技术与设备[M]. 北京. 中国农业出版社. 2006.
- [2] 郑鹤龄, 贾爱军, 张福庆, 等. 天津地区酿酒葡萄生育需肥特性及合理施肥技术[J]. 天津农业科学.

2005, 11 (3): 31-33.





保护地蔬菜高产下的养分循环与平衡施肥技术研究

朱静华, 王正祥, 高贤彪, 李明悦

(天津市农业资源与环境研究所, 天津 300192)

摘要: 本研究在天津主要保护地蔬菜种植区-天津市西青区辛口镇第六埠村进行黄瓜、茼蒿、小白菜和番茄轮作的养分循环定位试验。研究保护地蔬菜高产下的不同养分循环及平衡施肥技术。以农民常规施肥产量为对照, 黄瓜的最佳施肥处理是 $1/2(NPK)$, 增产562.9公斤/亩, 增收742元/亩; 茼蒿最佳施肥处理是 $5/4(NPK)$, 增产296.3公斤/亩, 增收445元/亩; 小白菜和番茄的最佳施肥处理均是 NPK , 分别增产622.3公斤/亩和511.1公斤/亩, 增收498元/亩和440元/亩。蔬菜的养分积累量与产量、施肥量有关, 黄瓜和茼蒿的产量达到最高时, 黄瓜果实、茼蒿植株中N、P、K积累量最高; 小白菜和番茄果实中的养分积累量趋势是随着施肥量的增高而增高。黄瓜土壤残留有效氮含量比种植前增高8.25毫克/升; 茼蒿土壤残留有效氮含量比种植前平均降低15.5毫克/升, 茼蒿、小白菜、番茄土壤残留有效氮含量相差不大。连续种植蔬菜土壤残留有效P含量变化不大, 土壤残留有效K含量随着施钾量的增加而增加。养分平衡概算结果显示, 黄瓜和番茄施有机肥, 养分盈余较多; 小白菜实收产量比目标产量高, 氮素呈亏缺状态。

关键词: 蔬菜, 施肥管理, 养分积累量, 土壤残留养分

蔬菜是天津农业发展的支柱产业。菜田面积6.28万公顷。菜田播种面积13.46万公顷, 复种指数2.14。2006年蔬菜总产量500万吨。农民为了获取高产出、高收益, 对肥料的投入成倍增长, 但由于菜田施肥管理缺乏技术规范和科学指导, 造成了土壤板结, 肥力下降和地表水出现富营养化^[1,2,3]。2006年和2007年在国际植物营养研究所(IPNI)的资助下, 在天津市蔬菜上开展了高产下的养分循环与平衡施肥技术研究^[4,5], 在不同蔬菜作物轮作下, 连续进行黄瓜、茼蒿、小白菜和番茄养分循环定位试验。

1 材料与方法

1.1 土壤状况

试验地点选在天津市西青区辛口镇第六埠村沈世新保护地, 是监测村的农户。供试土壤速效养分含量测定采用AS1法。试验区基础土壤养分状况见表1。土壤类型属潮土, 母质为河流冲积物。

表1 试验区土壤理化性状(毫克/升)

作物	分析号	pH	OM%	NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
黄瓜	ASD-W-3	7.8	1.25	13.7	222.3	277.6	2100	864	153.7	16.5	6.2	8.1	13.8	2.8

1.2 试验设计

根据当地蔬菜轮作制度, 进行了连续四茬定位试验。从2006年4月1日黄瓜开始至2007年6月番茄结束, 两茬果菜和两茬叶菜的作物, 轮作蔬菜是第一茬黄瓜、第二茬茼蒿、第三茬小白菜、第四

茬番茄。

施肥方案以蔬菜作物的目标产量为准，依据天津监测村第六埠菜田养分管理及施肥决策系统软件推荐。黄瓜目标产量设 8000 公斤/亩；茼蒿 2000 公斤/亩；小白菜 2500 公斤/亩；番茄 5500 公斤/亩。施肥处理相同，施肥量不同。试验区设 5 个施肥处理，是 1/2 (NPK)、3/4 (NPK)、NPK 处理（假设为最佳处理）、5/4 (NPK)、FP，试验施肥设计见表 2，小区面积 15 平方米。

表 2 试验处理养分用量 (公斤/亩)

茬数	作物	序号	处理	有机肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	备注
第一茬	黄瓜	1	1/2 (NPK)	3000	32.0	5.0	10.0	有机肥底施；磷酸二铵 1/2 底施，1/2 追施；氯化钾 1/2 底施，1/2 追施；尿素分 2 次追施。微量元素喷施。
		2	3/4 (NPK)	3000	48.0	7.5	15.0	
		3	NPK	3000	64.0	10.0	20.0	
		4	5/4 (NPK)	3000	80.0	12.5	25.0	
		5	FP	3000	27.5	11.5	18	
第二茬	茼蒿	1	1/2 (NPK)	0	6.5	4.0	12.5	不施有机肥，磷酸二铵和氯化钾 4/5 底施，其余追施；尿素分三次追施。
		2	3/4 (NPK)	0	9.8	6.0	18.8	
		3	NPK	0	13.0	8.0	25.0	
		4	5/4 (NPK)	0	16.3	10.0	31.3	
		5	FP	0	18.4	0	0	
第三茬	小白菜	1	1/2 (NPK)	0	1.5	4.0	1.0	不施有机肥，磷酸二铵和氯化钾底施。
		2	3/4 (NPK)	0	2.3	6.0	1.5	
		3	NPK	0	3.0	8.0	2.0	
		4	5/4 (NPK)	0	3.8	10.0	2.5	
		5	FP	0	0	0	0	
第四茬	番茄	1	1/2 (NPK)	3000	15.4	6.0	10.5	有机肥底施，磷酸二铵、氯化钾和尿素均分 3 次追施，微量元素喷施。
		2	3/4 (NPK)	3000	23.0	9.0	15.8	
		3	NPK	3000	30.7	12.0	21.0	
		4	5/4 (NPK)	3000	38.4	15.0	26.3	
		5	FP	3000	22.5	6.4	34.2	

注：黄瓜有机肥含 N 1.84%、P₂O₅ 2.19%、K₂O 1.39%、含有机质 27.7%、含水量 30%；番茄有机肥含 N 2.23%、P₂O₅ 3.33%、K₂O 2.17%、有机质 37.6%、含水量 30%。尿素含 N 46%，磷酸二铵含 P₂O₅ 46%、N 18%，氯化钾含 K₂O 60%。

2 结果与分析

2.1 不同施肥管理水平对蔬菜产量的影响

在保护地同一地块连续进行黄瓜、茼蒿、小白菜和番茄不同养分管理定位试验。每茬蔬菜施肥处理相同，施肥量不同。以农民常规施肥的产量为对照，与不同施肥管理水平的产量进行比较，由表 3 结果可见，当黄瓜最佳施肥处理是 1/2 (NPK)，产量达到最高，为 5674.0 公斤/亩，比 FP 增产 12.2%；茼蒿

蒿最佳施肥处理是 5/4 (NPK)，最高产量为 1896.4 公斤/亩，增产 18.5%；小白菜和番茄最佳施肥处理都是 NPK，最高产量分别是 4400.2 公斤/亩和 5777.8 公斤/亩，增产是 16.5% 和 9.7%。对产量结果进行分析，黄瓜的实际产量比目标产量低 2722 公斤/亩，由于是在高产条件下，设计的目标产量过高，施肥量相应就高，黄瓜土壤残留有效养分含量也高，实际上氮磷钾总养分量一半的 1/2 (NPK) 处理是合理的施肥量。由于黄瓜土壤残留养分含量高，对下一茬蒿产量也有影响，黄瓜施肥量为 1/2 (NPK) 时，产量最高，下茬蒿产量最低 (是 1777.9 公斤/亩)；黄瓜施肥量为 5/4 (NPK) 时，产量最低为 5111.1 公斤/亩 (除 FP 处理外)，下茬蒿产量最高。蒿和番茄的实际产量与目标产量相差不大，小白菜的实际产量比目标产量高 1944.7 公斤/亩。蔬菜产量统计分析结果表明，与农民常规施肥的产量比较，黄瓜 1/2 (NPK) 产量差异达显著水平；蒿 1/2 (NPK) 产量差异达显著水平，其他处理产量差异达极显著水平；小白菜各处理产量与 FP 差异均达极显著水平；番茄是 3/4 (NPK)、NPK 处理产量差异达极显著水平。

表 3 不同施肥量对蔬菜产量的影响 (公斤/亩)

作物	处理	产量	平均	增产 %		
黄瓜	1/2 (NPK)	5711.3	5622.0	5688.7	5674.0*	12.2
	3/4 (NPK)	5178.0	5200.0	5400.0	5259.3	4.0
	NPK	5178.0	5278.0	5378.0	5278.0	4.4
	5/4 (NPK)	5244.7	5155.3	4933.3	5111.1	1.1
	FP	4578.0	5533.3		5055.7	-
蒿	1/2 (NPK)	1800.1	1777.9	1755.7	1777.9*	11.1
	3/4 (NPK)	1689.0	1866.8	1866.7	1807.5**	13.0
	NPK	1777.9	1777.9	1866.7	1807.5**	13.0
	5/4 (NPK)	1777.9	1977.9	1933.4	1896.4**	18.5
	FP	1555.7	1644.5		1600.1	-
小白菜	1/2 (NPK)	4044.7	4400.3	4444.7	4296.5**	13.7
	3/4 (NPK)	4089.1	4578.0	4444.7	4370.6**	15.7
	NPK	4289.1	4466.9	4444.7	4400.2**	16.5
	5/4 (NPK)	4511.3	4222.5	4355.8	4363.2**	15.5
	FP	3778.0	3778.0		3778.0	-
番茄	1/2 (NPK)	5311.1	5555.6	5377.8	5414.9	2.8
	3/4 (NPK)	5711.1	5866.7	5577.8	5718.5**	8.6
	NPK	5755.6	5711.1	5866.7	5777.8**	9.7
	5/4 (NPK)	5733.3	5400.0	5377.8	5503.7	4.5
	FP	5333.3	5200.0	0.0	5266.7	-

·表示差异显著, ** 差异极显著。黄瓜 LSD (0.05)=446.3, LSD (0.01)=649.4; 蒿 LSD (0.05)=137.5, LSD (0.01)=200.0; 小白菜 LSD (0.05)=317.5, LSD (0.01)=462.0; 番茄 LSD (0.05)=248.9, LSD (0.05)=362.2。

2.2 不同施肥管理水平的经济效益

不同蔬菜不同施肥管理水平的经济效益分析见表 4。不同蔬菜不同施肥处理的收入水平与农民常规施肥处理比较, 黄瓜每亩增收 67.742 元; 茼蒿每亩增收 267.445 元; 小白菜每亩增收 415.498 元; 番茄每亩增收 127.440 元。

表 4 各种蔬菜作物经济效益的结果

作物	处理	产量 (公斤/亩)	产值 (元/亩)	增收 (元/亩)	肥料投入 (元/亩)
黄瓜	1/2 (NPK)	5674.0	6809	742	489
	3/4 (NPK)	5284.0	6341	274	583
	NPK	5278.0	6334	267	678
	5/4 (NPK)	5111.3	6134	67	772
	FP	5055.3	6066	-	535
茼蒿	1/2 (NPK)	1777.9	2667	267	96
	3/4 (NPK)	1807.5	2711	311	141
	NPK	1807.5	2711	311	188
	5/4 (NPK)	1896.4	2845	445	237
	FP	1600.1	2400	-	72
小白菜	1/2 (NPK)	4296.7	3437	415	65
	3/4 (NPK)	4370.7	3497	474	96
	NPK	4400.0	3520	498	127
	5/4 (NPK)	4363.3	3491	468	162
	FP	3778.0	3022	-	0
番茄	1/2 (NPK)	5414.9	4657	127	430
	3/4 (NPK)	5718.5	4918	389	494
	NPK	5777.8	4969	440	559
	5/4 (NPK)	5503.7	4733	204	624
	FP	5266.7	4529	-	555

价格: 黄瓜 1.2 元/公斤、茼蒿 1.5 元/公斤、小白菜 0.8 元/公斤、番茄 0.86 元/公斤、磷酸二铵 2.9 元/公斤、尿素 1.8 元/公斤、氯化钾 2.4 元/公斤、有机肥 0.1 元/公斤。

2.3 不同蔬菜的养分吸收特性

黄瓜和番茄按植株部分和果实部分测定氮、磷、钾含量, 茼蒿和小白菜是整株测定的, 其结果见表 5。黄瓜果实中钾含量高于植株中钾含量, 番茄也相同 (除 3/4 (NPK) 处理外); 果菜类植株中钾含量高于叶菜类植株; 果菜类植株中磷含量低于叶菜类植株。

蔬菜的养分吸收特规律与产量、施肥量有关, 如黄瓜施肥量是 1/2 (NPK) 时, 产量达到最高。果实中氮、磷和钾积累量也最高, N 是 7.95 公斤/亩、 P_2O_5 是 4.23 公斤/亩、 K_2O 是 10.04 公斤/亩; 茼蒿养分吸收特规律与黄瓜相同。由于小白菜和番茄的各处理之间的产量相差不大, 小白菜和番茄果实部分

中的养分吸收规律大致趋势是随着施肥量的增高而增高，如小白菜和番茄施肥处理是 5/4 (NPK) 时，小白菜植株和番茄果实中养分积累量为最高（番茄 P 积累量为 4.11 公斤/亩除外），详情见下页表 6。

表 5 蔬菜的植株和果实中氮磷钾养分含量（干基）

作物	处理	植株养分含量 (%)			果实养分含量 (%)		
		全 N	全磷 (P ₂ O ₅)	全钾 (K ₂ O)	全 N	全磷 (P ₂ O ₅)	全钾 (K ₂ O)
黄瓜	1/2 (NPK)	3.40	1.62	3.48	3.66	1.95	4.63
	3/4 (NPK)	3.92	1.82	3.94	3.82	2.06	5.20
	NPK	3.44	1.44	3.40	3.73	2.10	4.69
	5/4 (NPK)	3.53	1.40	2.91	3.67	1.93	4.87
	FP	3.23	1.53	3.61	2.91	1.45	4.68
茼蒿	1/2 (NPK)	3.67	1.13	6.47			
	3/4 (NPK)	3.11	1.17	6.78			
	NPK	3.39	1.13	7.23			
	5/4 (NPK)	3.92	1.21	7.51			
	FP	4.15	1.20	6.55			
小白菜	1/2 (NPK)	3.37	1.25	5.71			
	3/4 (NPK)	3.38	1.23	5.57			
	NPK	3.53	1.27	5.26			
	5/4 (NPK)	3.70	1.31	5.64			
	FP	4.12	1.33	5.73			
番茄	1/2 (NPK)	1.92	1.75	4.07	2.18	1.25	4.19
	3/4 (NPK)	2.02	1.53	3.90	2.16	1.11	3.81
	NPK	1.73	1.51	3.54	2.13	1.13	4.00
	5/4 (NPK)	1.71	1.37	3.53	2.24	1.08	4.21
	FP	1.81	1.45	3.53	2.01	1.19	4.54

2.4 不同蔬菜收获后土壤有效养分含量状况

连续种植的黄瓜、茼蒿、小白菜和番茄，每茬作物在种植前和收获后，取土样进行有效养分测定，土壤的有效养分含量结果见表 7。表 7 与表 1 联合分析讨论，土壤中的有效氮含量变化较大，黄瓜收获以后，土壤有效氮含量比基础土壤（表 1）平均增高 8.25 毫克/升，是由于黄瓜目标产量设计过高造成施肥量也高带来的结果；茼蒿土壤有效氮含量比黄瓜土壤有效氮含量平均降低 15.5 毫克/升；小白菜土壤有效氮含量比茼蒿土壤有效氮含量平均增高 2.78 毫克/升；番茄土壤有效氮含量比小白菜土壤有效氮含量平均增高 1.83 毫克/升。小白菜与茼蒿、番茄与小白菜的土壤有效氮含量变化不大。四茬蔬菜连续定位施肥，到最后一茬番茄收获后，土壤的有效氮含量随着施肥量的增加而增加。每茬蔬菜作物收获后，土壤中的有效 P 含量变化不大；有效 K 含量随着施钾量的增加而增加。所以，今后应注意磷肥的施用以及肥料的合理施用。（表 7 见 41 页）

表 6 蔬菜的植株和果实中氮磷钾积累量(干基)(公斤/亩)

作物	处理	植株吸收量			果实吸收量			总吸收量		
		氮 N	磷 P ₂ O ₅	钾 K ₂ O	氮 N	磷 P ₂ O ₅	钾 K ₂ O	氮 N	磷 P ₂ O ₅	钾 K ₂ O
黄瓜	1/2 (NPK)	6.22	2.97	6.36	7.95	4.23	10.04	14.17	7.20	16.40
	3/4 (NPK)	6.60	3.06	6.63	5.67	3.05	7.71	12.27	6.12	14.34
	4/4 (NPK)	7.16	3.00	7.09	5.83	3.28	7.33	13.00	6.29	14.41
	5/4 (NPK)	7.64	3.03	6.30	6.86	3.59	9.09	14.50	6.62	15.39
	FP	6.62	3.13	7.40	5.51	2.75	8.88	12.13	5.88	16.28
茼蒿	1/2 (NPK)	3.10	0.95	5.46				3.10	0.95	5.46
	3/4 (NPK)	2.55	0.96	5.57				2.55	0.96	5.57
	4/4 (NPK)	2.83	0.94	6.04				2.83	0.94	6.04
	5/4 (NPK)	3.51	1.09	6.73				3.51	1.09	6.73
	FP	3.36	0.97	5.30				3.36	0.97	5.30
小白菜	1/2 (NPK)	8.93	3.31	15.13				8.93	3.31	15.13
	3/4 (NPK)	9.38	3.41	15.46				9.38	3.41	15.46
	4/4 (NPK)	9.16	3.30	13.65				9.16	3.30	13.65
	5/4 (NPK)	11.45	4.05	17.46				11.45	4.05	17.46
	FP	10.07	3.25	14.01				10.07	3.25	14.01
番茄	1/2 (NPK)	3.08	2.81	6.55	6.34	3.65	12.43	9.43	6.46	18.98
	3/4 (NPK)	3.89	2.96	7.51	7.35	4.07	13.48	11.24	7.02	20.99
	4/4 (NPK)	2.77	2.41	5.67	7.35	4.31	13.27	10.13	6.73	18.94
	5/4 (NPK)	2.90	2.31	5.98	7.67	4.11	14.80	10.56	6.42	20.78
	FP	3.18	2.55	6.21	8.67	4.88	18.84	11.85	7.43	25.05

2.5 养分平衡概算

养分平衡概算是根据外源(有机肥和化肥)投入的养分量减去作物吸收移走的养分量进行计算的,其结果见表 8。作物施肥量越高,养分的盈余(或亏缺)越多(或越少)。黄瓜实收产量比目标产量低,施肥量过高,养分盈余比较多;另外黄瓜和番茄因为施用有机肥,养分盈余也比较多。小白菜实收产量比目标产量高,氮素亏缺;施肥量较低的处理钾素呈亏缺状态,如 1/2 (NPK) 和 3/4 (NPK) 处理。(表 8 见 42 页)

3 讨论

3.1 作物连续种植,黄瓜目标产量设计过高,与实收产量结果相差较大时,对下茬茼蒿产量影响较大。

3.2 目标产量高,施肥量过高,土壤中氮素量变化大。

表7 连续四茬蔬菜土壤残留的有效养分含量状况 (毫克/升)

处理	作物	NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
1/2 (NPK)	黄瓜	21.1	2.46	2.58	2168	923	104	25.8	9.0	10.5	15.2	3.1
	茼蒿	7.2	3.41	3.08	2164	1093	131	32.9	10.7	1.0	27.5	2.0
	小白菜	9	2.55	3.00	2034	965	173	28.9	10.9	7.9	18.5	2.1
	番茄	8.9	2.50	2.74	2252	1020	232	28.4	9.7	5.2	16.6	3.4
3/4 (NPK)	黄瓜	20.4	2.20	2.92	2185	902	78	22.8	8.4	11.6	14.0	2.7
	茼蒿	6.2	2.78	3.11	2411	1095	174	31.6	10.5	9.4	19.8	3.4
	小白菜	9.7	2.66	3.43	2026	956	163	29.4	10.9	7.9	18.8	2.0
	番茄	8.1	4.0	2.89	2169	965	213	25.5	9.7	5.3	17.2	3.3
4/4 (NPK)	黄瓜	23.7	2.47	3.06	2144	874	91	25.6	8.6	11.4	15.4	3.3
	茼蒿	6.2	2.86	3.77	2288	988	171	32.4	10.1	8.3	20.8	4.9
	小白菜	9.2	2.35	3.74	2140	950	163	27.3	10.1	7.1	17.6	2.0
	番茄	1.3	2.32	2.89	2139	926	190	32.4	8.8	6.5	15.1	2.9
5/4 (NPK)	黄瓜	22.6	2.31	2.98	2230	865	98	26.6	8.53	10.9	14.3	3.6
	茼蒿	6.2	2.84	5.26	2635	964	168	28.7	10.5	6.1	19.2	11.4
	小白菜	9	2.66	4.09	2218	949	169	28.9	10.8	7.4	17.9	2.0
	番茄	14.2	2.34	3.42	2180	925	164	26.3	9.8	5.2	15.5	2.7
FP	黄瓜	12.6	3.16	4.65	2193	2286	7.9	18.6	8.2	8.8	14.3	2.3
	茼蒿	-	2.76	4.24	2212	906	205	2.8	10.1	1.5	20.1	8.3
	小白菜	10.8	2.50	4.27	2354	943	195	28.7	10.5	8.1	18.8	1.8
	番茄	15.8	2.43	4.33	2224	877	206	27.3	10.5	5.5	17.3	3.0

4 结论

- 4.1 黄瓜最佳施肥处理是1/2NPK、茼蒿最佳施肥处理是5/4NPK、小白菜和番茄最佳施肥处理是NPK。
- 4.2 黄瓜、茼蒿、小白菜和番茄的各施肥管理水平与农民常规施肥对比,增收明显。
- 4.3 作物养分吸收规律与产量、施肥量有关。产量高的处理,它的养分吸收量也高,养分吸收量随施肥量增高而增高。
- 4.4 黄瓜、茼蒿、小白菜和番茄收获后,土壤氮素含量变化较大;P素含量变化不大;K素含量随着施钾量的增加而增加。
- 4.5 养分平衡概算,蔬菜作物施肥量越高,营养养分的盈余越多。

表 8 不同蔬菜不同施肥量的养分平衡状况(公斤/亩)

作物	处理	作物移走			肥料投入			盈余/亏缺		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
黄瓜	1/2 (NPK)	14.2	7.2	16.4	70.6	51.1	39.2	56.4	43.9	22.8
	3/4 (NPK)	12.3	6.1	14.3	86.6	53.6	44.2	74.3	47.5	29.9
	4/4 (NPK)	13.0	6.3	14.4	102.6	56.1	49.2	89.6	49.8	34.8
	5/4 (NPK)	14.5	6.6	15.4	118.6	58.6	54.2	104.1	52.0	38.8
	FP	12.1	5.9	16.3	66.1	57.6	47.2	54.0	51.7	30.9
茼蒿	1/2 (NPK)	3.1	1.0	5.5	6.5	4.0	12.5	3.4	3.0	7.0
	3/4 (NPK)	2.6	1.0	5.6	9.8	6.0	18.8	7.2	5.0	13.2
	4/4 (NPK)	2.8	0.9	6.0	13.0	8.0	25.0	10.2	7.1	19.0
	5/4 (NPK)	3.5	1.1	6.7	16.3	10.0	31.3	12.8	8.9	24.6
	FP	3.4	1.0	5.3	18.4	0	0	15.0	-1.0	-5.3
小白菜	1/2 (NPK)	8.9	3.3	15.1	1.5	4.0	1.0	-7.4	0.7	-5.1
	3/4 (NPK)	9.4	3.4	15.5	2.3	6.0	1.5	-7.1	2.6	-0.5
	4/4 (NPK)	9.2	3.3	13.7	3.0	8.0	2.0	-6.2	4.7	6.3
	5/4 (NPK)	11.5	4.1	17.5	3.8	10.0	2.5	-7.7	5.9	7.5
	FP	10.1	3.3	14.0	0	0	0	-10.1	-3.3	-14.0
番茄	1/2 (NPK)	9.4	6.5	19.0	62.2	75.9	56.1	52.8	69.2	37.1
	3/4 (NPK)	11.2	7.0	21.0	69.8	78.9	61.4	58.6	71.5	40.3
	4/4 (NPK)	10.1	6.7	18.9	77.5	81.9	66.6	67.4	74.7	47.6
	5/4 (NPK)	10.6	6.4	20.8	85.2	84.9	71.9	74.7	77.9	51.0
	FP	11.8	7.4	25.1	69.3	76.3	79.8	57.4	68.9	54.7
总计	1/2 (NPK)	35.6	18.0	56.0	140.8	135.0	117.8	105.2	117.0	61.8
	3/4 (NPK)	35.5	17.5	56.4	168.5	144.5	139.4	133.0	127.0	83.0
	4/4 (NPK)	35.1	17.2	53.0	196.1	154.0	160.8	161.0	136.8	107.8
	5/4 (NPK)	40.1	18.2	60.4	223.9	163.5	182.4	183.8	145.3	122.0
	FP	37.4	17.6	60.7	153.8	133.9	127.0	116.4	116.3	66.3

参考文献:

- [1] 金继运.“精准农业”及其在我国的应用前景.植物营养与肥料学报.1998,4(1):1-7.
- [2] 郑志英.温室蔬菜生产中施肥存在的问题与对策.农业科技与信息,2004,11:20-21
- [3] 周惠珍,龚子同.土壤空间变异性研究.土壤学报.1996,33(3):232-241
- [4] 关铁民.保护地蔬菜管理技术.农业与技术,2006,03:155.
- [5] 高祥照,申眺,郑义等编著.肥料实用手册.中国农业出版社.2004.

河南省潮土供氮能力和小麦合理施氮量研究

李丙奇¹ 孙克刚^[1] 和爱玲¹ 张文明²

(1. 河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所, 郑州, 450002)

(2. 延津县司寨乡平陵村农技站)

摘要: 在潮土生态类型区通过对优质小麦郑麦366 不同施氮量的研究, 结果表明: 每亩施 N 15 公斤、P₂O₅ 5 公斤、K₂O 4 公斤、硫酸锰 2 公斤产量最高, 每亩施 N 15 公斤、P₂O₅ 5 公斤、K₂O 4 公斤利润最高, 收益最大, 锰肥能显著增加小麦产量。通过回归计算得出最高产量施肥量为 17.5 公斤/亩, 小麦产量为 510.5 公斤/亩。最佳产量施肥量为 15.7 公斤/亩, 小麦产量为 508.4 公斤/亩。

关键词: 潮土 优质小麦适 供氮能力适 合理施氮量

氮、磷、钾肥料对提高小麦单产起到了重要作用, 但随着施肥量的增加, 肥料利用率降低、经济效益下降等问题日益突出, 确定适宜的氮肥用量是小麦高产优质高效栽培的重要措施。本试验在高产条件下设置不同的施氮量处理, 通过高效土壤养分测试技术 (Asi 测定方法) 了解潮土对小麦的供氮能力, 建立基于土壤碱溶有机质、速效氮为基础的氮素推荐施肥模型。本研究由国际植物营养研究所 (IPNI) 北京办事处资助。

1 材料与与方法:

试验设在潮土类型区的延津县平陵村。土壤类型为潮土, 土壤养分状况见表 1。试验设 6 个处理, 见表 2。供试作物为优质小麦品种郑麦 366, 播种量为 7.5 公斤/亩。

表 1 试验地土壤养分基本状况

地点	土壤类型	实验室编号	pH	OM	NH ₄ -N NO ₃ -N P			K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
				(%)	(毫克/升)											
延津平陵	潮土	BBQIR10	8.42	0.46	13.7	11.5	24.9	130.5	2111.6	291.6	43.5	13.9	2.1	16.6	1.6	1.07

表 2 试验处理 (公斤/亩)

处理	N		P ₂ O ₅	K ₂ O	硫酸锰
	底肥	追肥 (拔节前)	底肥	底肥	底肥
1	氮 ₀ 磷 ₀ 钾 ₀	0	0	0	0
2	氮 ₉ 磷 ₅ 钾 ₄	6	3	4	0
3	氮 ₁₂ 磷 ₅ 钾 ₄	6	6	4	0
4	氮 ₁₅ 磷 ₅ 钾 ₄	7	8	4	0
5	氮 ₁₈ 磷 ₅ 钾 ₄	8	10	4	0
6	氮 ₁₅ 磷 ₅ 钾 ₄ 硫酸锰 ₂	7	8	3	4

[1] 本项研究由 IPNI 北京办事处资助。

试验小区面积 20.3 平方米，重复三次，各小区随机排列。田间管理按丰产田要求，所有小区耕作、浇水等管理措施一致，并记载生物学性状。小区之间设畦埂，重复处理之间设走道。试验按小区单收，折算成公顷产，并用多重比较(LSD 法)进行差异显著性检验。播种前取土壤样品送中国农业科学院区划所中加合作土壤植物样品分析实验室分析。氮肥用尿素(46%)、磷肥用过磷酸钙(12%)、钾肥用加拿大产氯化钾(60%)。

2 结果与分析

2.1 不同施肥对优质小麦产量的影响

新乡市延津县司寨乡平陵村小麦氮素用量试验结果经方差分析，F 值达到 5% 和 1% 显著水平。在 5 个不施锰处理中以 N₁₅P₅K₄ 处理产量最高，达 503.3 公斤/亩，其利润第 1 为 717.9 元/亩，产投比 9.2，生物产量是最高 1082.2 公斤/亩，经济系数为 0.47，产量与其他各个处理相比达到 5% 和 1% 显著水平。其次为 N₁₈P₅K₄ 处理，产量达 489.7 公斤/亩，利润是 684.9 元/亩，产投比 7.9，生物产量为 1057.7 公斤/亩，经济系数为 0.46。N₉P₅K₄ 处理，产量达 480 公斤/亩，其利润为第 2 位 691.4 元/亩，产投比为 10.1，生物产量是第 3 位 1036.8 公斤/亩，经济系数为 0.46。N₉P₅K₄ 处理产量为 458.2 公斤/亩，其利润为第 4 位 667.8 元/亩，产投比为 11.2，生物产量是 994.3 公斤/亩，经济系数为 0.46，不施肥处理产量为 328.3 公斤/亩。

N₁₅P₅K₄Mn₂ 处理与 N₁₅P₅K₄ 处理相比 F 值达到 5% 和 1% 显著水平，产量增加 8.7 公斤/亩，利润降低 26.2 元/亩，产投比 6.4，生物产量是 1100.8 公斤/hm²，经济系数为 0.47。可见，增施锰肥使小麦产量提高达到极显著水平，效果明显。但是增施锰肥的成本较大，利润反而有所下降。

小麦产量随氮肥施用量的增加而增加，而后随氮肥施用量的增加产量又有所下降。氮肥施用水平分别为 9 公斤/亩、12 公斤/亩、15 公斤/亩和 18 公斤/亩；小麦的产量分别为：458.2 公斤/亩、480 公斤/亩、503.3 公斤/亩、489.7 公斤/亩。每公斤氮素增产小麦为：14.4 公斤、12.6 公斤、11.4 公斤和 8.9 公斤。

表 3 优质小麦郑麦 366 籽粒产量与效益分析

施肥处理				产量 平均	显著性		减产		经济分析				产投 比	生物 产量	经济 系数
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MnSO ₄		5%	1%	公斤	%	产值	肥料成本与最佳差	比				
0	0	0	0	328.3	f	F	175.0	34.8	525.33	0	193	—	722	0.45	
9	5	4	0	458.2	e	E	45.1	9.0	733.13	65	50	11.2	994	0.46	
12	5	4	0	480.0	d	D	23.3	4.6	768.00	76	26	10.1	1037	0.46	
15	5	4	0	503.3	b	B	—	—	805.33	88	—	9.2	1082	0.47	
18	5	4	0	489.7	c	C	13.7	2.7	783.47	99	33	7.9	1058	0.46	
15	5	4	2	512.0	a	A	8.67	1.7	819.20	128	26	6.4	1101	0.47	

价格(元·公斤⁻¹) N 3.7、P₂O₅ 3.2、K₂O 4.0、小麦 1.60

2.2 优质小麦氮肥用量效应函数的建立及施肥量推荐：

由小麦产量和氮肥施用量通过回归计算出氮肥用量和小麦产量的回归效应方程：

$$Y = 330.96 + 20.525 \cdot N - 0.0782 \cdot N^2 \quad r = 0.9940^{**}$$

由方程计算出最高产量施肥量为 17.5 公斤/亩, 小麦产量为 510.5 公斤/亩。最佳产量施肥量为 15.6 公斤/亩, 小麦产量为 508.3 公斤/亩。最佳产量施肥量 15.6 公斤/亩, 比最高产量施肥量 17.5 公斤/亩, 每亩施肥量减少 1.9 公斤/亩, 每公斤氮肥价格为 3.7 元, 每亩少投入 7.03 元。而最高施肥量产量进仅比最佳施肥量增产 2.2 公斤, 小麦价格每公斤 1.6 元, 增加效益为每亩 3.52 元, 远比每亩肥料投入要少。因此, 本地氮肥用量推荐为 15.6 公斤/亩较为合适。又经济又增产。

2.3 不同施肥对小麦经济性状的影响:

从经济性状调查来看, 生育期全程不施氮肥处理的成穗数、穗粒数明显偏低。随着施氮量的增加, 株高、穗长、亩穗数、穗粒数和千粒重都有增加的趋势。施氮与不施氮在分蘖上有很大的差别, 同时施氮时氮量不同在分蘖上亦有差别。

表 4 经济性状调查表

处理	冬前分蘖 万/亩	最大分蘖 万/亩	株高 厘米	穗长 厘米	亩穗数 万/亩	穗粒数 粒/穗	千粒重 克
氮 ₀ 磷 ₀ 钾 ₀	31.9	48.4	60.2	6.2	3.5	27.9	34.3
氮 ₉ 磷 ₅ 钾 ₄	44.2	65.5	71.4	7.5	41.7	29.1	37.5
氮 ₁₂ 磷 ₅ 钾 ₄	45.4	68.7	73.8	8.0	43.6	30.9	38.3
氮 ₁₅ 磷 ₅ 钾 ₄	46.2	70.1	76.8	8.3	45.2	31.9	39.1
氮 ₁₈ 磷 ₅ 钾 ₄	47.4	71.0	76.6	8.4	45.2	31.9	39.0
氮 ₁₅ 磷 ₅ 钾 ₄ 硫酸锰 ₂	47.3	70.5	76.8	8.3	45.2	31.9	39.1

3 小结

3.1 小麦产量随氮肥施用量的增加而增加, 而后随氮肥施用量的增加产量又有所下降。

3.2 氮肥施用水平分别为 9 公斤/亩、12 公斤/亩、15 公斤/亩和 18 公斤/亩; 小麦的产量分别为: 458.2 公斤/亩、480 公斤/亩、503.3 公斤/亩、489.7 公斤/亩。每公斤氮素增产小麦为: 14.4 公斤、12.6 公斤、11.4 公斤和 8.9 公斤。

3.3 由回归效应方程, 计算得出氮素最高产量施肥量为 17.5 公斤/亩, 小麦产量为 510.5 公斤/亩。最佳产量施肥量为 15.6 公斤/亩, 小麦产量为 508.3 公斤/亩。

3.4 增施锰肥使小麦产量提高达到极显著水平, 效果明显。但是增施锰肥的成本较大, 利润反而有所下降。

参考文献:

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

[2] 王义芳, 梅桂芳, 丁波, 张青. 氮肥不同用量对小麦产量和效益的影响. 现代农业科技, 2007, 18: 99-

100

[3] 路开梅, 史学礼. 氮肥用量及施用期对强筋小麦产量和品质的影响. 河南科技学院学报, 2008, 3.



冬季马铃薯氮磷钾施肥效应及其适宜用量研究

章明清 林琼 颜明娟 李娟 陈子聪

(福建省农业科学院土壤肥料研究所, 福州, 350013)

摘要: 通过田间试验研究冬季马铃薯氮磷钾施肥效应和适宜用量。结果表明, 施用氮磷钾平均分别增产 63.1%、12.0% 和 30.9%, 增产效果是 $N > K > P$; 不同土壤肥力等级的氮磷钾肥增产幅度与土壤速效养分含量呈负相关关系; 氮磷钾推荐施用量平均分别为 N 16.7 公斤/亩、 P_2O_5 7.2 公斤/亩和 K_2O 19.2 公斤/亩, 比例为 1:0.43:1.15。但不同土壤肥力等级的适宜用量有一定差异, 与土壤速效养分水平有关。

关键词: 马铃薯; 土壤; 氮磷钾; 施肥效应; 适宜用量

马铃薯既是粮食作物, 又是蔬菜作物或休闲食品。近年来, 随着人民生活水平的提高, 这种营养价值高的食品越来越受人们的青睐, 市场潜力很大。2006 年, 福建种植冬季马铃薯面积已达 7.97 万公顷, 但平均鲜重产量只有 17.2 吨/公顷, 远不及荷兰、英国、美国、法国等国家的水平, 品质也不高。因此, 在种植面积不断增加的情况下如何提高马铃薯的产量具有重要的意义。合理施肥是提高马铃薯产量和商品率的重要生产技术措施。为此, 近年来结合测土配方施肥技术, 在闽东南马铃薯主产区设置了多点氮磷钾肥料效应和适宜量田间试验, 这些试验结果反映了试验区域内不同土壤肥力水平下的施肥效应。对多年多点田间肥料试验结果进行科学汇总, 可为区域施肥决策提供依据^[1-3]。本文对福建马铃薯在不同肥力水平和土壤类型的氮磷钾施肥效应、适宜用量进行探讨, 以为马铃薯测土配方施肥技术提供依据。

1 材料与方法

试验设计主要采用 o.p.t. 设计和“3414”设计 2 种。o.p.t. 设计共有 5 个处理, 即 (1) 不施肥; (2) 平衡施肥 (NPK); (3) 不施氮肥 (PK); (4) 不施磷肥 (NK); (5) 不施钾肥 (NP)。3 次重复, 随机区组排列, 小区面积 20 平方米。推荐施肥量分别为 N 15、 P_2O_5 6、 K_2O 18 公斤/亩。“3414”试验设计为氮磷钾各 4 个水平, 14 个处理, 即 (1) $N_0P_0K_0$; (2) $N_0P_2K_2$; (3) $N_1P_2K_2$; (4) $N_2P_2K_2$; (5) $N_2P_1K_2$; (6) $N_2P_2K_2$; (7) $N_2P_3K_2$; (8) $N_2P_2K_0$; (9) $N_2P_2K_1$; (10) $N_2P_2K_3$; (11) $N_3P_2K_2$; (12) $N_1P_1K_2$; (13) $N_1P_2K_1$; (14) $N_2P_1K_1$ 。其中, “2”水平的推荐施肥量如上所述, 但可根据试验地土壤肥力状况和产量水平进行适当调整, 其它处理按比例增减。“0”水平表示不施肥, “1”水平的用量为“2”水平的 50%, “3”水平的用量为“2”水平的 150%。试验采用多点分散不设重复的试验方法, 区组排列, 小区面积 25 平方米。部分试验点采用“3414”部分实施方案, 即由处理 (1)、(2)、(4)、(6) 和 (8) 组成 5 个处理, 3 次重复。同安区的一个试验采用氮钾二因素 3×3 设计方案, 在施用 P_2O_5 4 公斤/亩的基础上, 氮素 (N) 3 水平分别是 0、12、16 公斤/亩, 钾素 (K_2O) 3 水平分别是 0、12、20 公斤/亩, 其余试验方法与 o.p.t. 试验相同。

肥料分别选用尿素、过磷酸钙和氯化钾。磷肥全部做基肥施用, 氮钾肥按基肥、追肥各占 50% 施用, 其中追肥分壮苗肥 (占追肥 60%) 和现蕾肥 (占追肥 40%)。基肥在犁畦时挖条沟将所有的肥料混合均匀施于畦中下部, 然后整畦; 壮苗肥在出苗率达 60% - 70% 时结合中耕除草将所施的肥料兑水浇施; 现

薯肥在现蕾初花期结合中耕除草采用行间条沟施后培土。11 月中旬薯块播种，翌年 3 月下旬收获，全生育期约 130 天。供试甘薯品种选用当地大面积种植的良种。其他管理措施与大田相同。试验收获时，每个小区单收单称，记录鲜薯重量。

试验地选择在福建马铃薯主产区的长乐市、南安市、厦门同安区和龙海市的稻田土壤和旱地土壤。田间试验在实施前，各取一个混合基础土样，按常规方法^[5]测定供试土壤速效氮磷钾含量。在 15 个试验中，供试土壤有机质含量为 0.41 - 3.27%，pH 为 5.0 - 7.1；碱解氮、有效磷和速效钾的变化幅度分别为 4.4 - 15.0 毫克/公斤、9.8 - 50.4 毫克/公斤和 3.6 - 14.6 毫克/公斤。

2 结果与分析

2.1 氮磷钾施肥效应

2.1.1 不同土壤肥力水平的增产效果 根据近年来完成的 15 个田间试验，结果表明，无肥区的平均产量为 909.9 公斤/亩，只有氮磷钾平衡施肥区产量的 50.8%，说明施肥对马铃薯具有显著的增产作用；氮、磷、钾肥平均分别增产 63.1%、12.0% 和 30.9%，增产效果是 N > K > P。与水稻的增产效果一致^[5]。

按无肥区产量结果，将土壤肥力分为高、中、低 3 个等级，即无肥区产量高于 1000 公斤/亩为高肥力水平，相应的基础土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量平均分别为 94.1、22.0、64.0 毫克/公斤；在 500 - 1000 公斤/亩为中等肥力水平，基础土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量平均分别为 89.6、30.9、84.4 毫克/公斤；产量低于 500 公斤/亩则为低肥力水平，相应的基础土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量平均分别为 80.0、29.5、92.5 毫克/公斤。表 1 的统计结果表明，不同土壤肥力等级的氮磷钾肥平均增产效果有明显差异，与土壤速效氮磷钾平均含量有关，例如，低肥力等级土壤碱解氮含量最低，氮肥增产效果最高，但土壤有效磷和速效钾含量较高，磷钾肥的增产幅度较低。因此，氮肥优先用于低肥力土壤，磷钾肥优先用于中高肥力土壤，可发挥最大的增产作用。

表 1 不同土壤肥力水平的氮磷钾增产效果

无肥区产量 (公斤/亩)	试验 数	N - P ₂ O ₅ - K ₂ O (公斤/亩)	产量 (公斤/亩)					增产效果 (%)		
			N ₀ P ₀ K ₀	N ₂ P ₂ K ₂	N ₂ P ₀ K ₂	N ₀ P ₂ K ₂	N ₂ P ₂ K ₀	N	P	K
> 1000	7	15.4-6.0-18.1	1283.7	2081.7	1446.9	1819.3	1534.3	43.9	14.4	35.6
500 - 1000	5	15.0-6.0-20.0	777.9	1643.4	1002.7	1467.3	1237.9	63.9	12.0	32.8
< 500	3	15.7-7.9-18.1	257.8	1365.2	446.7	1308.9	1200.6	20.5	4.3	13.7
平均	15	15.4-6.5-18.7	909.9	1792.3	1098.8	1599.9	1368.7	63.1	12.0	30.9

2.1.2 不同土壤类型的增产效果 在 15 个试验中，供试土属分别为灰泥田、黄泥田、潮沙田和赤沙土。供试土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量，灰泥田平均分别为 103.0、28.3、97.9 毫克/公斤，黄泥田平均分别为 89.5、31.9、67.5 毫克/公斤，潮沙田平均分别为 133.1、35.0、57.0 毫克/公斤，赤沙土则平均分别为 63.0、27.3、53.0 毫克/公斤。试验结果表明，赤沙土和黄泥田的碱解氮含量较低，氮肥增产效果较灰泥田和潮沙田的高，分别达到 56.4% 和 83.0%；4 种供试土属的速效钾含量均属于中等偏低，钾肥对马铃薯均有显著增产效果，尤其是赤沙土的速效钾含量较低，钾肥增产效果最高，达到 44.5%。尽管灰泥田、黄泥田和赤沙土的土壤有效磷含量较高，但冬季马铃薯施用磷肥有明显的增

产效果,可能是由于冬春季节气温较低,同时磷素在土壤中的迁移较慢,影响了对作物的有效性,使增施磷肥有显著增产作用。但潮沙田有效磷高,且土壤对磷的吸附固定能力低于其它土壤,因而增产幅度最低。

表 2 不同土壤类型的氮磷钾增产效果

土属	试验数	N - P ₂ O ₅ - K ₂ O (公斤/亩)	产量 (公斤/亩)				增产效果 (%)			
			N ₀ P ₀ K ₀	N ₂ P ₂ K ₂	N ₀ P ₂ K ₂	N ₂ P ₀ K ₂	N ₂ P ₂ K ₀	N	P	K
灰泥田	6	13.5-2-16	994.5	1748.0	1145.7	1497.1	1523.9	52.6	16.8	14.7
黄泥田	5	14.6-17.4	801.2	1898.1	1037.3	1750.7	1552.5	83.0	8.4	22.3
潮沙田	2	20-10.4-26.6	955.2	1416.1	907.8	1370.8	1259.7	56.0	3.3	12.4
赤沙土	2	17.5-8-22.5	883.0	2037.2	1302.8	1710.1	1409.9	56.4	19.1	44.5

2.2 氮磷钾肥对薯块大小的影响

薯块大小影响马铃薯的商品价值。厦门同安区灰沙田不同氮钾肥用量试验结果(表 3)表明,在基础土壤碱解氮 120.8 毫克/公斤和速效钾 52.0 毫克/公斤的土壤上,氮钾肥不同用量与对照区相比,都有显著水平的增产效果(表 3)。考种结果表明,在氮钾肥试验用量范围内,单株马铃薯的大薯重量随着氮肥或钾肥用量的增加而明显提高,且以处理(6)、(8)和(9)的单株大薯重量最大,分别占总重量的 8.4%、9.0.2% 和 9.1.8%。因此,适宜的氮钾肥用量不仅提高马铃薯产量,而且明显增加大薯所占比重,提高了马铃薯的商品价值。

表 3 氮钾肥不同用量对薯块大小的影响

处理号	施肥量 (公斤/亩)			产量 (公斤/亩)	薯块重量 (公斤/个)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		大薯	中薯	小薯
1	0	4	0	393 f	0.048	0.026	0.024
2	0	4	12	579 e	0.077	0.042	0.025
3	0	4	20	689 d	0.113	0.033	0.021
4	12	4	0	1241 c	0.275	0.024	0.008
5	12	4	12	1527 b	0.347	0.019	0.012
6	12	4	20	1802 a	0.411	0.038	0.016
7	16	4	0	1578 b	0.343	0.033	0.017
8	16	4	12	1864 a	0.404	0.035	0.009
9	16	4	20	1810 a	0.424	0.028	0.010

注:数据后面的不同字母表示差异达 5% 显著水平;根据当地收购标准,单个薯块重量大于 100 克为大薯,50-100 克为中薯,小于 50 克为小薯。

2.3 氮磷钾适宜用量

氮磷钾适宜施用量是测土配方施肥技术的核心内容之一。为获得马铃薯氮磷钾最佳施肥量,根据

9 个完全实施方案的田间试验结果,按表 1 的高、中、低土壤肥力等级进行归类统计,每个土壤肥力等级各完成了 3 个田间试验。根据各土壤肥力等级内的试验点,求各相同处理的平均产量,用三元二次多项式回归建模,结果如下:

高肥力等级土壤: $Y = 1125.6 + 3.446N + 3.265P + 0.979K - 0.00083N^2 - 0.0023P^2 - 0.00022K^2 + 0.00128NP + 0.00014NK + 0.00031PK, R^2 = 0.9284^*$

中肥力等级土壤 $Y = 785.6 + 3.565N + 5.916P + 2.530K - 0.00098N^2 - 0.00149P^2 - 0.00040K^2 + 0.00042NP + 0.00063NK - 0.00063PK, R^2 = 0.9891^{**}$;

低肥力等级土壤: $Y = 278.4 + 5.579N + 1.186P + 1.307K - 0.00073N^2 - 0.00056P^2 - 0.00011K^2 + 0.00034NP + 0.00003NK + 0.000015PK, R^2 = 0.9236^*$;

回归分析表明,3 个回归模型均达到统计显著水平。对各个回归方程进行典型性判别分析^[6],表明高、中肥力等级土壤的回归模型为典型式,低肥力等级土壤为极值外推的非典型式。以每公斤 N 4.3 元、P₂O₅ 5 元、K₂O 4 元和鲜薯 1.0 元市场价计,对典型肥效模型采用边际产量导数法求经济施肥量。对非典型肥效模型则采用产量频率分析法^[7],并以处理 (6) 的试验产量的 0.95 倍为基准,寻找产量大于该处理的各个氮磷钾组合,然后计算这些组合的平均氮磷钾用量,作为推荐用量。结果如表 4。

结果表明,马铃薯氮磷钾的平均推荐施用量为 N 16.7 公斤/亩、P₂O₅ 7.2 公斤/亩和 K₂O 19.2 公斤/亩,三要素比例为 1:0.43:1.15,预计产量为 1753.6 公斤/亩。但不同肥力等级土壤的最佳施肥量有一定的差异,与不同肥力等级的基础土壤速效养分含量有一定的相关性,如低肥力等级土壤碱解氮含量最低,经济施氮量最高;高肥力等级土壤有效磷和速效钾含量最低,磷钾肥推荐用量最高。因此,氮磷钾平均推荐用量可为马铃薯配方肥生产提供依据,不同土壤肥力等级的最佳用量可起到因土施肥的作用。

表 4 不同土壤肥力等级的氮磷钾推荐用量

土壤肥力等级	经济施肥量 (公斤/亩)			预计产量 (公斤/亩)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
高	16.1	8.3	19.6	1952.3
中	16.4	6.3	19.4	1924.5
低	17.7	7.1	18.5	1383.9

参考文献:

[1] 王兴仁, 陈伦寿等. 分类回归综合法及其在区域施肥决策中的应用[J]. 土壤通报, 1989, 1: 17-21

[2] 杨守春, 陈伦寿等. 黄淮海平原主要作物优化施肥和土壤培肥研究总论. 黄淮海平原主要作物优化施肥和土壤培肥技术[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1991, 1-26.

[3] Cowell J. D. The derivation of fertilizer recommendations for crop in non-uniform environment: Fertilizer[J]. Crop Quality and Economy. 1974, 936-961.

[4] 全国农业技术推广服务中心编. 测土配方施肥技术规范[M]. 2006.

[5] 鲁如坤主编. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.

[6] 章明清, 林仁勋, 林代炎. 极值判别分析在三元肥效模型推荐施肥中的作用[J]. 福建省农科院学报, 1995, 10(2): 54-59.

[7] 戴树荣. 南安市丘陵旱地甘薯氮磷钾适宜配比的研究[J]. 土壤肥料, 2003, 4: 13-16.

磷钾肥配合施用对油菜产量、经济效益及养分吸收的影响

邹娟¹ 鲁剑巍¹ 李银水¹ 李小坤¹ 陈防^{2, 3}

¹ 华中农业大学资源与环境学院, 湖北 武汉 430070;

² 国际植物营养研究所武汉办事处, 湖北 武汉 430074;

³ 中国科学院武汉植物园, 湖北 武汉 430074

摘要: 利用大田试验研究了磷肥、钾肥及其配合施用对油菜生长、产量、经济效益及养分吸收的影响。结果表明, 在土壤既缺磷又缺钾的条件下, 磷、钾肥配施显著地促进油菜生长, 油菜籽产量是对照处理 (NB) 的 5.71 倍, 油菜对 N、P、K 养分的吸收量分别提高 3.54 倍、9.64 倍和 5.43 倍, 纯收益增加 254.3 元/亩, 产投比为 5.68。在对照基础上单施磷肥或钾肥, 其增产增收效果有限, 甚至出现减产减收的现象。磷钾肥配合施用对油菜生长和产量具有明显的正交互作用, 籽粒产量正交互作用达 62.5 公斤/亩, 同时明显地提高肥料利用率。

关键词: 油菜; 磷肥; 钾肥; 交互作用

湖北省是我国油菜生产大省, 其种植面积和产量在全国均居第一。随着优质高产油菜品种的推广应用, 肥料在增产增收中的作用越来越重要。然而, 近年来的调查结果表明, 全省油菜施用氮、磷和钾肥的平均用量分别为 10.7 公斤 N/亩、3.5 公斤 P₂O₅/亩和 2.3 公斤 K₂O/亩, 氮磷钾施用比例为 1:0.33:0.21。以上数据表明, 在油菜的养分管理中, 磷、钾肥施用量不足和比例不平衡的现象非常普遍, 而大量研究结果显示, 油菜对磷、钾等多种营养元素敏感且需求量较大。为进一步探讨磷、钾肥及其配合施用对油菜生长、产量、经济效益及养分积累的影响, 我们在湖北省油菜主产区进行了油菜施用磷、钾肥试验, 本文是部分研究结果, 希望能为指导油菜合理施肥提供依据,

1 材料与方法

供试油菜品种为中双 4 号, 2006 年 9 月 28 日播种, 11 月 14 日移栽大田, 次年 5 月 2 日收获。

试验布置在鄂东南蕲春县杨畈村, 试验地土壤为花岗片麻岩母质发育水稻土, 土壤质地偏砂。试验地基本农化性状为: 土壤 pH 值 4.8, 有机质 27.8 克/公斤, 碱解氮 (N) 61.5 毫克/公斤, 速效磷 (P) 9.2 毫克/公斤, 速效钾 (K) 49.1 毫克/公斤, 有效硼 (B) 0.17 毫克/公斤。

试验设 4 个施肥处理, 分别为 (1)NB, (2)NPB, (3)NKB, (4)NPKB。各种养分施用量分别为: N 12 公斤/亩, P₂O₅ 6 公斤/亩, K₂O 8 公斤/亩, 硼砂 1 公斤/亩。氮、磷、钾肥料品种分别为尿素 (含 N 46%), 过磷酸钙 (含 P₂O₅ 12%), 氯化钾 (含 K₂O 60%)。氮肥 2/3 作基肥, 1/3 作苗肥; 其他肥料在油菜移栽时全部作基肥一次性施用。小区面积 20 平方米, 各处理 4 次重复, 随机区组排列。

油菜成熟时 (5 月 1 日) 按每小区随机抽取 5 株植株进行考种, 考种内容包括测定株高、一级分枝高, 一级分枝数, 每株荚角数、每荚粒数和千粒重。收获期分别取各处理的籽粒和茎秆测定 N、P、K 含量。植物 N、P、K 含量测定采用浓 H₂SO₄-HClO₄ 消煮, 再分别用开氏蒸氮、钼蓝比色、火焰光度计测定。产量按各小区实产计量, 分别计生物学总产量和籽粒产量。

2 结果与分析

2.1 对油菜生长的影响

以施用氮、硼肥(处理 N_B)为对照,在施用 N_B 基础上增施磷肥(N_{PB})对油菜生长产生明显的影响,例如株高增加11.2%,一级分枝数增加60%,单株荚角数增加1.35倍,籽粒千粒重提高9.8%;在 N_B 基础上增施钾肥(N_{KB}),油菜生长状况与对照相比基本没有变化,有部分指标甚至比对照还低。在 N_B 基础上同时增施磷、钾肥(N_{PKB}),油菜生物学性状改善显著,与 N_B 处理相比, N_{PKB} 处理油菜株高提高58.7%,一级分枝数增加1.12倍,荚角数增加3.6倍,千粒重增加47.6%。试验结果表明,磷钾肥配施对油菜生长具有明显的正交互作用(表1)。

另外,在本试验中,磷肥施用对油菜一级分枝部位产生明显的影响,未施磷肥的两个处理 N_B 和 N_{KB} 的一级分枝部位分别位于株高的31.5厘米和36.9厘米处,即第一个分枝分别出现在整个株高的35%和41%处,而施磷处理 N_{PB} 和 N_{PKB} 的一级分枝部位分别位于株高的29.4厘米和40.5厘米处,即第一个分枝分别出现在整个株高的30%和29%处,未施磷肥的油菜第一分枝出现的相对位置明显高于施磷处理。由于不同施肥处理的油菜一级分枝分布密度基本相当,例如 N_B 处理的一级分枝平均分布密度为23.1厘米/枝(用株高与一级分枝高的差除一级分枝数), N_{PB} 、 N_{KB} 和 N_{PKB} 的密度分别为17.5厘米/枝、18.6厘米/枝和19.1厘米/枝,因而施磷处理的分枝数显著多于不施磷处理。

表1 磷钾配施对油菜生物学性状的影响

处理	株高 (厘米)	一级分枝高 (厘米)	一级分枝数 (个/株)	荚角数 (个/株)	每角粒数 (个)	千粒重 (克)
N_B	89.3 c	31.5 b	2.5 c	50.4 c	54.7 a	2.96 b
N_{PB}	99.3 b	29.4 b	4.0 b	118.5 b	33.6 b	3.25 b
N_{KB}	89.1 c	36.9 a b	2.8 c	42.0 c	33.3 b	3.05 b
N_{PKB}	141.7 a	40.5 a	5.3 a	231.8 a	31.4 b	4.37 a

注: a、b、c 代表5%水平的显著性,下同

2.2 对油菜籽产量的影响

油菜籽产量结果表明,在 N_B 处理基础上施用钾肥(N_{KB})不但未增产反而减产;尽管增施磷肥(N_{PB})油菜籽产量比 N_B 处理高31.1公斤/亩,但产量很低,只有50.4公斤/亩。磷钾肥配合施用(即 N_{PKB} 处理)时,油菜籽产量大幅度提高,其产量分别是 N_B 处理的5.71倍、 N_{PB} 处理的2.18倍、 N_{KB} 处理的6.67倍,磷钾肥配施取得显著的增产效果,在油菜籽产量上磷钾肥交互作用达62.5公斤/亩(表2)。

磷、钾肥施用对油菜茎秆产量的影响具有相同的趋势(表2)。试验结果还表明,磷肥的施用对油菜籽的经济系数产生明显的影响,施磷处理(N_{PB} 和 N_{PKB})的籽粒产量与茎秆产量比明显高于不施磷处理,其中以 N_{PKB} 处理最高。

2.3 对经济效益的影响

表3结果表明,在 N_B 处理基础上,仅增施磷肥可以产生一定的经济收益,但其量有限,而仅增施钾肥导致减产减收,只有磷钾肥配合施用才能大幅度增加收益,与对照相比净增收入达254.3元/亩,

施肥的经济效益非常显著。

表 2 磷钾肥施用对油菜产量的影响

处理	籽粒产量 (公斤/亩)	相对值 (%)	茎秆产量 (公斤/亩)	相对值 (%)	籽粒/茎秆比
N B	19.3 c	100	42.6 c	100	0.45
N P B	50.4 b	261.1	95.2 b	223.5	0.53
N K B	16.5 c	85.5	37.5 c	88.0	0.44
N P K B	110.1 a	570.5	195.0 a	457.7	0.57

表 3 磷钾肥配合施用的经济效益分析

处理	产出 (元/亩)	增加收入 (元/亩)	增加养分投入 (元/亩)	净收入 (元/亩)	产投比 V C R
N B	65.6	-	-	-	-
N P B	171.4	105.7	25.0	80.7	4.23
N K B	56.1	-9.5	29.4	-38.9	-
N P K B	374.3	308.7	54.4	254.3	5.68

注：过磷酸钙为 0.5 元/公斤，氯化钾为 2.2 元/公斤，油菜籽价格为 3.4 元/公斤

2.4 对油菜养分积累量的影响

对收获期油菜籽粒和地上部带走的氮、磷、钾养分量进行计算，结果表明，无论是籽粒还是整个地上部，N P K B 处理所吸收利用的养分量均明显高于其他处理，说明磷、钾肥的配合施用极大地提高了肥料利用率。以氮素的吸收量为例，在同等氮肥投入情况下，N P K B 处理的油菜地上部氮素积累量分别比 N B、N P B、N K B 高 2.97 公斤/亩、2.16 公斤/亩和 3.16 公斤/亩（表 4）。

表 4 磷钾肥施用对油菜地上部养分积累养分的影响

处理	N 吸收量(公斤/亩)		P ₂ O ₅ 吸收量(公斤/亩)		K ₂ O 吸收量(公斤/亩)	
	籽粒	地上部总和	籽粒	地上部总和	籽粒	地上部总和
N B	0.52	0.84	0.18	0.21	0.19	1.14
N P B	1.07	1.65	0.72	1.07	0.51	2.70
N K B	0.39	0.65	0.09	0.12	0.18	1.23
N P K B	2.64	3.81	1.92	2.27	1.18	7.30

3 讨论

在我国油菜主产区，磷肥和钾肥的施用是油菜生产中常规的管理措施，过去在这方面也进行过大量的研究，该技术也曾进行过大面积的推广应用。然而，近年来由于种种原因诸如油菜种植面积不断

扩大、有机肥施用减少、前几年农产品的价格低下、农业技术推广与农化服务滞后等，在油菜生长中忽视平衡施肥的现象带有一定的普遍性。在油菜生产过程中肥料投入占总投入的比例较大，但如在生产前期不进行必要的肥料投入则会导致减产减收，本试验已充分地说明了这一点。

本研究在大田条件下，磷、钾肥配合施用对油菜生长、产量、养分吸收等产生明显的正交互作用，可能与供试土壤既严重缺磷又严重缺钾有关。我国油菜主产区域存在大面积既缺磷又缺钾的耕地，以湖北省耕地为类，估计缺磷和缺钾耕地均各占 $3/4$ 左右，而油菜对磷和钾肥均敏感，现在大面积推广应用的优质高产油菜品种对磷、钾等养分的需求量均较高，因此在油菜生产中应切实实施平衡施肥技术。

本研究结果清楚地说明，任何不平衡施肥措施（缺磷、缺钾或同时缺磷和钾）将导致肥料（尤其是氮肥）利用率下降、投入的资金浪费、甚至对环境的负面影响。同时本研究还说明，尽管导致我国农业生产中肥料利用率低有多方面原因，其中施肥的不平衡无疑是重要原因。因此，无论是从产量、经济效益，还是肥料利用率角度出发，研究和推广平衡施肥技术刻不容缓。



河南省不同土壤类型小麦平衡施肥研究^[1]

孙克刚¹ 李丙奇¹ 和爱玲¹ 杨占平¹ 张文明²

(1. 河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所, 郑州, 450002)

(2. 河南省新乡市延津县司寨乡平陵村, 453212)

摘要: 河南省三大土壤类型区氮磷钾平衡施肥对优质小麦郑麦366的增产作用不同: 从试验结果看, 在三大土壤类型区(褐土、潮土、砂姜黑土), 氮磷钾平衡施肥均能提高小麦产量, 限制小麦产量的主要因子, 氮素是第一位、磷素是第二位、钾素是第三位。砂姜黑土区每公斤氧化钾增产9.0公斤小麦和8.2公斤小麦, 潮土区每公斤氧化钾增产10.9公斤小麦。褐土区每公斤氧化钾增产8.1公斤小麦, 同时在平衡施肥时, 潮土区小麦产量最高为583公斤/亩, 其次为褐土区产量为559公斤/亩, 砂姜黑土区产量最低为508公斤/亩和535公斤/亩。

关键词: 优质小麦 郑麦366 平衡施肥 土壤类型

河南省位于我国中东部, 黄河中下游, 黄淮海大平原的西南部。河南省是一个农业大省, 全省面积16~17万平方公里, 其中耕地面积720万公顷。农村人口占全省总人口的85.9%, 农村社会总产值占全省社会总产值的54.1%, 以农产品为原料的轻工业产值的比重为78.8%, 农业的基础地位显得尤为重要。河南省的地势基本上是西高东低。流经河南省境内的河流有黄河、淮河、海河、长江四大水系。气候处于暖温带和亚热带交错的边缘地区, 气候具有明显的过渡性特征。全省年平均气温为12.8~15.5℃, 7月最热, 月平均气温为27~28℃, 1月最冷, 月平均气温为-2~2℃。年降水量从北到南大致为600~1200毫米之间。全省农作物多为一年两熟。主要以小麦、水稻、棉花、大豆、花生、芝麻、油菜、烟叶等为主。全省农作物总播种面积为1419万公顷, 其中粮食播种面积达930万公顷, 占68.7%; 油料作物播种面积为155万公顷, 占11.4%; 棉花播种面积80万公顷, 占5.9%。粮食作物中小麦播种面积为501万公顷, 占总播种面积的35.3%, 占粮食作物播种面积的54.5%, 玉米播种面积为258万公顷, 占总面积为18.2%, 占粮食面积的24.4%。各种作物平均产量分别为: 小麦5638公斤/公顷, 玉米5603公斤/公顷, 花生3841公斤/公顷, 棉花1037公斤/公顷。全省化肥纯用量为540.4万吨, 氮肥纯用量为207.3万吨, 磷肥纯用量为97.3万吨, 钾肥纯用量为46.2万吨, 比项目合作前的1990年用量增加近5倍。氮肥用量占整个化肥用量的38.3%, 磷肥用量占整个化肥用量的18.0%, 钾肥用量占整个化肥用量的8.5%。氮磷钾的比例为1:0.48:0.19。全省氮磷钾化肥总用量在增加, 氮肥所占百分比是在下降, 磷肥所占比例保持在28%左右, 钾肥所占比例是在逐年增加, 到目前达到11.4%, 复合肥用量在逐年增加。而1990年在没有和加拿大钾磷研究所进行钾肥合作项目前河南省全省肥料用量为195.3万吨, 氮肥纯用量为137.3万吨, 氮肥占化肥用量的70.3%, 磷肥纯用量为51.9万吨, 磷肥占化肥用量的26.6%, 钾肥纯用量为6.0万吨, 钾肥仅占化肥用量的3.1%。氮磷钾比例为1:0.38:0.04。

[1] 本研究由国际植物营养研究所(IPNI)北京办事处资助。

1 材料与方 法

试验地点：小麦试验安排在驻马店市驿城区水屯镇新坡村和遂平县和兴乡和兴村、洛阳市孟津县送庄乡朱寨村、新乡市延津县司寨乡平陵村。土壤类型：驻马店市土壤类型为砂姜黑土，洛阳市土壤类型为褐土，新乡市土壤类型为潮土。小麦品种为：郑麦366，播种量为：7.5公斤/亩。小区面积20~30平方米，重复3次，随机区组排列。收获各小区子粒（或收获部分）和秸秆（或生物）产量；田间管理按丰产田要求，并记载生物学性状。播种前取土壤样品送中国农业科学院区划所中-加合作土壤植物样品分析实验室和河南农科院资环所实验室分析。钾肥用加拿大产氯化钾。

表1 试验地土壤养分基本状况

地点	实验室 编号	经度	纬度	pH	OM	K	N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
					毫克/升									
平陵	AUWIG04	E114°14'57.0"	N35°12'25.9"	8.1	0.4	46.1	1.3	19.7	15.0	1.07	0.3	4.8	3.9	0.5
朱寨村	AUTIW05	E112°32'58.2"	N34°49'01.6"	7.8	0.84	111.3	12.5	22.9	4.2	0.45	5.9	10.6	4.2	2.0
和兴村	AUTIG05	E113°58'20.6"	N33°14'27.2"	5.5	0.78	72.4	8.6	20.8	3.8	0.02	5.9	127.4	4.0	1.6
新坡村	AUSR07	E114°09'49.6"	N32°57'20.3"	5.2	0.89	47.8	0.8	15.1	10.1	0.29	3.4	108.4	43.1	2.2

2 试验结果与经济效益分析

2.1 遂平县和兴乡和兴村小麦养分监测村试验

遂平县和兴乡和兴村小麦试验结果经方差分析，F值超过显著水平（表3）。在小麦试验中9个处理之间均达到5%显著性差异。9个处理中以N₁₅P₈K₁₂处理产量最高，达535公斤/亩，其利润也最高为723元/亩，产投比为6.9，生物产量为1139公斤/亩，经济系数为0.47，产量与其他各个处理均达到1%差异。其次为农民习惯施肥N₁₅P₅K₅处理，产量达464公斤/亩，其利润为第2位644元/亩，产投比为8.2，生物产量988公斤/亩，经济系数为0.47。氮磷N₁₅P₅处理产量为427公斤/亩，其利润是第3位593元/亩，产投比为8.3，生物产量908公斤/亩，经济系数为0.47。氮钾N₁₅K₁₂处理产量为410公斤/亩，其利润是第4位550元/亩，产投比为6.6，生物产量是872公斤/亩，经济系数为0.47。N₁₅P₅处理产量为第5位达399公斤/亩，其利润为第4位559元/亩，产投比为8.8，生物产量是850公斤/亩，经济系数为0.47。N₁₅K₅处理产量为第6位达376公斤/亩，其利润为第8位521元/亩，产投比为8.1，生物产量是第8位799公斤/亩，经济系数为0.47。磷钾P₈K₁₂处理产量为384公斤/亩，其利润为第7位539元/亩，产投比为9.0，生物产量是893公斤/亩，经济系数为0.43，磷钾P₅K₅处理产量为364公斤/亩，其利润为第6位542元/亩，产投比为17.2，生物产量是847公斤/亩，经济系数为0.43，不施肥处理产量为333公斤/亩。在N₁₅P₅K₁₂配施时，缺氮时减产为39.3%；缺磷时减产为30.7%；缺钾时，减产为25.4%。通过以上分析看出，影响小麦产量因素第1为氮素，其次为磷素，第3为钾素。每公斤氯化钾增产9.0公斤小麦。

表 2 试验与示范设计方案 (公斤/亩)

处理	洛阳孟津小麦试验方案			处理	驻马店遂平小麦试验方案		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1 OPT	15	8	12	1 OPT	15	8	12
2 OPT-N	0	8	12	2 OPT-N	0	8	12
3 OPT-P	15	0	12	3 OPT-P	15	0	12
4 OPT-K	15	8	0	4 OPT-K	15	8	0
5 FP	12	5	5	5 FP	15	5	5
6 FP-N	0	5	5	6 FP-N	0	5	5
7 FP-P	12	0	5	7 FP-P	15	0	5
8 FP-K	12	5	0	8 FP-K	15	5	0
9 CK	0	0	0	9 CK	0	0	0

处理	水屯镇新坡村小麦试验方案			处理	延津县平陵村小麦试验方案		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1 OPT	15	8	12	1 OPT	14	8	12
2 OPT-N	0	8	12	2 OPT-N	0	8	12
3 OPT-P	15	0	12	3 OPT-P	14	0	12
4 OPT-K	15	8	0	4 OPT-K	14	8	0
5 FP	15	5	5	5 CK	0	0	0
6 FP-N	0	5	5				
7 FP-P	15	0	5				
8 FP-K	15	5	0				
9 CK	0	0	0				

表 3 驻马店市遂平县和兴乡和兴村小麦试验结果和经济分析

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		与最高产量差		经济分析			产投 比	生物产量 公斤/亩	经济 系数
N	P ₂ O ₅	K ₂ O		5%	1%	公斤	%	产值	肥料成本	利润与最佳差			
15	8	12	535	a	A	—	—	846	123	—	6.9	1139	0.47
0	8	12	384	f	E	151	39.3	607	68	-184	9.0	893	0.43
15	0	12	410	d	D	125	30.7	647	98	-174	6.6	872	0.47
15	8	0	427	c	C	108	25.4	674	81	-130	8.3	908	0.47
15	5	5	464	b	B	71	15.3	733	89	-79	8.2	988	0.47
0	5	5	364	h	F	171	46.9	576	34	-181	17.2	847	0.43
15	0	5	376	g	E	159	42.5	594	73	-202	8.1	799	0.47
15	5	0	399	e	D	136	34.1	631	72	-164	8.8	850	0.47
0	0	0	333	i	G	202	60.9	526	0	-197		792	0.42

注：价格 (元·kg⁻¹) N 3.7、P₂O₅ 3.2、K₂O 3.5、小麦 1.58

2.2 驻马店市驿城区水屯镇新坡村小麦试验结果与经济分析

驻马店市驿城区水屯镇新坡村小麦试验结果经方差分析，F 值达到显著水平（表4）。在小麦试验9个处理以 $N_{1.5}P_{0.8}K_{1.2}$ 处理产量最高，达508公斤/亩，其利润也是最高为679元/亩，产投比为6.5，生物产量也是最高1080公斤/亩，经济系数为0.47，产量与其他各个处理均达到1%差异。其次为农民习惯施肥 $N_{1.5}P_{0.5}K_{0.5}$ 处理产量为431公斤/亩，其利润为第2位593元/亩，产投比为7.7，生物产量为第2位918公斤/亩，经济系数为0.47。氮磷 $N_{1.5}P_{0.8}$ 处理产量为410公斤/亩，其利润是第3位566元/亩，产投比为8.0，生物产量是第3位871公斤/亩，经济系数为0.47。氮钾 $N_{1.5}K_{1.2}$ 处理，产量达395公斤/亩，其利润为第6位527元/亩，产投比为6.4，生物产量是第5位841公斤/亩，经济系数为0.47。 $N_{1.5}P_{0.5}$ 处理产量为392公斤/亩，其利润为第4位547元/亩，产投比为8.7，生物产量是第6位833公斤/亩，经济系数为0.47。 $N_{1.5}K_{0.5}$ 处理产量为384公斤/亩，其利润为534元/亩，产投比为8.3，生物产量是818公斤/亩，经济系数为0.47。磷钾 $P_{0.8}K_{1.2}$ 处理产量为373公斤/亩，其利润为522元/亩，产投比为8.7，生物产量是868公斤/亩，经济系数为0.43，磷钾 $P_{0.5}K_{0.5}$ 处理产量为355公斤/亩，其利润为527元/亩，产投比为16.7，生物产量是825公斤/亩，经济系数为0.43，不施肥处理产量为309公斤/亩。在 $N_{1.5}P_{0.8}K_{1.2}$ 配施下，缺氮减产为36.0%；缺磷减产为28.4%；缺钾减产为24.0%。通过以上分析看出，影响小麦产量因素第1为氮素，其次为磷素，第3为钾素。每公斤氧化钾增产8.2公斤小麦。

表4 2006.10—2007.6 驻马店市驿城区水屯镇新坡村小麦试验结果和经济分析

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		减产		经济分析			产投 比	生物产量 公斤/亩	经济 系数
N	P ₂ O ₅	K ₂ O		5%	1%	公斤	%	产值	成本	利润与最佳差			
1.5	0.8	1.2	508	a	A	—	—	802	123	—	6.5	1080	0.47
0	0.8	1.2	373	f	F	135	36	590	68	-157	8.7	868	0.43
1.5	0	1.2	395	d	D	113	28.4	625	98	-152	6.4	841	0.47
1.5	0.8	0	410	c	C	98	24	647	81	-113	8	871	0.47
1.5	0.5	0.5	431	b	B	77	17.7	682	89	-86	7.7	918	0.47
0	0.5	0.5	355	g	G	153	43.1	561	34	-152	16.7	825	0.43
1.5	0	0.5	384	e	E	124	32.1	607	73	-145	8.3	818	0.47
1.5	0.5	0	392	de	DE	116	29.7	619	72	-132	8.7	833	0.47
0	0	0	309	h	H	199	64.2	489	0	-190		737	0.42

注：价格（元·kg⁻¹）N 3.7、P₂O₅ 3.2、K₂O 3.5、小麦 1.58

2.3 孟津县送庄乡朱寨村小麦养分监测村试验

孟津县送庄乡朱寨村小麦试验结果9个处理中以 $N_{1.5}P_{0.8}K_{1.2}$ 氮磷钾处理产量最高，达559公斤/亩，其利润也是最高为760元/亩，产投比为7.2，生物产量也是最高1189公斤/亩，经济系数为0.47，产量与其他各个处理均达到1%差异（表5）。其次为 $N_{1.5}P_{0.8}$ 处理产量为462公斤/亩，其利润是第2位648元/亩，产投比为9.0，生物产量是第2位982公斤/亩，经济系数为0.47。农民习惯施肥 $N_{1.2}P_{0.5}K_{0.5}$ 处理，产量达454公斤/亩，其利润为第3位628元/亩，产投比为8.1，生物产量是第3位966公斤/亩，

经济系数为 0.47。氮钾 $N_{15}K_{12}$ 处理产量为 416 公斤/亩，其利润是第 5 位 560 元/亩，产投比为 6.7，生物产量是第 5 为 885 公斤/亩，经济系数为 0.47。 $N_{12}P_5$ 处理产量为第 5 位达 409 公斤/亩其利润为第 4 位 574 元/亩，产投比为 9.0，生物产量是第 5 位 870 公斤/亩，经济系数为 0.47。 $N_{12}K_5$ 处理产量为第 7 位达 384 公斤/亩，其利润为第 8 位 534 元/亩，产投比为 8.3，生物产量是第 8 位 817 公斤/亩，经济系数为 0.47。磷钾 P_5K_{12} 处理产量为 392 公斤/亩，其利润为 552 元/亩，产投比为 9.2，生物产量是 912 公斤/亩，经济系数为 0.43，磷钾 P_5K_5 处理产量为 363 公斤/亩，其利润为 540 元/亩，产投比为 17.1，生物产量是 845 公斤/亩，经济系数为 0.43，不施肥处理产量为 357 公斤/亩。在 $N_{15}P_8K_{12}$ 配施下，不施 N 减产 42.5%；不施 P 减产 34.4%；不施 K 减产 21.1%。通过以上分析看出，影响小麦产量因素第 1 为氮素，其次为磷素，第 3 为钾素。每公斤氧化钾增产 8.1 公斤小麦。

表 5 2006.10—2007.6 洛阳市孟津县送庄乡朱寨村小麦试验结果和经济分析

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		减产		经济分析			产投 比	生物产量 公斤/亩	经济 系数
N	P ₂ O ₅	K ₂ O		5%	1%	公斤	%	产值	成本	利润与最佳差			
15	8	12	559	a	A	—	—	883	123	—	7.2	1189	0.47
0	8	12	392	e	D	167	42.5	620	68	-208	9.2	912	0.43
15	0	12	416	d	C	143	34.4	657	98	-201	6.7	885	0.47
15	8	0	462	b	B	97	21.1	729	81	-112	9.0	982	0.47
12	5	5	454	c	B	105	23.2	717	89	-132	8.1	966	0.47
0	5	5	363	g	E	196	53.9	574	34	-220	17.1	845	0.43
12	0	5	384	f	D	175	45.6	607	73	-226	8.3	817	0.47
12	5	0	409	d	C	150	36.8	646	72	-186	9.0	870	0.47
0	0	0	357	g	E	202	56.8	563	0	-197	8.49	849	0.42

注：价格（元·kg⁻¹）N 3.7、P₂O₅ 3.2、K₂O 3.5、小麦 1.58

2.4 新乡市延津县司寨乡平陵村小麦试验结果与经济分析

新乡市延津县司寨乡平陵村小麦试验结果经方差分析，F 值达到显著水平（表 6）。在小麦试验 5 个处理以 $N_{14}P_8K_{12}$ 处理产量最高，达 583 公斤/亩，其利润也是最高为 803 元/亩，产投比为 7.7，生物产量也是最高 1241 公斤/亩，经济系数为 0.47，产量与其他各个处理均达到 1% 差异。其次处理 $N_{14}P_8$ 处理产量为 452 公斤/亩，其利润是第 2 位 637 元/亩，产投比为 9.2，生物产量是第 2 为 982 公斤/亩，经济系数为 0.46。氮钾 $N_{14}K_{12}$ 处理，产量达 420 公斤/亩，其利润为第 4 位 570 元/亩，产投比为 7.1，生物产量是第 4 位 913 公斤/亩，经济系数为 0.46。磷钾 P_8K_{12} 处理产量为 396 公斤/亩，其利润为第 5 位 558 元/亩，产投比为 9.3，生物产量是 921 公斤/亩，经济系数为 0.43，不施肥处理产量为 364 公斤/亩。在 $N_{14}P_8K_{12}$ 配施基础上，不施 N 减产 47.3%；不施 P 减产 38.9%；不施 K 减产 29.1%。通过以上分析看出，影响小麦产量因素第 1 为氮素，其次为磷素，第 3 为钾素。每公斤氧化钾增产 10.9 公斤小麦。

表6 2006.10—2007.6 新乡市延津县司寨乡平陵村小麦试验结果和经济分析

施肥处理			产量 公斤/亩	显著性		减产		经济分析			产投 比	生物产量 公斤/亩	经济 系数
N	P ₂ O ₅	K ₂ O		5%	1%	公斤	%	产值	成本	利润与最佳差			
14	8	12	583	a	A	—	—	922	119	—	7.7	1241	0.47
0	8	12	396	d	D	187	47.3	626	68	-245	9.3	921	0.43
14	0	12	420	c	C	163	38.9	664	94	-233	7.1	913	0.46
14	8	0	452	b	B	131	29.1	714	77	-166	9.2	982	0.46
0	0	0	364	e	E	219	60.4	574	0	-229		866	0.42

注：价格（元·kg⁻¹）N 3.7、P₂O₅ 3.2、K₂O 3.5、小麦 1.58



平衡施肥观摩现场

3 小结

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

3.2 在三大土壤类型区（褐土、潮土、砂姜黑土）上，限制小麦产量的主要因子，氮素是第一位、磷素是第二位、钾素是第三位。

3.3 在三大土壤类型区（褐土、潮土、砂姜黑土）上，砂姜黑土区每公斤氧化钾增产9.0公斤小麦和8.2公斤小麦。潮土区每公斤氧化钾增产10.9公斤小麦。褐土区每公斤氧化钾增产8.1公斤小麦。

3.4 在三大土壤类型区（褐土、潮土、砂姜黑土）上，平衡施肥处理，潮土区小麦产量最高为583公斤/亩，其次为褐土区产量为559公斤/亩，砂姜黑土区产量最低为508公斤/亩和535公斤/亩。

2008 年 IPNI 作物缺素照片竞赛征集

虽然田间作物缺素症状不像以前那样典型,但实际上还是有所发生的。为鼓励大家加强田间观测和理解作物养分缺乏及条件,国际植物营养研究所 (IPNI) 发起 2008 年缺素照片竞赛活动。

IPNI 总裁 Terry Roberts 博士指出,“我们希望此次竞赛活动能吸引生产实践中的工作者参加”,“也鼓励从事田间小区试验的研究人员提交照片参加竞赛,我们还鼓励作物专家和其他人员拍摄、记录作物缺素症状并参加竞赛”

每个参赛作品都要求有一些必要的证据支持,包括:

参赛者姓名、单位和联系方式;

作品中的作物及其生育阶段、地点、拍摄日期;

缺素症状的证据材料,包括植物分析、土壤测试、管理因素和其他可能与缺素有关的详细信息。

竞赛分四个主题:氮、磷、钾和其他元素缺乏症状。每个参赛者每个主题仅限提交一项作品,每个主题中获奖者可获得奖金:

一等奖 150 美元

二等奖 75 美元

三等奖 50 美元

照片和相关材料请于 2008 年 12 月 15 日提交,2009 年 1 月公布获奖情况,通知获奖者并把竞赛结果放在网站上。鼓励世界各地有兴趣的人士参赛。参赛作品只能以高清晰电子文件从以下网址提交: www.ipni.net/photocontest

如有问题或想了解其他信息,请与管理人员联系:

M r. G a v i n S u l e w s k i, I P N I

A g r o n o m i c a n d T e c h n i c a l S u p p o r t S p e c i a l i s t

1 0 2 - 4 1 1 D o w n e y R o a d

P h o n e : 3 0 6 - 6 5 2 - 3 5 3 6

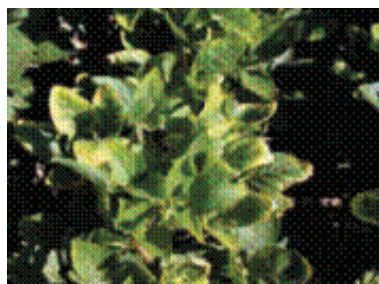
S a s k a t o o n , S K S 7 N 4 L 8 C a n a d a

E - m a i l : g s u l e w s k i @ i p n i . n e t

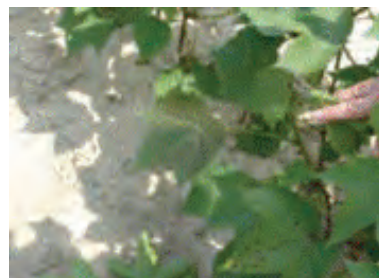
右边的照片是缺素症状的例子。



玉米缺氮



大豆缺钾



棉花缺磷



油菜缺硫

2008 年度国际植物营养研究所 (IPNI) 研究生奖学金获奖情况

2008 年由国际植物营养研究所 (IPNI) 发起的研究生奖学金获得者已被评选出, 每位获奖者得到 2000 美元的奖励, 以鼓励其在植物营养和作物养分管理相关学科中取得的优异成绩。

国际植物营养研究所总裁 Dr. Terry Roberts 说: “我们收到了许多研究生的申请, 这些研究生的学术成绩、研究项目以及其他各种证书给我留下了深刻印象, 这些年轻人所在的研究所和他们的导师为此感到骄傲和自豪。”

共有 14 位在读研究生获得 2008 年度研究生奖学金, 他们所在的地区以及大学/研究所如下:

北美:

Carolina Medina, University of Florida
Trenton Roberts, University of Arkansas
Darrin Roberts, University of Nebraska
Fernando Salvagioti, University of Nebraska
Mark Slavens, Cornell University
Amy Burton, Pennsylvania State University

中国:

胡小凤, 西南大学
李小坤, 华中农业大学
李文娟, 中国农业科学院研究生院

印度:

I. Vimal Jothi, Tamil Nadu Agricultural University
Wasim Iftikar, Visva Bharati University

拉丁美洲:

Nahuel Reussi Calvo, National University of Mar del Plata, Argentina
Sebastian Mazzilli Vanzini, Universidad de Buenos Aires, Argentina

东南亚:

Trinh Quang Khuong, Cuc Long Rice Research Institute (CLRRI), Vietnam

详细内容请访问: www.ipni.net/scholar

2008年IPNI研究生奖学金中国获奖者颁奖仪式在江西举行



2008年10月16日在江西南昌的《农业持续发展中的植物养分管理国际学术研讨会》上,荣获2008年度IPNI研究生奖学金的中国学生,他们分别是来自华中农业大学的李小坤、中国农业科学院的李文娟和西南大学的胡小凤,接受了国际植物营养研究所总裁 Terry Roberts 博士的授奖。

2008年度IPNI研究生奖学金获得者-胡小凤

2008年10月16日国际植物营养研究所总裁 Terry Roberts 博士给胡小凤颁奖

胡小凤(1981-),女,山东郓城人,西南大学博士研究生。2006年考入西南大学资源环境学院攻读植物营养学专业博士学位。课题主要有国家863项目“绿色控释多养分肥料生产关键技术研究”、科技部农业科技成果转化资金项目“无公害缓/控释复合肥料中试及应用”、IPNI项目“重庆菜园土壤蔬菜平衡施肥研究”等。先后在《植物营养与肥料学报》、《农业工程学报》等中文核心期刊发表论文10余篇,多次获得校级奖学金、“西南农业大学优秀毕业生”、“西南大学优秀研究生”等荣誉。



2008年度IPNI研究生奖学金获得者-李小坤

2008年10月16日国际植物营养研究所总裁 Terry Roberts 博士给李小坤颁奖

李小坤,男,湖北襄樊人,华中农业大学资源与环境学院2006级博士研究生。研究成果《鱼用饲草养分管理技术研究与推广》,荣获湖北省洪湖市科技进步三等奖。研究报告《苏丹草-黑麦草轮作制中氮磷钾肥施用对饲草产量和养分吸收的影响》被评为第十届中国青年土壤科学工作者学术讨论会优秀报告。先后在《植物营养与肥料学报》等杂志上发表文章10多篇;研究课题为国家自然科学基金资助的水旱轮作下根土互作对土壤钾素形态转化及其有效性影响,已有4篇文章被《自然科学进展》、《植物营养与肥料学报》、《土壤学报》、《土壤通报》等杂志接收,并已向SCI刊源的杂志投稿3篇。



2008年度IPNI研究生奖学金获得者-李文娟

2008年10月16日国际植物营养研究所总裁 Terry Roberts 博士给李文娟颁奖

李文娟,汉族,1982年出生于山西太原人,中共党员,在读博士研究生,论题目是“钾素营养调节玉米糖类与酚类代谢的机制及其与茎腐病抗性的关系”。主要从生理生化、细胞生物学和分子水平研究钾素对禾谷镰刀菌侵染后玉米糖、酚代谢及细胞结构的影响。揭示钾素显著提高玉米对茎腐病抗性的机理。为合理施钾控制玉米茎腐病提供理论依据。立志成为一名植物营养研究工作者,对植物营养元素与植物病害间的关系进行更为深入的探索。



农业持续发展中的植物养分管理国际学术研讨会在江西南昌召开



国际植物营养研究所总裁
Terry Roberts 博士致辞



由江西省科协、国际植物营养研究所、江西省农科院、中国农科院农业资源与农业区划研究所、中国植物营养与肥料学会共同主办的《农业持续发展中的植物养分管理国际学术研讨会》于2008年10月14-16日在江西南昌举行，中国科学院朱兆良院士、赵其国院士，中国工程院刘更另院士、颜龙安院士和来自美国、加拿大、英国、日本等国家的近20名专家，以及来自我国各地的农业专家、学者共计150余人参加了会议。会议就1、土壤测试及推荐施肥技术；2、土壤有机无机养分资源管理；3、施肥与土壤质量；4、施肥及其对环境的影响；5、施肥与作物/农产品质量；6、精确养分管理及精确施肥技术等议题进行了广泛而热烈的发言与讨论。

杨俐苹博士获美国土壤学会颁发的 Leo M. Walsh 基金“优秀学者奖”

2008年10月杨俐苹博士荣获美国土壤学会颁发的Leo M. Walsh基金“优秀学者奖”，这是中国土壤肥料工作者第一次获此殊荣。

受美国土壤学会邀请，在中加合作土壤植株测试实验室工作长达18年的杨俐苹博士2008年10月4日-11日赴美国休斯敦参加由美国地理学会(GSA)、美国土壤学会(SSSA)、美国农学会(ASA)以及美国作物学会(CSSA)等六学会联合举办的2008年年会。在2008联合年会上，受美国土壤学会第4分会(S04-土壤肥力与植物营养分会)和第8分会(S08-营养管理与土壤植物分析分会)邀请，在Leo M. Walsh土壤肥力特邀专题报告会作了题为：“土壤测试对中国推荐施肥的促进”的报告，美国土壤学会授予杨俐苹Leo M. Walsh基金“优秀学者”奖。

美国土壤学会年会专门设立了“Leo M. Walsh土壤肥力优秀专题报告会”。Leo M. Walsh基金是Leo Walsh先生捐助和倡议的，用于奖励和资助在该土壤肥力专题报告会上作报告的优秀学者。美国农学基金会(ASF)管理该基金，美国土壤学会与其第4分会和第8分会共同合作，选择专题报告会的主题和发言人，并在美国农学会-美国作物学会-美国土壤学会(ASA-CSSA-SSSA)联合年会上作报告，通常参加三学会联合年会的科学家4000多人，今年由于年会与美国地理学会等共同举办，参加2008年联合年会的科学家达9000多人。



“优秀学者奖”获得者杨俐苹博士(右)与Leo M. Walsh教授(左)和美国土壤学会土壤肥力与植物营养分会主席Dave Franzen教授(中)合影

Leo M. Walsh先生是一位顶尖的美国土壤肥力研究和推广的科学家，他是美国威斯康星州大学教授，曾任该大学土壤科学系主任和农学以及生命科学院院长，他曾经是美国农学会和土壤学会理事会成员并在1979年担任美国土壤学会理事长，以后Leo教授还曾负责美国农业部的水质量项目，直到1994年退休。1995-2001年Leo教授曾担任美国农学基金会董事。Leo教授毕生为土壤肥力研究和推广做出了卓越的贡献，在他的帮助下发展了威斯康星州肥料和化学协会，他与肥料生产商、私人企业、土壤植物分析实验室广泛合作，促进了土壤管理和作物生产。Leo教授是最早的计算机测土推荐施肥的发明人之一。他一生的实践促进了营养管理，从而在获得作物最佳产量的同时为后代保护了自然资源。

杨俐苹博士从事土壤测试与推荐施肥十多年，她1991年开始在中国农科院中-加合作土壤植物测试实验室(现国家测土施肥中心实验室)负责工作，为中加合作平衡施肥项目和土壤养分管理项目等以及国家一系列科技攻关项目、支撑计划项目、重大基础研究项目等做了大量基础研究和推广工作。1999年“土壤养分综合系统法与平衡施肥技术”获国家科技进步三等奖，2001年“北方土壤供钾能力及钾肥高效施用技术研究”获国家科技进步二等奖，她都是主要获奖人之一。迄今为止该实验室分析

了包括我国主要土壤类型的50,000多个土壤样品,同时在中·加农学国际合作项目全国各省合作研究人员的配合下,在我国主要土类和主要作物上进行了大量的盆栽实验以及田间试验示范校验工作,形成和不断完善了以A₅₁方法为基础的土壤测试推荐施肥技术。并在引进国外先进技术和设备的基础上,和课题组的研究人员一道研制开发了高效土壤养分测试系列设备以及网络化、自动化实验室数据采集和处理以及计算机推荐施肥系统,为促进中国测土配方施肥工作做出了积极贡献。这次杨俐苹博士赴美国的交流,为中国的测土配方施肥工作提供了很好的向发达国家和地区学习先进经验、技术的机会,同时也是一个让世界了解中国土壤肥力研究发展、科学技术进步的机会。



杨俐苹博士获得美国土壤学会授予的
Leo M. Walsh 基金“优秀学者”奖