

BETTER CROPS CHINA 2010年10月 (总第25期)



高效施肥

本期提要

我国土壤肥料事业发展必须依托科技创新

吉林玉米施用钾肥效应

夏玉米平衡施肥技术

山东小麦施用氮肥效果

施磷对长绒棉生长发育和产量的影响

有机无机肥配施对小麦、玉米品质的影响

大棚茄子—水稻轮作制下水稻合理施肥

中微量元素肥料对马铃薯产量、品质和土壤肥力的影响

平衡施肥对苏丹草—黑麦草轮作中鱼草产量及经济效益的影响

老菜田设施茼蒿笋氮磷钾肥施用效果

依安县玉米钾肥适宜用量

世界肥料养分储备

钾肥基追比对小麦产量和钾肥利用率的影响

油用向日葵施肥效应

2010年IPNI研究生奖学金评选结果

高效施肥 2010年10月

本期目录

页数

我国土壤肥料事业发展必须依托科技创新	1
吉林省不同类型土壤玉米施用钾肥效应研究	3
夏玉米平衡施肥技术试验与示范	8
山东省粮食高产区分区小麦施用氮肥效果研究	12
施磷对长绒棉生长发育动态变化和产量的影响	17
有机肥无机肥配合施用对小麦、玉米品质的影响	24
大棚茄子-水稻轮作制下水稻季合理施肥技术研究	28
中微量元素肥料对马铃薯产量、品质和土壤肥力的影响	35
平衡施肥对苏丹草-黑麦草轮作中鱼草产量及经济效益的影响	41
老菜田设施茼蒿笋氮磷钾肥施用效果	45
依安县玉米钾肥适宜用量试验研究	49
世界肥料养分储备——面向未来的视角	53
钾肥基追比对小麦产量和钾肥利用率的影响	61
油用向日葵施肥效应研究	65
2010年IPNI研究生奖学金评选结果揭晓	68

《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>

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 and Africa Group

理事会

M. M. Wilson, Chairman of the Board, Agrium Inc.
J. Felker, Vice Chairman of the Board, K + S KALI GmbH
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 and Oceania Group and Director of Research.

东欧中亚项目部—Moscow, Russia
Svetlana Ivanova, Vice President, IPNI Eastern Europe / Central Asia and Middle East Group

中国项目部

金继运 主任	北京办事处	jyjin@ipni.net
何萍 副主任	北京办事处	phe@ipni.net
李书田 副主任	北京办事处	sli@ipni.net
梁鸣早 女士	北京办事处	mzliang@ipni.net
陈防 副主任	武汉办事处	fchen@ipni.net
涂仕华 副主任	成都办事处	stu@ipni.net

封面照片：

会员公司：

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



我国土壤肥料事业发展必须依托科技创新

金继运

过去五年我国土壤肥料科技事业有了较快的发展，国家“十一五”期间加大了对农业科研和技术推广工作的领导和支持力度，科学施肥工作有了显著进步，取得了一些可喜的成绩。比如在东北、华北、长江中下游地区四种土壤三种粮食作物（小麦、玉米、水稻）上进行了大量基础和应用基础研究，摸清了不同地区不同作物土壤供肥特性与作物需肥规律，实现了施肥与作物需求在时间和空间上一致。通过高效施肥和粮食丰产科技工程等科技支撑计划初步建立了不同地区主要粮食作物施肥指标体系，提出了相应区域平衡施肥配方和配方肥相关生产技术，为测土配方施肥工作提供了有力支撑。在新型肥料和新技术方面，膜下滴灌施肥技术显著提高了肥料利用率，高质量的缓控释肥在农业生产中开始应用。同时，农民的科学平衡施肥的意识增强，主动学习土壤和肥料知识，努力做到因土、因作物和时间施肥。整个社会的环境保护增强，意识到在注意科学施肥提高产量和品质的同时，更加注重保护环境、节约资源。

过去五年中国土壤肥料科学的发展给我们以下几点启示。第一，科学施肥工作非常重要。它与国家粮食安全、农业增效、农民增收，资源节约、保护环境以及农业可持续发展息息相关。中国与许多发达国家以及其他发展中国家有着不同的国情，保证粮食安全问题始终是国家重大需求，中国粮食不能依靠进口，中国农业的发展离不开科学施肥工作。第二，要把科学施肥做好，难度很大。我们的耕地质量起点太低，面临持续高产要求与耕地质量不高的矛盾。第二次土壤普查结束，全国耕地土壤有效磷低于10毫克/公斤的土壤占80%以上，有三分之二的耕地属于中低产田。但是，为了保证粮食产量，多年来，中国土壤和肥料科学工作者不断努力，提高我国耕地质量，以解决这一矛盾。国家资源有限，但肥料需求很大，效益不高，环境风险增大等使土壤肥料科学既要保护环境又不能降低粮食产量的两难境地。第三，虽然中国土壤肥料科学事业还存在很多未知的困难，但只要我们努力提高土壤肥料领域的科学技术水平，我们应该有信心实现我们的目标。近年来，国家支农惠农政策增多，农业技术不断提升，农民文化水平也在进步，这为土壤肥料科学工作者带来机遇，依靠科技进步实现肥料资源高效利用是可行的。

耕地质量培育是土壤肥料工作的重要内容。只有培育耕层深厚、肥沃、健康的耕地土壤，农业才能可持续发展。耕层深厚、养分充足、对环境缓冲容纳能力强的土壤才能算做好的耕地。研究表明，多年的培肥改良使中国大部分农业区（除了东北以外）土壤有机质含量有所增加，并且在很多地区氮和磷用量高，土壤磷富集明显，供磷能力提高。当前许多地区不施肥的粮食亩产比起第二次土壤普查时增加了很多，这说明我国耕地生产力总体上在提高。在国家政策支持下，科学施肥逐步推广应用，逐渐变成农民的行动，肥料利用率明显提高，至少在项目试验示范区，与农民习惯施肥比较，科学施肥可以提高肥料利用率5~10%或更高。但大量的化肥投入也带来了新的问题，如高产和高度集约化区域氮肥过量使用引起水环境污染和食物安全问题、土壤酸化问题。中国必须重视这些问题，为子孙后代创造一个肥沃健康的土壤。

对于下一个五年，我国耕地质量培育不能忽视，下几项工作要引起足够重视：第一，要继续加强中低产田改造。尽管整体上，中国土壤肥力水平和土壤生产力有所提高，但土壤质量低，土壤肥力和生产力总体上还是偏低。第二次土壤普查时，认为有三分之二的土壤为中低产田，经过多年的

努力,我国农田有机质总量有所上升,但和发达国家比较还很低,中低产田依然占我国耕地较大比例。国家提出新增1000亿斤粮食规划,主要还要挖掘中低产田的增产潜力。因此,要重视中低产田地力提升和盐碱、风沙等退化土壤的改良。第二,要重视高产区施肥不平衡问题,尤其是微量元素补充问题。近几年,许多农业区都出现氮肥、磷肥施用过量问题,这给耕地质量带来很多问题。肥料的不均衡投入在一些地区加剧了某些中微量元素的缺乏,尤其在蔬菜和果树等高经济价值作物种植体系,要更加注重全面考虑大中微量元素的平衡施肥技术。第三,要增施有机肥、重视绿肥、推行秸秆还田,推广间混套作和轮作技术。有机肥与无机肥配合使用能够大大提升耕地质量,而间套作能够有效提高肥料利用效率,促进粮食作物增产。

十七届五中全会通过《中国共产党第十七届中央委员会第五次会议全体会议公报》,提出“加快转变经济发展方式是我国经济领域的一场深刻变革,必须贯穿经济社会发展全过程和各领域”。为此,提出五个坚持“坚持把经济结构战略性调整作为加快转变经济发展方式的主攻方向,坚持把科技进步和创新作为加快转变经济发展方式的重要支撑,坚持把保障和改善民生作为加快转变经济发展方式的根本出发点,坚持把建设资源节约型、环境友好型社会作为加快经济转变方式的强大动力,提高发展的全面性、协调性、可持续性,实现经济社会又好又快发展。”五个坚持启示我们,未来中国土壤肥料事业和化肥工业要适应转变经济发展方式的要求,从肥料生产、配肥、施用、农民教育等环节都要创新,以资源节约和环境友好为原则,不断加强国际合作,坚持合作共赢理念,坚持走出去战略,技术上引进消化吸收,通过研究、试验示范、企业产品创新以及农化服务的加强,全面提升我国肥料领域科学技术水平,促进中国农业向现代农业转变。

吉林省不同类型土壤玉米施用钾肥效应研究

尹彩侠, 谢佳贵, 侯云鹏, 秦裕波, 王秀芳, 张宽, 孔丽丽
(吉林省农业科学院环境与资源研究中心 吉林长春 130033)

摘要: 通过田间试验, 研究了不同类型土壤上不同钾肥用量的效应以及土壤速效钾含量与玉米最佳施钾量的关系。结果表明: 在不同类型土壤上, 钾肥用量与玉米产量之间存在曲线相关, 土壤养分测定值与推荐施钾量之间存在着密切的直线负相关, 可将其作为玉米最佳施钾量的重要科学依据。

关键词: 土壤速效钾, 钾肥效应, 玉米, 最佳施钾量

吉林省是我国玉米生产大省和重要的商品粮生产基地。随着我国人口的增加和人们生活水平的提高, 玉米需求量表现出日趋增加的趋势。因此, 必须进一步加强有关方面的研究, 不断提高玉米产量和改善品质。钾是植物所需三大必需营养元素之一, 在提高产量、改善作物品质和增强作物抗逆性等方面均有重要作用, 被称为“品质元素”。但是近年来, 随着作物总产与单产水平的不断提高和氮磷化肥用量的逐年增加, 有机肥用量相对减少, 农田钾素长期得不到充分的补充, 导致土壤中作物可利用的钾资源短缺问题日益突出, 钾已成为作物高产的主要限制因素之一。本文将通过吉林省不同类型土壤玉米施钾效应研究, 为玉米合理施用钾肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点及土壤

试验设在吉林省东、中、西9个市县, 文中所有试验数据均为不同类型土壤四年的平均值(共33个试验)。供试土壤基本肥力见表1。

表1 供试土壤基本肥力

试验地区与土壤	有机质(%)	速效K(毫克/公斤)	pH
东部 冲积土	2.1-2.2	93.7-111.6	4.7-5.3
中部 黑土	1.6-3.0	122.1-184.3	4.9-8.0
西部 淡黑钙土	2.4-3.1	121.5-193.0	7.9-8.1

1.2 试验处理与田间设计

试验选择当地主推的玉米品种及适宜种植密度。试验设5个处理: ① K_2O 0公斤/亩(不施钾肥); ② K_2O 2公斤/亩; ③ K_2O 4公斤/亩; ④ K_2O 6公斤/亩; ⑤ K_2O 8公斤/亩。小区面积20平方米, 三次重复, 小区随机排列, 各处理氮、磷(除处理①)肥用量相同, 均为12公斤/亩和2公斤/亩。

作者简介: 尹彩侠(1978—), 女, 满族, 助理研究员, 主要从事植物营养工作。

1.3 供试肥料与施用方法

供试氮肥为尿素(含N46%),磷肥为重过磷酸钙(含 P_2O_5 46%),钾肥为氯化钾(含 K_2O 60%)。1/4氮肥和全部磷钾肥做底肥于春播时施入,3/4氮肥于6月下旬追施。

2 结果与分析

2.1 钾肥用量与产量的关系

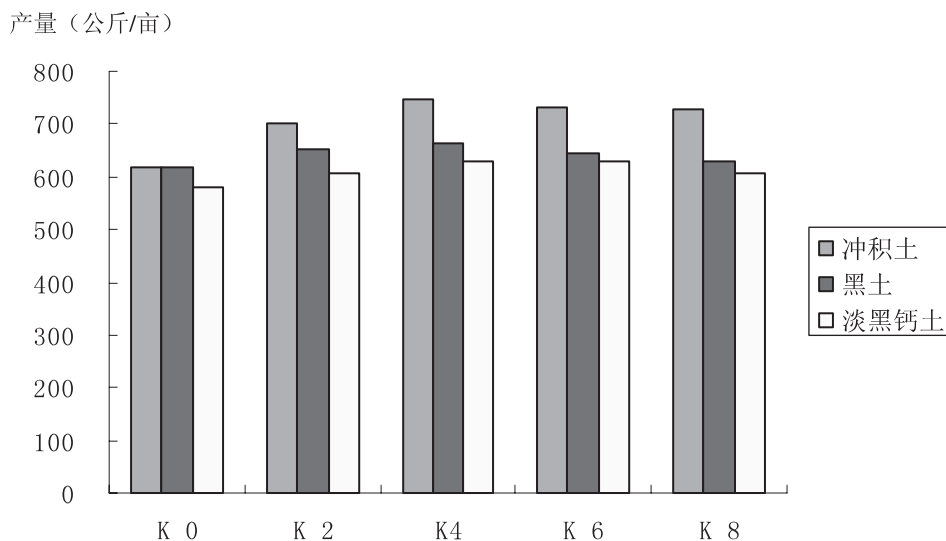


图1 吉林省不同土壤钾肥用量产量结果

从图1可以看出,吉林省东、中、西部不同类型土壤上,在氮磷肥的基础上,玉米产量随钾肥用量的增加而增加,当施钾量增加到一定数量时,玉米产量最高,再增加施钾量,其产量下降。钾肥用量与玉米产量之间存在二次曲线关系,其回归方程式为 $Y=B_0+B_1X+B_2X^2$,经检验达到显著水准,可以用一元二次方程来模拟钾肥用量与玉米产量的关系。

2.2 钾肥经济用量及效益分析

玉米最高产量施肥量,是氮磷钾肥用量的极限量,而最大效益施肥量是当前生产上的推荐用量。此量不仅降低玉米生产成本,提高化肥利用率,增加施肥效益,而且对粮食的安全生产,保护生态环境等均有着重要意义。

表2 玉米钾肥用量及增产效应

地区土壤	最大产量施钾量			最大效益施钾量		
	K ₂ O 公斤/亩	增产 公斤/亩	增收 元/亩	K ₂ O 公斤/亩	增产 公斤/亩	增收 元/亩
东部 (冲积土)	3.5-5.5	26.8-99.7 3.8%-16.2%	18.7-77.9	2.5-4.9	25-98.9 3.6%-16.0%	21.2-79.5
中部 (黑土)	4.1-5.1	38.7-51.9 5.1%-8.8%	30.2-48.9	3.6-3.9	37.5-51.0 5.0%-8.6%	31.7-50.1
西部 (淡黑钙土)	4.6-5.4	49-64.7 6.8%-18.4%	41.5-64.2	3.7-4.4	47.7-63.2 6.6%-18.0%	43.1-66.3

由表2(吉林省东、中、西9个市县, 33个试验的平均值)可以看出, 东部地区的冲积土上, 玉米最大效益施钾量为2.5-4.9公斤/亩, 较不施钾处理, 每亩施钾效益为21.2-79.5元; 最高产量施钾量为3.5-5.5公斤/亩, 每亩施钾增收18.7-77.9元; 在中部地区的黑土上, 玉米最大效益施钾量为3.6-3.9公斤/亩, 较不施钾处理, 每亩施钾增收31.7-50.1元; 玉米最高产量施钾量为4.1-5.1公斤/亩, 每亩施钾增收30.2-48.9元; 在西部地区的淡黑钙土上, 玉米最大效益施钾量为3.7-4.4公斤/亩, 较不施钾处理, 每亩施钾增收43.1-66.3元; 玉米最高产量施钾量为4.6-5.4公斤/亩, 每亩施钾增收41.5-64.2元。

2.3 土壤速效钾含量与施钾量的关系

表3 土壤有效钾含量与钾肥最佳用量

编号	土壤类型	土壤有效钾含量 (毫克/公斤)	最高产量 施K量 (公斤/亩)	最大效益 施K量 (公斤/亩)	编号	土壤类型	土壤有效钾含量 (毫克/公斤)	最高产量 施K量 (公斤/亩)	最大效益 施K量 (公斤/亩)
1	冲积土	8.9	5.0	4.7	19	黑土	11.0	3.9	3.3
2	冲积土	5.3	7.5	6.4	20	黑土	6.6	5.2	4.6
3	冲积土	8.0	6.6	5.6	21	黑土	6.8	4.4	3.9
4	淡黑钙土	9.7	4.2	3.6	22	淡黑钙土	8.7	4.2	4.1
5	淡黑钙土	9.6	4.3	3.5	23	冲积土	8.2	4.2	3.4
6	淡黑钙土	9.0	4.4	3.9	24	黑土	5.3	6.3	5.3
7	黑土	13.2	5.3	4.0	25	冲积土	15.4	2.3	1.5
8	黑土	6.2	6.4	5.6	26	黑土	8.3	5.5	4.9
9	黑土	6.4	5.0	4.3	27	冲积土	8.9	3.9	3.2
10	黑土	8.6	6.6	5.6	28	冲积土	14.5	3.6	2.9
11	黑土	13.7	2.8	2.2	29	黑土	6.3	6.0	5.7
12	黑土	8.8	5.5	5.2	30	黑土	11.9	3.6	3.3
13	淡黑钙土	10.2	3.6	3.0	31	黑土	12.6	5.5	4.2
14	黑土	5.3	6.7	6.1	32	黑土	8.1	4.8	4.1
15	黑土	4.9	7.3	7.1	33	黑土	8.1	5.3	3.9
16	黑土	6.2	5.3	5.0	34	淡黑钙土	8.6	3.4	3.4
17	淡黑钙土	11.1	4.2	3.7	35	淡黑钙土	8.4	4.3	5.3
18	黑土	11.2	3.7	3.4	36	淡黑钙土	6.6	4.6	4.7

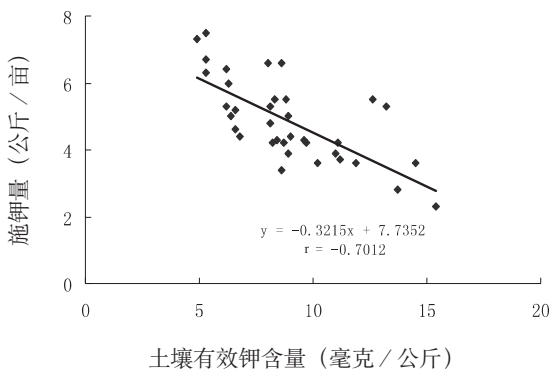


图2 土壤有效钾含量与最大效益施钾量相关图

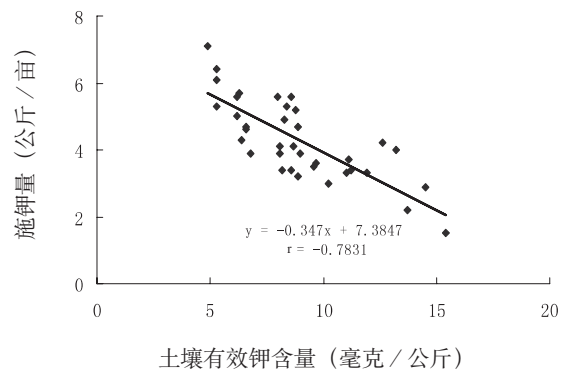


图3 土壤有效钾含量与最高产量施钾量相关图

从图2、图3可以看出,随着土壤速效钾含量的增加,玉米最大效益施钾量和最高产量施钾量逐渐减少,土壤有效钾测定值与玉米最高产量和最大效益施钾量之间呈显著的直线负相关,其线性方程分别为 $y=7.3847-0.347x$ ($r=-0.7831$)和 $y=7.7352-0.3215x$ ($r=-0.7012$),可将其作为玉米钾肥最佳施用量的重要科学依据。

3 结论

1. 在吉林省不同类型土壤上,钾肥用量与玉米产量之间存在一元二次曲线关系, $Y = B_0 + B_1X + B_2X^2$ 。
2. 玉米最大效益施钾量和最高产量施钾量同其增产绝对值、相对值、效益值之间存在着密切的关系。
3. 土壤速效钾与最佳施钾量之间存在着密切的直线负相关,随着土壤速效钾的增加,施钾量逐渐减少,可将其作为推荐玉米最佳施钾量的重要依据。

参考文献

- [1] 王宜伦,韩燕来,谭金芳,等.钾肥对砂质潮土夏玉米产量及土壤钾素平衡的影响[J].玉米科学,2008,16(4):163—166.
- [2] 谢佳贵,王立春,尹彩侠,等.吉林省不同类型土壤玉米施肥效应研究[J].玉米科学,2008,16(4):167—171.
- [3] 刘淑侠,吴海燕,赵兰坡,等.不同施钾量对玉米钾素吸收利用的影响[J].玉米科学,2008,16(4):172—175.
- [4] 王秀芳,张宽,王立春,等.科学管理与调控钾肥,实现玉米高产稳产[J].玉米科学,2004,12(3):92—95,99.

夏玉米平衡施肥技术试验与示范

张成军 赵同科 李新荣

(北京市农林科学院植物营养与资源研究所)

摘要: 夏玉米氮磷钾化肥配合施用具有显著的增产效果。*OPT*处理夏玉米产量比*OPT-K*增产34-65公斤/亩, 相对产量提高7.5%-15.1%。与习惯(单施氮肥)比较, *OPT*处理增产7-144公斤/亩, 相对产量增加1.3%-45.0%。土壤肥力状况影响夏玉米平衡施肥的经济效益, 高肥力土壤的平衡施肥经济效益高于低肥力土壤。夏玉米平衡施肥产值最高, 但增产的经济效益并不显著。*OPT*处理的利润大体上稍高于习惯和*OPT-K*处理, *OPT*处理的产投比4.7-5.4低于*OPT-K*处理的6.4-7.3, 也低于习惯的8.3-17.5。

前言

2000年北京市施用化肥纯量为10.5万标吨, 氮磷钾比例1: 0.56: 0.18。2003年北京市施用化肥纯量为14.3万标吨, 氮磷钾比例1: 0.70: 0.23。可见, 北京市化肥用量逐渐上升, 氮肥用量相对降低, 磷、钾肥用量逐年增加。化肥在维持与提高粮食产量上发挥了重要作用, 但目前北京市农业生产上化肥使用不合理, 化肥利用率低, 造成资源浪费、环境污染现象仍然比较严重。磷素供应相对过剩, 而钾素较为缺乏, 养分资源利用效率不高, 造成了肥料资源的浪费和对环境的污染。夏玉米是北京市主要粮食作物之一, 在北京市开展夏玉米平衡施肥技术示范具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验于2007年6月-9月在大兴区青云店镇、房山区阎村镇进行。供试土壤为潮土, 理化性质见表1。

表1 供试土壤理化性质

试验地点	全氮 克/公斤	有机质 克/公斤	碱解氮 毫克/公斤	有效磷 毫克/公斤	速效钾 毫克/公斤	pH
青云店镇四村东	1.09	21.2	71.3	16.8	81.6	8.3
青云店镇四村西	0.71	16.3	42.5	13.8	59.0	8.8
阎村镇	1.01	23.3	57.6	39.2	86.2	8.3

1.2 供试作物

夏玉米品种为中金608, 6月17日播种, 6月28日间定苗密度3600株/亩, 9月29日收获。

IPNI资助项目

国家科技支撑计划: “华北潮土及褐土、棕壤土区沃土技术模式研究与示范”(2006BAD25B06)

1.3 肥料

尿素(N 46%)、磷酸二铵(N 16%、P₂O₅ 46%)、硫酸钾(K₂O 50%)。

1.4 试验方案

示范设3个处理(见表2),分别为OPT(NPK)、OPT-K(NP)和FP(习惯)。以简单对照方式进行,不设重复,示范面积2亩。收获时每个处理选3点,每点取4m²测产,单收单打,计秸秆产量和籽粒产量,并进行考种测定。

表2 夏玉米示范处理

地点	处理	肥料用量(公斤/亩)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
青云店镇四村东	OPT	12	10	10
	OPT-K	12	10	0
	FP	9.2	0	0
青云店镇四村西	OPT	12	10	10
	OPT-K	12	10	0
	FP	11.5	0	0
阎村镇	OPT	12	10	10
	OPT-K	12	10	0
	FP	14	4	4

2 结果与分析

2.1 平衡施肥对夏玉米产量的影响

在大兴区青云店镇、房山区阎村镇三块粮田进行的夏玉米平衡施肥试验示范结果表明(见表3),夏玉米氮磷钾化肥配合施用具有增产效果。青云店镇四村东地块,OPT处理夏玉米产量比OPT-K增产34公斤/亩,相对产量提高了7.5%;青云店镇四村西地块OPT处理夏玉米产量比OPT-K增产65公斤/亩,相对产量增加15.1%。与习惯施肥比较,村东OPT处理增产102公斤/亩,相对产量增加25.9%;村西OPT处理增产144公斤/亩,相对产量增加了45.0%。青云店镇四村东西2个地块氮磷钾化肥配合施用增产效果表现出一定的差异,原因在于村东地块土壤肥力水平比村西较高。

房山区阎村镇OPT处理夏玉米产量比OPT-K增产65公斤/亩,相对产量提高了14.8%,比习惯施肥增产7公斤/亩,相对产量增加1.3%。可见,与大兴区青云店镇四村的示范效果比较,房山区阎村镇习惯处理基本达到了平衡施肥水平,其夏玉米产量与OPT处理大体持平,获得了较高的产量。

表3 不同示范地点不同处理夏玉米产量的比较

地点	处理	产量	比OPT产量低	
		公斤/亩	公斤/亩	%
青云店镇四村东	OPT	495		
	OPT-K	461	34	7.0
	FP	394	102	20.6
青云店镇四村西	OPT	464		
	OPT-K	403	61	13.1
	FP	320	144	31.0
阎村镇	OPT	501		
	OPT-K	436	65	12.9
	FP	494	7	1.2

2.2 夏玉米平衡施肥的经济效益分析

对三个示范地块夏玉米平衡施肥所作的经济效益分析结果显示(见表3), 房山区阎村OPT处理的利润最大, 为589元/亩, 大兴区青云店四村东西地块OPT处理的利润分别为635元/亩、586元/亩, 三个示范地块夏玉米平衡施肥的经济效益存在差别。原因在于三个示范地块土壤肥力存在明显差异, 房山区阎村地块的有机质、全氮、有效磷、速效钾等土壤养分各项指标总体上高于其他两个地块。

三个示范地块夏玉米平衡施肥条件下虽获高产, 且产值最高, 但增产的经济效益并不显著。OPT处理的利润大体上稍高于习惯和OPT-K处理, 而OPT处理的产投比4.7-5.4低于OPT-K处理的6.4-7.3, 更显著低于习惯施肥的8.3-17.5。原因在于, 近年来化肥价格上涨迅猛高于玉米价格的上涨, 氮磷钾的单位价格由2006年N为3.7元/公斤、 P_2O_5 为3.2元/公斤、 K_2O 为3.5元/公斤涨到2007年N 3.91元/公斤、 P_2O_5 5.43元/公斤、 K_2O 5.60元/公斤, 而2006年玉米价格为1.4元/公斤, 2007年玉米价格为1.6元/公斤, 化肥成本的大幅提高影响了广大农民平衡施肥的积极性。

表4 不同示范地点夏玉米经济效益分析

地点	处理	产值 元/亩	成本 元/亩	利润 元/亩	产投比
青云店镇四村东	OPT	792	157	635	5.0
	OPT-K	737	101	636	7.3
	FP	630	36	594	17.5
青云店镇四村西	OPT	743	157	586	4.7
	OPT-K	645	101	544	6.4
	FP	512	45	467	11.4
阎村镇	OPT	851	157	693	5.4
	OPT-K	664	101	589	6.6
	FP	824	99	725	8.3

3 小结

3.1 夏玉米氮磷钾化肥配合施用具有增产效果。OPT处理夏玉米产量比OPT-K增产34-65公斤/亩，相对产量提高7.5%-15.1%。与单施氮肥的习惯施肥比较，OPT处理增产7-144公斤/亩，相对产量增加1.3%-45.0%。土壤肥力的差异对氮磷钾化肥配合施用的增产效果有一定的影响。

3.2 土壤肥力状况影响夏玉米平衡施肥的经济效益，高土壤肥力的平衡施肥经济效益高于低土壤肥力。

3.3 夏玉米平衡施肥产值最高，但增产的经济效益并不显著。OPT处理的利润大体上稍高于习惯施肥和OPT-K处理；受肥料与玉米价格变化影响，OPT处理的产投比4.7-5.4, 低于OPT-K处理的6.4-7.3，显著低于习惯的8.3-17.5。

山东省粮食高产小麦施用氮肥效果研究

魏建林 崔荣宗 杨果 管力生 田叶

(山东农业科学院土壤肥料研究所, 济南, 250100)

摘要: 高肥力土壤条件下研究了不同施氮量对小麦产量和氮肥利用率的影响。结果表明: 增施氮肥能提高小麦分蘖、增加亩穗数, 改善穗粒数等产量构成因素, 随着施氮量的增加, 小麦的产量逐渐增加, 当施氮量在每亩16公斤时, 小麦产量最高, 继续增大氮肥用量, 小麦产量不再增加。分析各处理扣除肥料投入成本的纯收益, N16处理纯收益最高, 其次为N12处理和N20处理, N0纯收益最低。氮素的农学效率和利用率偏低, 合适的氮素用量可以提高农学效率和氮肥利用率。

前言

山东是中国的农业大省, 耕地面积0.95亿亩, 粮食年总产4260.5万吨^[1], 近些年来高产高效的生产品模式, 农民施用氮肥量普遍较大, 氮肥虽然在一定程度上有所增产, 但施入过量的氮肥会降低肥料利用率, 导致土壤酸化。多余的氮素会造成水体污染、温室气体排放、重金属污染, 隐藏着巨大的环境污染和健康风险, 并且消耗了巨大的能源^[2-7]。由于连年的大量肥料投入, 土壤肥力有了很大的提高, 研究高肥力土壤条件下的肥料施用效果和肥料利用率具有重要的现实意义。本试验地点选在青州市高柳镇廉颇村, 当地是传统种植农业区, 属于粮食高产区。以不施用氮肥做对照, 设置不同氮肥用量水平。研究不同氮素用量对小麦的增产效益、农学效应(每施入1公斤养分增加的籽粒产量、形成每100公斤籽粒所需要的养分)、氮肥利用率的影响。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验于2008年10月至2009年6月进行。该试验地块位于鲁北平原南部, 北纬N36° 51' 17.3", 东经E118° 30' 09.9"。处于暖温带半湿润季风气候区。年平均气温13.1℃, 年平均降水量641.5毫米, 干旱时采用地下水机井浇灌。

供试土壤为褐土, 质地为轻壤土。土壤性状测定采用ASI分析方法^[8]和常规农化分析法^[9]。试验前采取耕层土壤样品(0-20厘米)进行分析, 实验室编号为: BHP|W|04, 用于提出最佳施肥推荐量。土壤养分状况见表1(ASI法)和表2(常规法)。冬小麦品种为横观35, 播量7公斤/亩, 氮肥用尿素(N46%), 磷肥用过磷酸钙(P₂O₅12%), 钾肥用加拿大产氯化钾(K₂O60%)。

表1 供试土壤养分状况(ASI)

地点	实验室编号	OM	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B	pH
		(%)	(毫克/升)												
青州高柳镇	BHP W 04	1.04	15.1	46.2	13.2	75.9	4027.4	486.8	0.8	11.8	1.5	4	1.2	1.49	7.9

表2 供试土壤养分状况(常规法)

项目	碱解氮 (毫克/公斤)	速效磷 (毫克/公斤)	速效钾 (毫克/公斤)	有机质%	pH
土样 (0-20厘米)	83.3	23.7	126.3	1.8	7.1

1.2 试验方法与过程

试验为随机区组设计,共6个处理。氮素用量设0, 4, 8, 12, 16和18 公斤 N/亩六个水平,各个处理磷钾肥用量一致,氮肥分基肥(2008年10月9日)、返青期(2009年3月20日)和拔节期(2009年4月9日)三次施用,每次各施总量的1/3。磷肥用量为7公斤 P_2O_5 /亩,钾肥用量为6公斤 K_2O /亩,全部磷肥和钾肥基施(2008年10月9日)。重复4次。小区面积30平方米。

小麦于2009年6月12日收获,收获前没有遇到恶劣天气,小麦各处理小区均未出现倒伏。成熟期采集每个重复小区的有代表性的植株样品,分别获得秸秆和籽粒两部分。80℃烘干至恒重,粉碎过2mm筛,制成样品,测定植株中氮的含量。

数据差异显著性检验采用DPS统计分析软件(DPS v2.00普及版)^[10]。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对小麦株高、穗长、穗粒数、千粒重的影响

表3 不同施肥处理小麦株高、穗长、穗粒数、千粒重情况

处理	株高厘米	穗长厘米	穗粒数	千粒重g
1. N0	72.0	6.4	31.8	39.8
2. N4	71.4	6.5	33.2	38.8
3. N8	71.9	6.7	33.2	39.8
4. N12	72.0	6.9	35.4	38.8
5. N16	72.1	6.5	33.7	38.8
6. N20	71.7	6.8	34.1	38.5

从表3可知,各施肥处理小麦株高差异不大。在一定范围内,随着施氮量的增加,小麦的穗长、穗粒数都有所增加,至每亩施氮12公斤时,继续增大氮肥用量,小麦的穗长、穗粒数呈下降趋势。小麦千粒重以低氮处理的较高。

2.3 经济产量分析

表4 小麦经济产量分析表

处理	经济产量 (公斤/亩)	增产* (公斤/亩)	增产率* (%)	纯收益 (元/亩)	秸秆产量 公斤/亩	经济系数
1. N0	357dD	0	0	644	369 aA	0.49
2. N4	371cD	14.7	4.1	658	382 aA	0.49
3. N8	410bC	53.6	15	720	414 aAB	0.50
4. N12	421bBC	64.0	17.9	725	446 bBC	0.49
5. N16	438aA	81.7	22.9	745	455 cCD	0.49
6. N20	434aAB	77.3	21.7	720	453 cD	0.49

肥料价格：N=3.9元/公斤，P₂O₅=4.17元/公斤，K₂O=6.7元/公斤

收获物(小麦)价格=2.0元/公斤

从小麦经济产量分析表可知(表4)，N16(每亩施氮肥16公斤)处理小麦产量最高，N0(不施氮肥)小麦产量最低。在施用一定量的磷钾肥基础上，随着施氮量的增加，小麦的产量增加，每亩施氮16公斤时小麦产量最高，继续增大氮肥用量，小麦产量不再增加。其中N20，N16，N12，N8较N0(不施氮肥)处理增产达到极显著性水平，N4较N0增产达到显著性水平。N16处理小麦产量与N20处理无明显差异。N12处理和N8处理小麦产量无明显差异。N16处理较N12处理增产达到显著性水平。以N0为对照，N4、N8、N12、N16、N20处理的增产率分别为4.1%、15%、17.9%、22.9%、21.7%。扣除肥料投入成本，从纯收益分析结果可见，N16处理产值和纯收益均最高，其次为N12处理和N20处理，N0产值和纯收益最低。从秸秆产量结果看，N0处理小麦秸秆量最低，N16处理小麦秸秆量最高，其次为N20处理。N0、N4、N8处理的小麦秸秆产量之间差异性不显著，N16和N20处理秸秆产量差异性不显著。非收获物(小麦秸秆)产量变化趋势与小麦籽粒产量变化趋势基本一致。各处理经济系数差异不大。

2.4 氮肥增产效益和氮元素养分利用率分析

表5 氮肥增产效益和氮元素养分利用率表

处理	农学效率 (公斤经济产量/公斤氮素)	每形成100公斤经济产 量吸收的公斤氮养分量	N积累量 (公斤/亩)	氮素养分利用率 (%)
1. N0		2.2	10.7	
2. N4	3.7	2.3	11.4	18.7
3. N8	6.7	2.3	12.4	21.4
4. N12	5.3	2.2	13.6	24.3
5. N16	5.1	2.2	13.7	18.8
6. N20	3.9	2.2	13.5	14.2

注：农学效率(公斤/公斤)：施入单位氮素养分的增产量

N肥利用率(%)= (施氮处理平均吸N量- N0处理平均吸N量)/施氮(N)量 × 100%

表5可以看出，N8处理的农学效率最高，每公斤氮素增产小麦6.71公斤，但是还远远低于国际、国内平均水平[11]，增加氮素用量，农学效率降低，N20处理的农学效率仅为3.9。每形成100公斤经济产量吸收的公斤氮养分量在2.2~2.3公斤，各处理间差异不大。从氮素养分利用率分析，N12处理氮素利用率最高，为24.3%，继续增加氮素用量，氮素利用率下降，N20处理的氮素利用率最低，为14.2%。本试验中，N4处理的农学效率仅为3.7，氮素利用率为18.7%，可能与试验地基础地力高，本处理设计中施氮量太小，在大田试验中，达不到小麦明显增产的需肥强度，所以农学效率和氮素利用率表现与理论值相悖，是否还有其他原因，还需进一步探讨。

3 小结

在本试验条件下，从小麦试验结果可知：

(1) 在施用一定量的磷钾肥基础上，增施氮肥能提高小麦分蘖、增加亩穗数，改善穗粒数等产量构成因素，千粒重则以低氮水平的较高。

(2) 随着施氮量的增加，小麦的产量逐渐增加，当施氮量在每亩16公斤时，小麦产量最高，继续增大氮肥用量，小麦产量不再增加。N16处理小麦产量与N20处理无明显差异。N12处理和N8处理小麦产量无明显差异。N16处理较N12处理增产达到显著性水平。

(3) 分析各处理扣除肥料投入成本的纯收益，N16处理纯收益均最高，其次为N12处理和N20处理，N0纯收益最低。

(4) 氮素的农学效率和利用率偏低，合适的氮素用量可以提高农学效率和利用率。

参考文献

[1] 国家统计局.山东统计年鉴-2009[M]. 北京:中国统计出版社,2010.

[2] 陆增根,戴廷波,姜东,荆奇,吴正贵,周培南,曹卫星.氮肥运筹对弱筋小麦群体指标与产量和品质

形成的影响[J].作物学报,2007,33(4):590~597页.

[3] 杨萍果,周进财,张定一.氮肥施用量对冬小麦产量和品质的影响[J].山西农业大学学报,2002,22(3):206~208页.

[4] 贺明荣,杨雯玉,王晓英,王振林,杨万立.不同氮肥运筹模式对冬小麦籽粒产量品质和氮肥利用率的影响[J].作物学报,2005,8:1047~1051页.

[5] 崔振岭,石立委,徐久飞,李俊良,张福锁,陈新平.氮肥施用对冬小麦产量、品质和氮素表观损失的影响研究[J].应用生态学报,2005,11:2071~2075页.

[6] 程存旺,石嫣,温铁军.氮肥的真实成本[EB/QL]. <http://www.greenpeace.org/raw/content/china/zh/press/reports/cf-n-rpt.pdf>

[7] J. H. Guo, et al. Significant Acidification in Major Chinese Croplands[J], Scienc,2010,Vol 327, 1008 -1010.

[8] 金继运,白由路,杨俐苹等.高效土壤养分测试技术与设备[M].北京:中国农业出版社,2006.

[9] 李酉开.土壤农化常规分析方法[M].北京:科学出版社.1983.

[10] 唐启义和冯明光.实用统计分析及其计算机处理操作平台[M].北京:中国农业出版社,1997.

[11] 金继运.我国土壤肥料科技领域面临的挑战[EB/QL]. http://www.ipni.ac.cn/UploadFiles/PowerPoint/2010_beijing/2010_IPNI_BEIJING_2.pdf



调查小麦分蘖情况



取土测定土壤养分状况

施磷对长绒棉生长发育动态变化和产量的影响

张炎¹ 姚银坤¹ 胡伟¹ 高媛¹ 祁永春² 曾雄²

(1. 新疆农业科学院土壤肥料研究所, 乌鲁木齐, 830000;

2. 新疆阿瓦提县农业技术推广中心土肥站, 阿克苏 843200)

摘要: 通过田间试验, 研究不同施磷量对长绒棉干物质积累、分配比例及产量构成因子的影响。结果表明: 棉株各生育阶段干物质积累呈现出苗期缓慢, 蕾期逐渐加快, 开花到结铃盛期积累最快, 此后又渐趋于平稳, 符合植物增长的“S”型曲线。干物质积累过程可用Logistic曲线方程模拟表达, 棉株总干物质和生殖器官干物质积累速率最快的时刻分别在播种后的83天~90天和97天~103天。增施磷肥, 干物质积累高峰推迟, 快速积累时期延长, 地上部器官干物质积累量增加。全生育期, 处理间各器官干物质的分配比例基本一致, 前期以茎、叶营养器官为主但增长缓慢, 中后期以生殖器官为生长中心, 而且增施磷使叶的积累比例下降67.8%~70.2%, 棉子的比例增加14.9%~16.6%、壳的比例下降11.7%~13.5%、棉纤维的比例增加4.5%~10.1%。增施磷肥能增加单株铃数, 处理间最多相差0.5个/株, 是皮棉产量差异的主要原因。

关键词: 磷, 长绒棉, 干物质积累量, 产量

磷素是新疆棉区的主要养分限制因子之一^[1,2], 施用磷肥对棉花产量的贡献率达21.3%^[1]。目前, 生产中农民为了追求棉花的高产, 往往盲目增加磷肥用量, 尤其是高产棉区, 棉农在棉花上施用磷肥的量有不断加大的趋势, 从而造成棉田土壤磷的积累, 磷肥利用率低, 磷肥的效益下降^[3,4]。棉花干物质是形成产量的基础, 其生殖器官是接受和贮存光合产物的库^[5]。近年来, 有关养分、栽培模式等对棉花干物质积累和生长发育的动态变化研究较多^[6-9], 而关于磷对长绒棉干物质积累动态和分配比例的影响的研究却少有报道。本研究运用Logistic生长函数拟合了长绒棉干物质积累动态, 分析与长绒棉干物质积累、分配和产量之间的关系, 为生产中长绒棉磷肥的合理施用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验安排在新疆阿瓦提县多浪乡, 前茬作物为棉花。试验区属典型温带大陆性干旱气候, 光照充足, 热量丰富; 年平均降雨量61.2毫米, 年平均蒸发量2337.4毫米, 年日照时数2778小时, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温4252.2 $^{\circ}\text{C}$, 无霜期205天, 适宜于长绒棉生产。

1.2 试验设计

供试品种为长绒棉新海20, 宽膜覆盖高密度种植, 一膜4行, 播幅内宽、窄行距配置为50+30+55+30=165厘米, 株距为11厘米, 理论株数为14692株/亩, 2006年于4月14日播种。供试土壤为沙壤质潮土, 供试土壤的养分状况: 有机质17.72克/公斤, 全氮0.821克/公斤, 速效氮138.1毫克/公斤, 速效磷10.90毫克/公斤, 速效钾168毫克/公斤。

试验设4个施磷处理, 每处理重复3次, 小区面积33.33平方米, 各处理总施肥及追肥量见表1。

供试肥料：氮肥为尿素(46%N)，磷肥为三料磷肥(46%P₂O₅)，钾肥为硫酸钾(33%K₂O)。

表1 各处理总施肥量及追肥用量(kg/亩)

处理	氮肥总量		基肥			追施氮肥			
	N	N 30%	P ₂ O ₅ 100%	K ₂ O 100%	6-24 15%	7-5 25%	7-25 20%	8-12 10%	
P0	15.0	4.5	0.0	4.7	2.3	3.8	3.0	1.5	
P1	15.0	4.5	4.7	4.7	2.3	3.8	3.0	1.5	
P2	15.0	4.5	9.3	4.7	2.3	3.8	3.0	1.5	
P3	15.0	4.5	14.0	4.7	2.3	3.8	3.0	1.5	

1.3 样品的采集与测定

1.3.1 棉株干物质积累量测定 在棉花的主要生育期苗期(5月11日)、蕾期(6月11日)、花期(6月28日)、铃期(8月4日)、吐絮期(9月9日)于上午10:00—12:00之间采样,每小区随机选取有充分代表性的棉株3株(苗期5株),将其分为茎、叶、蕾+花、棉壳、棉纤维、种子,在105℃下杀青,80℃下烘干测定其干物质积累量。

1.3.2 产量测定棉花产量以测产方式获得。测产方法为试验小区内每隔2株测一株,调查结铃数,计算全区株数、铃数及单株结铃数。棉花吐絮后每小区分3次采收下、中、上部30、50、20朵完全吐絮棉桃,测定平均单铃重和衣分,计算棉花产量。

2 结果分析

2.1 施磷对长绒棉干物质积累的影响

2.1.1 不同施磷量对长绒棉干物质总量的积累与模拟

用Logistic生长函数拟合不同施磷处理棉株干物质总量的积累动态,其函数方程及性质见表2。

表2 棉株总干物质动态积累模拟及其特征值

处理	Δt(天)	t ₀ (天)	t ₁ (天)	t ₂ (天)	模拟方程	R ²	F
P0	38	83	64	102	$y=48.675/(1+e^{(5.683-0.0690t)})$	0.998	523.3**
P1	40	84	64	104	$y=50.208/(1+e^{(5.402-0.0646t)})$	0.997	337.7**
P2	47	90	67	114	$y=62.680/(1+e^{(5.088-0.0566t)})$	0.996	252.6**
P3	43	86	64	107	$y=57.680/(1+e^{(5.207-0.0610t)})$	0.996	265.4**

注: t为长绒棉播种后的天数(天), y为长绒棉干物质积累量(克/株), t₀为干物质积累速率最大时刻, t₁和t₂分别为Logistic生长函数的两个拐点, Δt被称为“时间特征值”, Δt=t₂-t₁。F(3,8)0.05=4.07, F(3,8)0.01=7.59。

t₁和t₂将Logistic生长函数的“S”型干物质积累曲线分为3个阶段: 在0~t₁时间内,即从播种到

播种后63天,干物质总量积累呈缓慢上升的趋势;在 $t_1 \sim t_2$ 时间内,即播种后64天~114天积累速度迅速加快;在 t_2 时刻后,即从播种后115天至生育期结束,积累速度又减缓。 Δt 被称为“时间特征值”,表示了作物旺盛生长期的时间长短,对长绒棉增施磷肥后,其干物质总量快速积累的时期 Δt 延长2天~9天,棉株总干物质积累最快的时期在播种后64天至114天(6月18日至8月6日),此时棉株处于营养生长与生殖生长并进的花期和盛铃期,是生长最旺盛的时期,其地上部干物质积累量由花期的13.1克/株~16.65克/株增加到盛铃期的39.5克/株~43.6克/株,到吐絮期其全生育期干物质积累总量为48.14克/株~59.65克/株,棉花地上部干物质积累量占全生育期积累总量的比例由花期的26.6%~29.6%增加到盛铃期的72.6%~82.6%。干物质总量积累速率最大的时刻 t_0 为:P0处理在播种后83天(7月6日);P1处理在播种后84天(7月7日);P2处理在播种后90天(7月13日);P3处理在播种后86天(7月9日),增施磷肥,长绒棉干物质总量积累速率最大的时刻 t_0 推后1天~7天。干物质的积累是形成产量的基础,通过增施一定量的磷肥延长了干物质积累时间和快速积累的时期,使长绒棉充分利用新疆棉区光热资源丰富的优势,将有利于棉花产量的形成。

增施磷肥显著促进长绒棉干物质的积累,到吐絮期时各处理的地上部干物质积累总量为48.1克/株~59.65克/株,P1、P2和P3分别比P0处理的干物质积累量增加1.2克/株、11.5克/株和8.0克/株,即增加了2.5%、23.9%和16.7%,这有可能因为磷素供应充足时,棉花根系中ATP含量、核酸总量及根系伤流量提高,地上部干物质产量亦增加^[6]。

长绒棉与陆地棉相比有生育时期较长,株型较小,地上部总干物质积累较少的特点,其干物质积累的总趋势与生育规律与陆地棉一致:即现蕾以前极为缓慢,蕾期逐渐加快,初花到结铃盛期是干物质积累的高峰期,以后又逐渐变慢^[9,10],符合棉花生长的“S”型曲线。

2.1.2 不同施磷量对长绒棉生殖器官干物质积累与模拟

表3 棉株生殖器官干物质动态积累模拟及其特征值

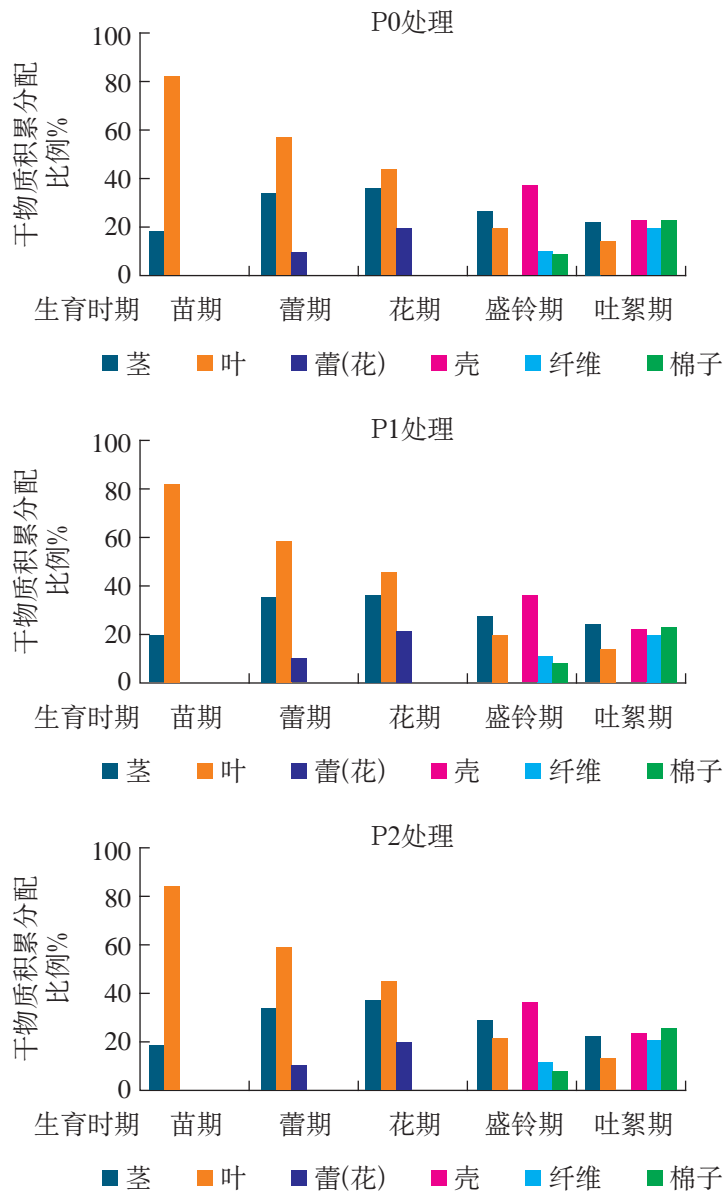
处理	Δt (天)	t_0 (天)	t_1 (天)	t_2 (天)	模拟方程	R^2	F
P0	31	97	81	112	$y=31.990/(1+e^{(8.1307-0.0844t)})$	0.999	5536.1**
P1	32	97	81	113	$y=32.057/(1+e^{(7.934-0.0819t)})$	0.999	4427.2**
P2	35	103	86	121	$y=42.126/(1+e^{(7.726-0.0750t)})$	0.999	4220.6**
P3	34	98	81	115	$y=36.929/(1+e^{(7.542-0.0775t)})$	0.999	2091.2**

注:同表2。F(3,8)0.05=4.1, F(3,8)0.01=7.6。

不同施磷处理棉株生殖器官干物质积累动态,与干物质总量的积累趋势相似,也呈“S”型曲线,其Logistic生长函数方程见表3。生殖器官积累速率最大的时刻 t_0 ,P0处理在播种后97天(7月20日)即开花后43天,P1处理在播种后97天(7月20日)即开花后43天,P2在播种后103天(7月26日)即开花后49天,P3处理在播种后98天(7月21日)即开花后44天,P2、P3处理分别比P0处理推后6天和1天。增施磷肥,使长绒棉生殖器官干物质积累最快的时期 Δt 延长,P1、P2、P3处理分别比P0处理延长1天、4天和3天。P2处理比P1、P3处理更为明显的延长和推后生殖器官干物质积累的趋势。在 Δt 期间,棉株正处于花期和盛铃期,其生殖器官干物质积累量在花期为2.8克/株~3.8克/株增加

到盛铃期的21.2克/株~23.8克/株，到吐絮成熟时棉花全生育期生殖器官干物质积累总量为31.2克/株~39.8克/株，得出从花期到盛铃期棉花生殖器官干物质占全生育期生殖器官总积累量的比例由7.7%~10.5%增加到56.9%~69.0%。棉花的生殖器官是接受和贮存光合产物的库，实现棉花高产不仅需要干物质积累多，而且在有限的富光富温高能时期，需要速度快、时间长^[11]。通过增施磷肥发现：棉花生殖器官干物质积累时间的延长与推后，使棉株充分利用光热资源，这将有利于棉花经济产量的形成。

2.2 施磷对棉花地上部器官干物质分配比例的影响



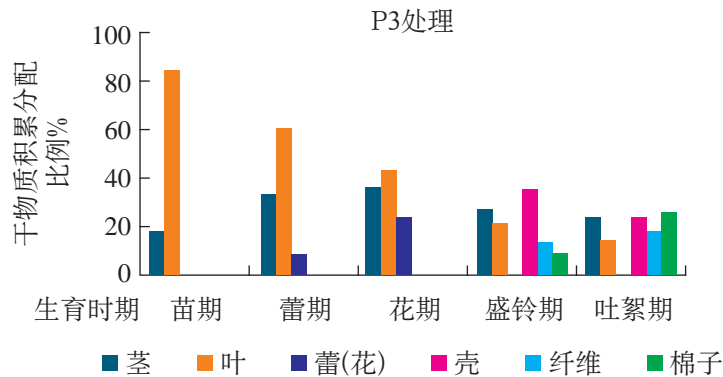


图1 不同磷处理棉花地上部器官干物质分配

图1所示,随着生育期的推进,在4个施磷处理间,棉株全生育期地上部各器官干物质占整株干物质的比例具有一致性,但随施磷量的增加,各施磷量处理间对不同器官的积累比例呈现不同变化趋势。

就营养器官而言,随生育期的推进,从花期开始生长中心转移至生殖器官,营养生长减缓,茎、叶干物质所占比例逐渐下降,苗期棉株茎所占总干重的比例17.3%~18.7%、叶占81.3%~82.7%,到吐絮期分别变化为总干重的21.1%~23.2%和12.1%~13.9%;但茎和叶所占比例的变化过程不同,茎的比例从苗期到花期先逐渐增加,从花期开始到吐絮期又逐渐减少,并且不同施磷量处理之间的比例基本相等;然而叶片在棉株中所占比例持续下降,到吐絮期P0处理比例下降了68.5%,P1处理下降了67.7%,特别是P2处理下降了70.2%,P3处理下降了68.8%,处理间随施磷量的增加,叶片所占比例的变化较突出,这是因为叶片中碳水化合物代谢受到磷的调控,而且在棉花生长后期,叶片等营养器官生产的碳水化合物输送给铃,再运输到位于种子表皮正在伸长和增厚的纤维细胞中,以促进纤维的生长,使棉壳、纤维和棉籽的比例逐渐升高^[12]。

从总体上分析棉株的生殖器官积累情况,花蕾占全株的比例由蕾期的8.8%~9.4%迅速增至花期的19.8%~22.6%;从盛铃期至吐絮期棉壳、纤维和棉籽的干物质积累量占地上部总干重的比例之和由51.4%~57.2%上升到61.5%~66.9%。然而随着施磷量的增加,磷对不同生殖器官在干物质分配上有很大差异。从盛铃期到吐絮期,增施磷肥使棉壳所占比例持续下降,在P0处理下降了14.3%,在P1处理下降了13.5%,在P2处理下降了12.2%,在P3处理下降了11.7%;增施磷肥使棉纤维积累量所占比例发生较大波动的增加,在P0处理增加了10.2%,P1处理增加了8.3%,P2处理增加了10.1%,在P3处理增加了4.5%;增施磷肥使棉籽的比例呈现增加趋势,在P0处理增加了14.8%,P1处理增加了14.9%,特别在P2处理增加了16.6%,P3处理增加了16.2%,可见不同施磷量对长绒棉生长后期各器官占棉株比例的影响比较大。

2.3 不同施磷量对长绒棉产量构成的影响

表4 不同施磷量对棉花产量构成的影响

处理	单株铃数 (个/株)	单铃重 (克)	衣分% (%)	子棉 (公斤/亩)	皮棉 (公斤/亩)
P0	7.3 b	3.1 a	33.3 a	269.7 b B	89.9 b B
P1	7.4 b	3.2 a	33.6 a	276.9 b AB	93.0 b AB
P2	7.9 a	3.2 a	33.3 a	300.1 a A	99.9 a A
P3	7.4 ab	3.2 a	33.6 a	279.2 b AB	93.7 ab AB

注：LSD多重比较，大写字母表示0.01的差异水平，小写字母为0.05的差异水平。

结果表明：不同施磷处理间，棉花单铃重、衣分差异不显著，而单株铃数差异显著，子棉和皮棉的产量差异显著。P1、P2和P3处理的子棉产量分别比P0增加2.7%、11.3%和3.5%；P1、P2和P3处理的皮棉产量分别比P0处理增加3.5%、11.2%和4.2%；P2处理的单株铃数比其他处理约多0.5个/株。说明施磷引起处理间单株铃数差异是导致产量差异的主要原因，这与付明鑫等人的研究结果一致^[13]。胡竞良等人运用放射性磷的示踪研究，测定出即将脱落蕾铃中³²P含量，得出脱落蕾铃比不脱落蕾铃含³²P低得多，说明磷素营养不足时，蕾铃正常代谢受阻，运往蕾铃的磷素减少，这是导致蕾铃脱落的原因之一^[14]。通过增施磷肥，增加了单株铃数，验证了这一研究结果。

通过增施磷肥皮棉产量遵循肥料投入的报酬递减规律^[9]。得出本试验磷肥投入量和皮棉产量之间的关系： $y = -0.1045x^2 + 1.8427x + 89.1$ ($r = 0.6777^*$, $n = 12$)。由此求出本试验最高产量施磷量为8.82公斤/亩，最高产量为97.2公斤/亩。根据2006年当地长绒棉21.8元/公斤和磷肥4.2元/公斤的价格，得出经济施 P_2O_5 量为7.89公斤/亩，经济产量为97.1公斤/亩。

3 小结

(1) 从整个积累过程看，其干物质积累呈现慢-快-慢的积累规律。棉花播种后第64天~114天期间，是棉株一生中生长最旺盛的时期，也是形成产量的关键时期。随着施磷量的增加，干物质积累高峰有推迟出现的趋势。

(2) 在不同施磷量处理间，地上部各器官干物质占整株干物质的比例具有一致性。在生育前期以营养器官为主，但随生育期的推进，茎、叶所占的比例逐渐下降。不同施磷量对各生殖器官在分配上有差异，同样从盛铃期到吐絮期，增施磷肥使棉壳所占比例持续下降，棉纤维所占比例增加，棉子所占比例也呈现增加趋势。

(3) 研究表明，增施磷肥引起处理间单株铃数显著差异是导致皮棉产量差异的主要原因，而处理间单铃重和衣分差异不显著。

(4) 拟合长绒棉磷肥效应方程： $y = -0.1045x^2 + 1.8427x + 89.1$ ($r = 0.6777^*$, $n = 12$)遵循肥料投入报酬递减规律。

综上所述，棉花干物质积累的总趋势与其生育规律是一致的，初花至结铃盛期是长绒棉生物量

积累的高峰是形成高产的关键时期。增施磷肥能够促进长绒棉干物质积累,特别是生殖器官的干物质积累,增加单株铃数并提高长绒棉产量。

参考文献

- [1] 张炎,王讲利,李磐,等.新疆棉田土壤养分限制因子的系统研究[J].水土保持学报,2005,12(6):58~60.
- [2] 张炎,史军辉,罗广华,等.新疆农田土壤养分与化肥施用现状及评价[J].新疆农业科学,2006,43(5):375~379.
- [3] 王平,陈新平,田长彦,等.新疆南部地区棉花施肥现状及评价[J].干旱区研究,2005,6(2):264~268.
- [4] 张炎,王讲利,刘骅.新疆棉田土壤养分的吸附特征与有效性研究[J].水土保持学报,2005,10(5):47~51.
- [5] 陆景陵主编.植物营养学[M].北京:中国农业大学出版社,1995:154~163.
- [6] 张旺峰,李蒙春.北疆高产棉花养分吸收特性的研究[J].棉花学报,1998,10(2):88~95.
- [7] Kefyalew Girma, Roger K. Teal, Kyle W. Freeman Cotton Lint Yield and Quality As Affected by Applications of N, P, and K Fertilizers[J].The Journal of Cotton Science,2007,11:12~19.
- [8] 胡霁堂主编.植物营养学[M].北京:中国农业大学出版社,1995:48~52.
- [9] 谭勇,张炎,文启凯,等.氮磷和钾营养对新海16长绒棉产量和品质的影响[J].土壤肥料,2006,(2):34~36.
- [10] 伍维模,郑德明,董合林,等.南疆棉花干物质和氮磷钾养分积累的模拟分析[J].西北农业学报,2002,11(1):92~96.
- [11] 姚源松主编.新疆棉花高产优质高效理论与实践[M].新疆:新疆科学技术出版社,2003:63~65.
- [12] Donald L.Smith, Chantai Hamel著,王璞等译.作物产量—生理学及形成过程[M].北京:中国农业大学出版社,2001:194.
- [13] 付明鑫,向敏超,孟风轩,等.阿克苏棉区不同氮磷钾配比对棉花产量的影响[J].西北农业学报,2000,9(2):117~120.
- [14] 孙济中主编.棉作学[M].北京:中国农业出版社,1998:259~260.

有机肥无机肥配合施用对小麦、玉米品质的影响

李丙奇¹ 孙克刚 和爱玲

(河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所, 郑州, 450002)

摘要: 通过有机-无机肥配合施用以及氮、磷、钾、锌肥的配合施用试验, 结果表明有机-无机肥配合施用以及氮、磷、钾、锌肥的配合施用均有不同程度提高作物品质的作用。

关键词: 有机肥, 无机肥, 小麦, 玉米, 品质

随着人民生活水平的不断提高, 人们除了需要丰富的农产品外, 对其品质的要求也越来越高, 因此以合理施用肥料作为提高产品品质的一项生产措施, 日益为人们所重视。在国际植物营养研究所(IPNI)资助下, 先后开展了主要作物的高产高效研究, 并对几种主要营养元素对作物品质的改善进行了总结。

1 材料与方法

品质取样分析是结合田间试验小区进行的。试验包括小麦—玉米轮作试验, 复混肥试验, 不同钾肥用量试验等。测定品质方法, 不特别注明外, 均用常规的品质分析方法。

2 结果与分析

2.1 长期施用有机肥、化肥对小麦、玉米籽实品质的影响

对已进行了十年的长期定位试验, 取成熟的籽实进行了氨基酸、脂肪含量的测定(表1)。结果表明, 有机肥与氮肥配合施用显著增加小麦籽实氨基酸总和, 约增加25%左右。磷稍有降低其含量的作用, 尤以单施磷肥降低较为明显。施肥对各种氨基酸含量的影响不同。依次为酪氨酸>蛋氨酸>精氨酸>谷氨酸>亮氨酸。由于氮是氨基酸的重要组成成分, 因此高氮量明显增加其含量, 若以氮磷2:1则使氨基酸的含量和产量均处于相对较高水平。

对玉米各种氨基酸及总和的影响基本上与小麦相同, 只是钾不同, 使氨基酸有所增加。小麦的氨基酸总含量比玉米高, 尤其是对人体有益的谷氨酸比玉米高118.2%, 脯氨酸高71.9%, 其次还有甘氨酸、精氨酸和胱氨酸, 可见小麦的营养价值是比较高的。

对玉米脂肪含量的影响因施肥不同而差异较大。施肥比不施肥增高59.7%—107.5%, 其中以 MN_2P_1 的最高。可见氮磷配合, 促进了植物的生长发育, 并促进了碳水化合物的合成和脂肪的形成。

IPNI 资助项目

基金项目: “华北小麦—玉米一体化施肥关键技术研究示范”(2008BADA4B07);

省科技厅攻关: “小麦玉米一体化栽培、施肥简化优化措施研究”(092102110041)

^[1]作者简介: 李丙奇(1977-), 男, 河南禹州人, 助理研究员, 大学本科, 主要从事植物营养与施肥和精准农业养分管理方向的研究。

表1 有机-无机肥配合施用对小麦、玉米氨基酸总和的影响(%)

处理	小麦		玉米		玉米脂肪
	氨基酸总和	比不施肥增加%	氨基酸总和	比不施肥增加%	
CK	12.9	-	9.8	-	2.01
M	13.7	6.2	8.8	-10.2	3.21
MN ₁	16.1	24.8	10.2	4.1	3.46
MN ₂	16.2	25.6	11.3	15.3	3.46
MP ₁	10.5	-18.6	7.4	-24.5	3.58
MN ₁ P ₁	10.6	-17.8	9.2	-6.1	4.03
MN ₂ P ₁	14.9	15.5	10.2	4.1	4.17
MN ₂ P ₂	13.9	7.8	10.0	2.0	4.05
MN ₂ P ₂ K	11.9	-7.8	10.9	11.2	3.92

* CK为不施肥, M为有机肥(农家肥), 亩施1吨; N₁, N₂分别为亩施氮为8, 16公斤; P₁, P₂分别为亩施P₂O₅ 4, 8公斤; K为亩施K₂O 8公斤。氮肥用尿素, 磷肥用重过磷酸钙, 钾肥用氯化钾。

2.2 不同种类的氮、磷、钾肥料对小麦、玉米品质的影响

含N、P二种养分的硝酸磷肥与等量NP复混肥均增加了籽实蛋白质和面筋的含量, 而淀粉含量则低于对照(表2)。这是由于合成的碳水化合物较多用于蛋白质的形成, 因而影响了淀粉的积累。

表2 不同施肥对小麦籽实品质的影响(%)

处理	蛋白质	淀粉	干面筋
硝酸磷肥	13.5	62.3	7.8
尿素+重钙	13.5	61.5	7.4
不施肥	12.4	62.4	6.8

* 亩施15公斤纯N, 6公斤P₂O₅。

合理配施N、P肥料或N、P、K肥料明显地比农民习惯施肥法增加了玉米籽实氨基酸总量, 增加了4.7%-6.3%, 比空白对照区增加44.2%-46.4%。主要表现在增加了谷氨酸、丙氨酸, 亮氨酸、苯丙氨酸、脯氨酸等几种重要氨基酸的含量。由于各种氨基酸是蛋白质的基本组件, 因而亦提高了蛋白质的含量, 比农民习惯施肥法提高8.95%; 比空白对照区39.3%(表3)。可见单一施用氮肥的传统习惯施肥法已不能充分发挥土地的增产潜力, 而元素配合比例协调的施肥法, 解决了土壤供肥和需肥的矛盾, 不仅提高了玉米产量, 而且显著改善了籽实品质。

表3 肥料合理配比对玉米籽实品质的改善(%)

处理	空白	习惯施肥	NP	NPK	处理	空白	习惯施肥	NP	NPK
天冬氨酸	0.46	0.66	0.67	0.66	异亮氨酸	0.32	0.40	0.40	0.36
苏氨酸	0.23	0.32	0.32	0.32	苯丙氨酸	0.41	0.56	0.60	0.61
丝氨酸	0.30	0.43	0.46	0.47	酪氨酸	0.27	0.37	0.37	0.32
谷氨酸	1.37	2.00	2.22	2.27	赖氨酸	0.29	0.30	0.32	0.29
甘氨酸	0.28	0.36	0.38	0.36	组氨酸	0.16	0.22	0.24	0.24
丙氨酸	0.51	0.71	0.80	0.80	精氨酸	0.23	0.44	0.46	0.44
胱氨酸	0.27	0.34	0.28	0.28	脯氨酸	0.54	0.70	0.80	0.82
缬氨酸	0.40	0.51	0.54	0.52	总和	7.17	9.88	10.5	10.34
蛋氨酸	0.22	0.28	0.23	0.22	比空白增加%	-	37.8	46.4	44.2
亮氨酸	0.91	1.28	1.41	1.36	蛋白质干基	7.25	9.27	10.1	10.1

* 空白为不施肥，习惯施肥：亩施15公斤纯N； NP：亩施15公斤纯N、6公斤P₂O₅； NPK：亩施15公斤纯N、6公斤P₂O₅、7公斤K₂O。氮肥用尿素，磷肥用重过磷酸钙，钾肥用氯化钾。

2.3 钾元素对粮、油作物品质的改善

对施钾与不施钾处理，在作物成熟期取样进行品质分析(表4)，钾肥对油料作物的含油量、粮食作物粗蛋白质含量有明显的促进作用。

表4 钾对作物品质的影响

处理	油料作物含油量(%)		粮食作物粗蛋白含量(%)		
	油菜	芝麻	大米	大豆	小麦
NP	32.9	46.3	7.3	38.4	12.6
NPK	35.8	52.1	7.8	40.0	13.3
NPK比NP增加%	8.8	12.5	6.8	4.2	5.6

* 亩施15公斤纯N，6公斤P₂O₅，7公斤K₂O。氮肥用尿素，磷肥用重过磷酸钙，钾肥用氯化钾。

3 小结

有机肥与氮肥配合施用显著增加小麦玉米籽实氨基酸总量。

合理配施N、P肥料或N、P、K肥料明显增加了玉米籽实氨基酸总量。元素配合比例协调的施肥法，解决了土壤供肥和需肥的矛盾，不仅提高了玉米产量，而且显著改善了籽实品质。

钾肥对油料作物的含油量、粮食作物粗蛋白质含量有明显的促进作用。

参考文献

- (1) 蒂斯代尔SL〔美〕, 纳尔逊WL〔加〕, 毕藤JD.土壤肥力与肥料〔M〕.金继运, 刘荣乐等, 译.中国农业科技出版社, 1998.
- (2) 加拿大钾磷研究所.肥料与农业发展国际学术讨论会论文集〔C〕.中国农业科技出版社, 1999.
- (3) Perrenoud S.钾与植物健康〔M〕.黄晓澜, 译.中国农业科技出版社, 1998.
- (4) 谢建昌.钾与中国农业〔M〕.河海大学出版社, 2000.
- (5) 胡思农, 涂仕华.四川省作物钾素营养和钾肥应用研究〔M〕.四川科学技术出版社, 2000.
- (6) 周健民.土壤钾素肥力评价与钾肥合理施用〔M〕.吉林科学技术出版社, 2004.
- (7) 孙慧敏等.施磷量对小麦品质和产量及氮素利用的影响.麦类作物学报, 2006.26(2)135-138



大棚茄子-水稻轮作制下水稻季合理施肥技术研究

王强¹ 姜丽娜^{1*} 潘建清² 毛晓梅²

(1 浙江省农科院环境资源与土壤肥料研究所

杭州 310021,

2 长兴县农业局 长兴 313100)

摘要: 通过田间小区试验研究了大棚茄子-水稻轮作制下不同施肥处理对茄子后作水稻季产量和养分吸收的影响。结果表明: 与农民习惯施肥(大棚茄子季高量施肥水稻季不施肥)相比, OPT、OPT-P、OPT-K处理施氮10公斤/亩, 可使稻谷产量超过500公斤/亩, 增产幅度超过23%, 并增加利润55-102元/亩, 水稻季不施磷、不施钾处理对水稻产量无显著影响; 水稻季不施N显著影响了分蘖盛期植株中氮磷钾含量和收获期养分累积量, 而不施磷、钾对水稻植株和稻谷养分含量和累积量无显著影响; 后季水稻可利用前季茄子磷、钾肥后效, 并对降低茄子季高施肥量引起的土壤中过高的速效磷、速效钾水平有明显的作。产量和养分吸收结果均表明大棚茄子后作水稻主要养分限制因子是氮, 磷、钾不成为养分限制因子。

关键词: 水稻轮作, 水稻, 施肥

大棚蔬菜-水稻轮作是浙江省近年来发展较快的种植制度, 通过该种轮作制能减缓大棚栽培中的土壤次生盐渍化等连作障碍, 从而达到大棚蔬菜的连年高产和高效益, 是一种可持续的生产模式。大棚蔬菜-水稻轮作还兼顾了效益农业和粮食生产, 对于浙江省农业种植结构调整和粮食安全均具有重要意义。但目前大棚蔬菜-水稻轮作制中合理施肥技术研究明显滞后, 农民施肥存在较大的盲目性和不合理性。大棚蔬菜季的高产和高效益诱使农民过量的施入超过作物需求量的肥料, 而水稻季则基本不施肥, 以利用前季作物施肥的后效为主。虽然通过水稻吸收前季过多肥料有利于降低土壤的次生盐渍化, 但前季大棚作物残留土壤养分的不平衡影响了水稻的稳产高产。本试验选择浙江省长兴县大棚茄子-水稻轮作区, 研究了长期水旱轮作下, 茄子后作水稻栽培的合理施肥技术, 以期为大棚蔬菜-水稻轮作制中合理施肥提供理论依据和技术指导。

1 材料与方

1.1 试验区概况

试验区位于浙江省长兴县雉城镇彭城村(119.97810° E, 31.04885° N), 距太湖沿岸200米。该区域大棚茄子-水稻轮作面积超过15000亩。前期调查表明大棚茄子季施肥量普遍超过纯N 53公斤/

国际植物营养研究所IPNI项目资助(IPNI-ZJ-24)。

* 通讯作者: E-mail: tfsjz@zaas.org

作者简介: 王强(1979.10), 男, 浙江江山人, 植物营养学硕士, 助理研究员, 研究方向: 新型肥料研制开发及无公害施肥技术研究。E-mail: qwang0571@126.com, Tel: 0571-86404302

亩, P_2O_5 23公斤/亩, K_2O 53公斤/亩, 不少农户的纯N施用量达到了67公斤/亩, 而水稻季则基本不施肥。试验田块前作为大棚茄子, 基、追肥化肥折纯施用量为N 49公斤/亩, P_2O_5 26公斤/亩, K_2O 55公斤/亩。

供试土壤为潮土性水稻土, 质地为粉砂壤土。土壤基本理化性状经北京中-加合作实验室ASI法测定, 养分状况见表1。

表1 供试土壤基本理化性状

pH (水)	有机质 %	土壤有效养分含量(毫克/公斤)											
		NH ₄ -N	NO ₃ -N	磷 P	钾 K	钙 Ca	镁 Mg	硫 S	铁 Fe	铜 Cu	锰 Mn	锌 Zn	硼 B
6.49	1.06	19.7	175.6	136.4	265.5	2791.2	382	610	233.6	3.6	29.9	7.2	2.85

1.2 试验设计

试验设计为单因素随机区组试验, 设6个处理: ① CK(农民习惯)、② OPT(N₁₀P₄K₆, 施N、 P_2O_5 、 K_2O 分别为10、4、6 kg/hm²)、③ OPT-N、④OPT-P、⑤OPT-K、⑥ 1/2 OPT(N₅P₂K₃)。氮肥使用尿素, 磷肥为过磷酸钙, 钾肥为氯化钾。施肥方法为: 50%的氮肥和全部磷、钾肥作基肥, 剩余50%氮肥作追肥, 其中苗肥占20%, 分蘖肥占30%。试验重复3次, 小区面积20平方米。供试水稻品种为嘉991。

2 结果与讨论

2.1 大棚茄子后作水稻施肥的产量效应

水稻OPT试验产量结果表明(表2), 与农民习惯在水稻季不施用氮磷钾肥的栽培方式(CK)相比, 其余各施肥处理均显著提高了水稻产量。其中产量最高的是OPT处理, 达到503公斤/亩, OPT-P、OPT-K处理稻谷产量也超过了500公斤/亩, 与OPT处理间无显著差异。1/2 OPT处理和OPT-N处理影响了水稻产量, 与OPT处理间差异达到显著水平, 但仍显著高于CK处理。

本试验OPT处理考虑到前作茄子季氮肥用量较高的因素, 氮肥施用量设计为10公斤/亩, 比当地常规水稻栽培氮肥施用量减少了5公斤/亩, 但在前茬作物氮的后效影响下, 仍可达到500公斤/亩的目标产量, 比农民实际生产中不施肥(CK)的栽培方式增产23.9%。试验中1/2 OPT处理已出现明显减产, CK处理减产更加严重, 表明在茄子种植季后种植水稻仍需施用一定量氮肥, 氮肥用量不足将严重影响水稻产量, 氮是大棚茄子后作水稻的主要养分限制因子。

试验中OPT-P及OPT-K处理产量与OPT处理差异不显著, 主要是由于茄子季磷钾肥的大量施用导致土壤中磷钾累积明显。水稻试验前土壤测试结果表明土壤速效磷达到了210.7毫克/公斤, 速效钾也达到了670.5毫克/公斤, 因此磷、钾不成为水稻生产的养分限制因子, 在适当施用氮肥的基础上, 吸收利用土壤中的磷钾就可满足后季水稻生长对磷钾的需求。同时通过水稻的吸收, 减少磷钾在土壤中的积累, 降低产生次生盐渍化的风险。试验中OPT-N处理与CK处理相比产量的差异达极显著水平, 表明在不施氮肥的条件下, 施用磷钾肥仍有明显的增产效果, 适当施用磷钾肥有利于利用前茬作物氮的后效, 有利于氮肥后效发挥的最适磷钾用量还有待于进一步研究。

表2 大棚茄子后作水稻OPT试验产量结果

处理	施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O 公斤/亩	产量 公斤/亩	比OPT		
			增加 公斤/亩	%	相对产量 %
OPT	10-4-6	503a			
OPT-N	0-4-6	460c	-43	-8.55	91.5
OPT-P	10-0-6	500a	-3	-0.66	99.4
OPT-K	10-4-0	500a	-3	-0.57	99.4
CK	0-0-0	406d	-97	-19.41	80.7
1/2 OPT	5-2-3	483b	-20	-5.02	95.9

2.2 大棚茄子后作水稻施肥经济效益分析

大棚茄子后作水稻OPT试验经济效益分析结果表明：OPT-P、OPT-K处理分别获得613公斤/亩和640元/亩的较高经济效益，比试验中的OPT处理增加利润20和47元/亩，1/2 OPT处理也能获得617元/亩利润，比OPT处理增加利润23.5元/亩，OPT-N和CK处理获得利润最低，分别比OPT处理减少35元/亩和55元/亩。根据经济效益分析和产量结果认为，在土壤磷钾水平高积累的条件下，每公顷施用10公斤/亩氮肥、不施磷钾肥是最佳的处理，不施磷钾肥不仅节约了肥料资源，保证获得水稻的高产，还可以获得较高的利润。

表3 大棚茄子后作水稻施肥经济效益分析

处理	投入(元/亩)			产出(元/亩)			利润 (元/亩)
	肥料	其它	总	稻谷	草	总	
OPT	121	200	321	825	89	914	593
OPT-N	78	200	278	754	82	836	558
OPT-P	95	200	295	820	89	909	613
OPT-K	69	200	269	820	89	909	640
CK	0	200	200	666	72	738	538
1/2 OPT	61	200	261	792	86	877	617

说明：稻谷按1640元/吨，尿素按2000元/吨，过磷酸钙按900元/吨，氯化钾按5200元/吨计算。

2.3 施肥对大棚茄子后作水稻生长及稻谷经济性状的影响

收获期植株和稻谷经济性状考察结果表明：OPT处理植株高度明显高于其它处理，CK、OPT-N及1/2 OPT处理植株明显较矮，OPT-P、OPT-K对植株高度也有一定的影响。缺氮及减氮处理明显影响水稻有效穗数及穗长。

表4 施肥对大棚茄子后作水稻生长及稻谷经济性状的影响

处理	株高 (厘米)	穗长 (厘米)	亩有效穗数 (万丛)	每穗总粒数	每穗实粒数	结实率 (%)	千粒重 (克)
OPT	96.2	14.9	17.5	120.4	111.9	93.2	25.2
OPT-N	90.2	14.1	17.3	118.2	114.0	96.4	25.7
OPT-P	92.9	14.4	17.1	106.0	99.4	93.7	24.4
OPT-K	94.0	14.7	17.9	121.1	114.4	94.7	24.9
CK	90.6	14.5	16.5	108.8	104.2	95.6	25.2
1/2 OPT	91.6	14.0	17.3	114.1	105.8	92.5	24.9

2.4 施肥对大棚茄子后作水稻养分吸收的影响

各试验处理的植株分析结果表明，氮肥主要影响分蘖盛期植株生长，不施氮或减少氮用量明显降低分蘖盛期植株氮含量，而对收获期稻草及谷粒中氮含量影响较少(图1)。氮肥供应不足还影响了分蘖盛期水稻对磷和钾的吸收，表现为缺氮及CK处理磷和钾含量均较低(图2，图3)，而对收获期磷和钾的含量无明显影响。OPT-P、OPT-K处理对不同生育期植株磷和钾含量均未产生显著影响，说明由于土壤中磷、钾含量高，不施磷、钾肥不对植株吸磷、吸钾产生影响。

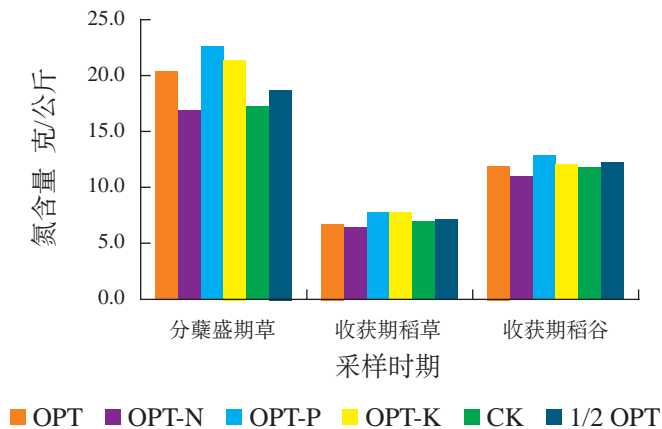


图1 施肥对大棚茄子后作水稻植株氮含量的影响

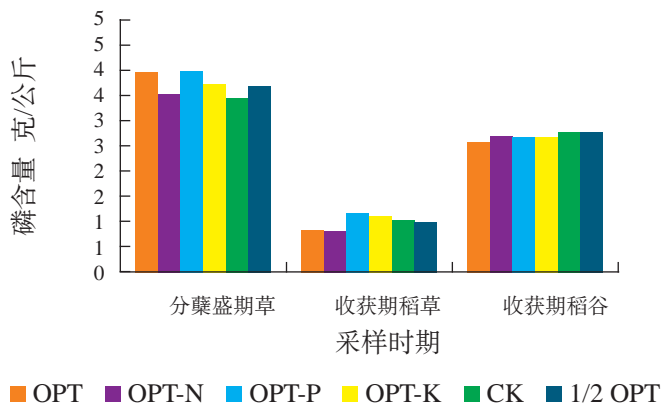


图2 施肥对大棚茄子后作水稻植株磷含量的影响

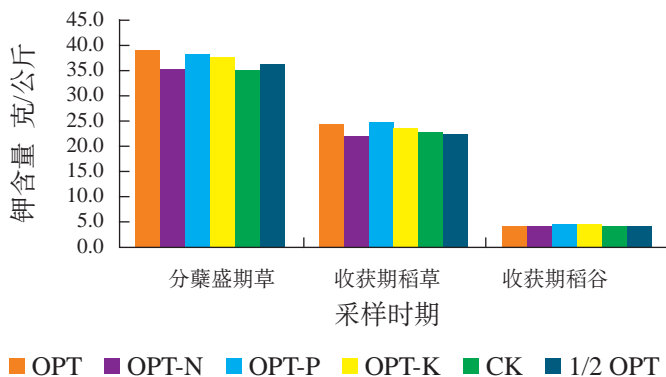


图3 施肥对大棚茄子后作水稻植株钾含量的影响

作物养分吸收量计算结果表明(表5), OPT、OPT-P、OPT-K处理吸收氮磷钾量较高,且3个处理中吸氮、吸磷量以不施磷、不施钾处理略高于OPT处理,吸钾量缺钾处理略低,表明在试验条件下不施磷、不施钾处理基本不影响作物对磷钾的吸收,由土壤供给磷钾可基本满足水稻高产的需求。不施氮明显降低氮的吸收量和磷钾的吸收量,而减氮处理氮与磷的吸收量并不低于OPT处理,钾的吸收量则明显低于OPT处理。

表5 施肥对大棚茄子后作水稻氮磷钾养分吸收的影响

处理	稻谷吸收量(公斤/亩)			稻草吸收量(公斤/亩)			总吸收量(公斤/亩)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
OPT	5.9	1.3	2.1	3.0	0.4	10.8	8.9	1.7	12.9
OPT-N	5.1	1.2	1.9	2.6	0.3	9.0	7.7	1.6	10.9
OPT-P	6.4	1.4	2.2	3.4	0.5	10.8	9.8	1.9	13.0
OPT-K	6.0	1.3	2.2	3.4	0.5	10.3	9.4	1.8	12.6
CK	4.8	1.1	1.7	2.6	0.4	8.2	7.4	1.5	9.9
1/2 OPT	5.8	1.3	2.0	3.1	0.4	9.4	8.9	1.7	11.4

2.5 水稻种植对土壤速效氮磷钾的影响

对水稻试验前原始土样及水稻收获期各施肥处理土壤样品测定结果(表6)表明, 后季种植水稻对茄子季高施肥量引起的土壤中过高的速效磷、速效钾水平有明显的降低作用, 土壤速效磷从210 毫克/公斤降到80 毫克/公斤以下, 土壤速效钾从667.5 毫克/公斤降低至500 毫克/公斤以下, 说明大棚蔬菜-水稻轮作对缓解土壤次生盐渍化、提高蔬菜大棚的可持续利用有明显作用。当季施肥处理对土壤碱解氮的影响表现为不施氮及CK处理土壤碱解氮含量较低, 表明不施氮条件下对土壤氮的吸收更多。土壤中速效磷、速效钾含量变化主要受施氮处理的影响, 不施氮、CK及1/2 OPT处理对土壤钾的吸收较少, 表现为土壤速效钾含量高于OPT处理、OPT-P处理及OPT-K处理, 这与作物生长较差、产量较低有关系。不施磷、钾处理土壤速效磷、速效钾含量没有表现出明显的下降, 表明土壤对磷钾有较大的缓冲能力, 一季不施磷钾肥不会产生土壤磷钾含量的明显下降。

表7 施肥对土壤速效氮磷钾的影响

采样时间	处理	碱解N (毫克/公斤)	速效P (毫克/公斤)	速效K (毫克/公斤)
试验前土样		233.5	210.7	670.5
水稻收获期	OPT	220.8	72.4	403.7
	OPT-N	207.7	76.0	454.1
	OPT-P	228.4	74.4	406.9
	OPT-K	217.9	72.6	434.5
	CK	211.2	77.4	490.1
	1/2 OPT	220.6	79.4	469.4

3 结论与讨论

大棚栽培在我国农业生产中具有重要的地位, 也是农业结构调整和农民增收的重要手段。但是大棚栽培中长期过量及不合理的施肥带来的土壤次生盐渍化等障碍已成为限制大棚栽培可持续发展的关

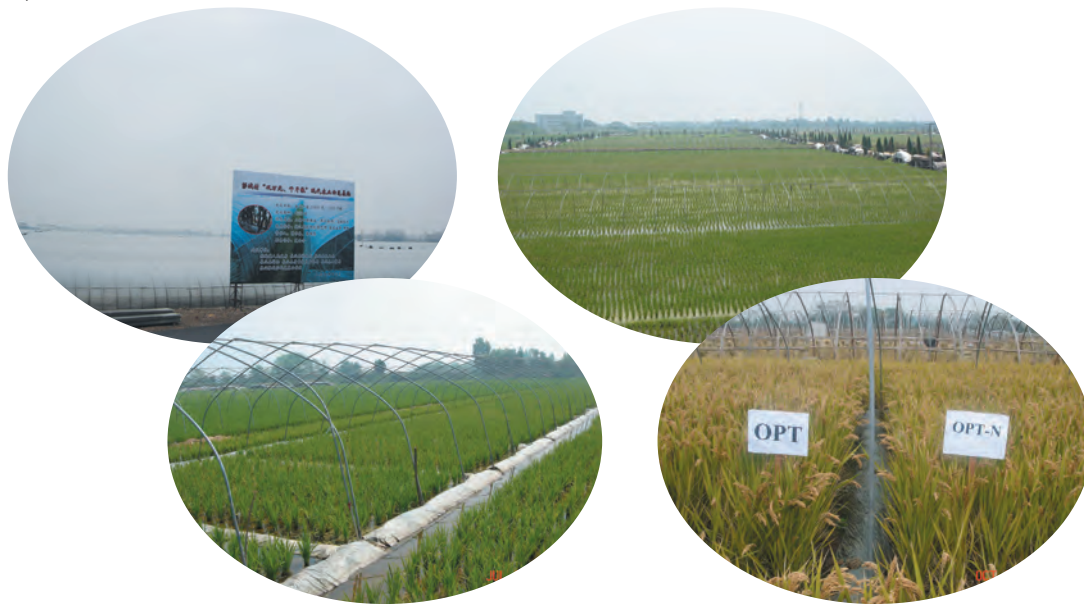
键因素^[1,2]。近年来设施栽培-水稻轮作在我国南方地区得到了大面积的推广,如浙江省的大棚草莓-水稻轮作、大棚茄子-水稻轮作等轮作栽培面积显著增加^[3],并已经针对大棚茄子-水稻轮作开展了一些研究^[4]。大棚栽培-水稻轮作已被实践证明是缓解大棚栽培土壤障碍的有效手段^[5],本试验实施地长兴县的大棚茄子-水稻轮作已持续将近二十年,在大棚茄子季的高施肥量下,土壤仍维持了良好的生产力。

但大棚栽培-水稻轮作未改变农民不合理的施肥习惯,轮作中“重旱轻水”的施肥习惯,不但影响了茄子生产的效益和肥料的利用率,而且影响了水稻产量。本试验的研究表明,大棚茄子后作水稻主要养分限制因子是氮,磷、钾不成为养分限制因子。茄子后作水稻施氮10公斤/亩,可获得500公斤/亩以上稻谷产量,比农民实际生产中不施肥(CK)的栽培方式增产23.9%。而由于前作茄子高施肥量导致土壤中磷钾累积严重,水稻季可不施磷钾,不仅可减少肥料投入成本,提高经济效益,还可减少磷钾在土壤中的过度积累,避免次生盐渍化的发生。

利用水稻季生产来消耗大棚茄子季积累的过量养分是缓解大棚土壤土壤次生盐渍化的有效措施,但综合考虑产投比和肥料利用率等因素,仍需加强研究大棚茄子-水稻轮作下的高效施肥技术模式,在保证茄子产量前提下,减少茄子季的施肥量,并合理分配两季间的施肥量和施肥比例,从而达到茄子保产增收、水稻增产、肥料高效的目的。

参考文献:

- [1] 李廷轩,周健民,段增强,等.中国设施栽培系统中的养分管理.水土保持学报,2005,19(4):70-74.
- [2] 郭文忠,刘声锋,李丁仁,等.设施蔬菜土壤次生盐渍化发生机理的研究现状与展望.土壤,2004,36(1):25-29.
- [3] 何圣米,杨悦俭,李必元,等.设施蔬菜-水生蔬菜水旱轮作模式的应用.浙江农业科学,2005,1:10-12.
- [4] 徐培智,解开治,陈建生,唐拴虎,张发宝,黄旭,李康活.一季中晚稻的稻菜轮作模式对土壤酶活性及可培养微生物群落的影响.植物营养与肥料学报,2008,14(5):923-928.
- [5] 孟艳玲,刘子英,李季.菜粮轮作对温室土壤盐分和硝态氮含量的影响.河南农业科学,2006,10:81-84.



中微量元素肥料对马铃薯产量、品质和土壤肥力的影响

吕慧峰¹ 王小晶¹ 陈怡¹ 毛国庆² 卢祥言² 沈云树³ 王正银¹

(1.西南大学资源环境学院, 重庆 400716;

2.巫溪县农业局, 重庆 405800; 3.城口县农业局, 重庆 405900)

摘要: 在重庆市巫溪和城口两县采用大田试验研究了不同中微量元素肥料对马铃薯产量和品质的影响。结果表明, 增施锌肥和锰镁硼锌复合肥均可显著提高两个试验地马铃薯产量, 其余各种肥料的增产作用因试验地点不同其效果各异; 增施锰、硼肥提高了马铃薯维生素C含量, 而增施镁、锌肥则降低维生素C含量; 增施各中微量元素(锰除外)肥料均不同程度地提高了马铃薯的淀粉含量; 增施各中微肥对马铃薯可溶性糖、粗蛋白含量的影响两个试验点结果差异较大。除增锌处理外, 其余各处理均不同程度的降低了两试验点马铃薯的磷含量; 除增施锰和锌的处理外, 其余各处理均不同程度的降低了两试验点马铃薯的钾含量。增施各中微量元素肥料, 提高了马铃薯土壤的养分含量, 改善土壤肥力水平。

关键词: 马铃薯, 中微肥, 产量, 品质, 土壤肥力

植物正常生长发育既需要大量营养元素, 也需要镁、锰、硼、锌等中微量元素。虽然作物对中微量元素需要量较少, 但它们在作物生长发育中的作用大量元素无法替代。微量元素有些是植物体的构成元素, 有些参与重要的生理生化反应, 在作物的不同生育期发挥着重要作用, 从而影响着作物产量及品质的形成。长期以来在农业生产中比较注重施用大量元素肥料, 中微量元素的施用未引起足够重视, 致使土壤中养分比例失调、中微量元素严重缺乏, 施用中微肥已成为进一步提高农作物产量和品质的重要措施之一。目前, 关于马铃薯施用中微肥的报道已有一些, 但多集中在某一种微肥施用对其产量和品质的影响^[1-5], 或是某种微肥与大量元素配施的研究^[6-7], 而有关不同种类微肥对马铃薯产量和品质的研究较少^[8-9]。本研究通过田间试验, 探讨几种中微量元素肥料对马铃薯产量、品质及土壤养分的影响, 旨在找出限制马铃薯高产优质的营养障碍因子和科学施用中微肥提供依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

巫溪、城口两试验地的供试土壤均为山地黄壤, 质地壤粘土, 土壤的基本农化性状列于表1。马铃薯的品种巫溪试验点选用鄂薯5号, 城口试验点选用巴山白。氮磷钾肥的施用, 巫溪按N: P₂O₅: K₂O 为8: 4: 12公斤/亩施用, 城口按N: P₂O₅: K₂O为11: 8: 6公斤/亩施用。中微肥的施用两个试验点均为硫酸镁15公斤/亩,硫酸锌2公斤/亩, 硫酸锰1公斤/亩, 硼砂1公斤/亩。

表1 供试土壤农化性状

地点	pH	有机质 克/公斤	有效养分(毫克/公斤)										
			N	P	K	S	Ca	Mg	B	Fe	Mn	Cu	Zn
巫溪	4.6	28.5	129	31.9	77.4	32.0	560	0.130	0.150	14.9	85.9	0.880	2.76
城口	5.9	23.3	97.2	6.44	115	6.11	1840	0.390	0.160	3.19	49.1	0.810	2.37

1.2 试验方法

巫溪试验于2009年3月6日~2009年7月21日在重庆市巫溪县塘坊乡梓树村一社进行。城口试验于2009年3月2日~2009年7月27日在重庆市城口县岚天乡红岸村进行。试验共设7个处理：1)无肥对照；2)NPK；3)NPK+Mn；4)NPK+Mg；5)NPK+B；6)NPK+Zn；7)NPK+Mn+Mg+B+Zn。采用随机区组设计，3~7处理的NPK用量相同，3次重复，小区面积20平方米。密度2500窝/亩，双行栽培。收获后测定马铃薯的产量和品质。

1.3 测定内容和方法

土壤样品测定pH、有机质、有效氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、锰等养分，采用常规方法测定^[10]，马铃薯干样用H₂SO₄-H₂O₂消化，常规方法测定全氮、磷、钾^[10]，粗蛋白用全氮含量乘以换算系数6.25得出结果。维生素C采用2,6-二氯酚酚滴定法；淀粉采用酸水解法；可溶性糖采用3,5-二硝基水杨酸分光光度法^[10]；马铃薯产量采用新复极差法(SSR检验法)进行统计分析^[11]。

2 结果与分析

2.1 不同中微肥处理对马铃薯产量的影响

不同施肥处理对巫溪试验点马铃薯产量的影响见表2。以在氮磷钾基础上分别增施镁(硫酸镁15公斤/亩)、硼(硼砂公斤/亩)、锌(硫酸锌2公斤/亩)和镁硼锌锰复合均可使马铃薯显著增产，增幅16.6%~21.7%。增产顺序为增施锌>镁>镁硼锌锰复合>硼>锰，其中以增施镁和锌的效果更好，分别增产19.9%和21.7%，而增施锰(硫酸锰1公斤/亩)的作用不大。可见，在氮磷钾的基础上增施中微量元素肥料对马铃薯产量的提高具有明显的效果。

表2 不同处理马铃薯的产量(巫溪)

代号	处理	小区产量 $\bar{x} \pm SD$ (公斤/区)	差异 显著性		亩产量 $\bar{x} \pm SD$ (公斤/亩)	相对产量 %
			$p_{0.05}$	$p_{0.01}$		
1	无肥对照	15.2 ± 0.3	c	C	506 ± 10	38.7
2	NPK	39.2 ± 3.0	b	B	1306 ± 101	100.0
3	NPK+Mn	39.5 ± 0.9	b	B	1317 ± 29	100.9
4	NPK+Mg	47.0 ± 3.5	a	A	1567 ± 116	120.0
5	NPK+B	45.7 ± 1.2	a	A	1523 ± 39	116.6
6	NPK+Zn	47.7 ± 0.6	a	A	1590 ± 19	121.7
7	NPK+Mn+Mg+B+Zn	46.2 ± 1.6	a	A	1540 ± 54	117.9

由表3可以看出, 以在氮磷钾基础上分别增施锌和镁硼锌锰复合可使城口试验点马铃薯显著增产, 分别增产8.8%和6.2%; 增施镁、硼和锰对马铃薯产量略有降低作用, 但不显著。可见在氮磷钾的基础上增施锌肥可显著的提高马铃薯的产量, 而增施镁、硼、镁三种微量元素肥料不利于产量的提高, 这可能与城口、巫溪的土壤养分条件不同有关。

表3 不同处理马铃薯的产量(城口)

代号	处理	小区产量 $\bar{x} \pm SD$ (公斤/区)	差异 显著性		亩产量 $\bar{x} \pm SD$ (公斤/亩)	相对产量 %
			$p_{0.05}$	$p_{0.01}$		
1	无肥对照	28.2 ± 4.1	c	B	940 ± 138	67.7
2	NPK	41.7 ± 2.1	ab	A	1390 ± 69	100.0
3	NPK+Mn	40.7 ± 4.2	ab	A	1352 ± 113	97.3
4	NPK+Mg	40.0 ± 2.0	ab	A	1334 ± 67	96.0
5	NPK+B	38.0 ± 2.0	b	A	1265 ± 73	91.1
6	NPK+Zn	45.3 ± 5.0	a	A	1512 ± 168	108.8
7	NPK+Mn+Mg+B+Zn	45.0 ± 4.4	a	A	1475 ± 230	106.2

2.2 不同中微肥处理对马铃薯品质的影响

巫溪试验点马铃薯的营养品质分析结果(表4)显示, 在氮磷钾基础上分别增施锰、施硼和镁硼锌锰复合肥提高马铃薯维生素C含量9.2%~9.6%, 而增施镁、锌、降低马铃薯维生素C含量。除增施硼降低了马铃薯的可溶性糖含量外, 其余各处理提高3.7%~25.9%, 其中以增施镁提高幅度最大。增施各种微量元素肥料均略提高了马铃薯的淀粉含量, 但作用不明显。粗蛋白和块茎中钾的含量各处理均有所降低, 降幅分别为3.7%~17.7%和3.4%~11%。各处理中仅以增施锌提高了马铃薯块茎的含磷量, 其余处理降幅7.6%~27.2%。可见, 施用中微量元素肥料, 均不同程度的改善了马铃薯的品质。

表4 不同处理对马铃薯品质的影响(巫溪)

代号	VC		淀粉		可溶性糖		粗蛋白		磷		钾	
	毫克/公斤	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	242	106.1	60.3	95.8	0.580	107.4	7.14	86.7	0.150	94.9	0.108	91.5
2	228	100.0	62.9	100.0	0.540	100.0	8.23	100.0	0.158	100.0	0.118	100.0
3	249	109.2	62.5	99.4	0.560	103.7	7.22	87.7	0.115	72.8	0.111	94.1
4	198	86.8	65.8	104.6	0.680	125.9	7.72	93.8	0.146	92.4	0.105	89.0
5	250	109.6	66.2	105.2	0.510	94.4	7.24	88.0	0.139	88.0	0.114	96.6
6	220	96.5	63.8	101.4	0.640	118.5	7.93	96.3	0.179	113.3	0.105	89.0
7	249	109.2	64.6	102.7	0.640	118.5	6.78	82.3	0.124	78.5	0.114	96.6

由表5的可以看出,在氮磷钾基础上除增施锰、硼分别提高城口试验点马铃薯维生素C 12.9%和3.9%,增施锌和镁硼锌锰复合分别提高马铃薯的可溶性糖含量14.8%和8.0%外,其余各处理均有不同程度降低作用。各处理中除增施锰降低了马铃薯的淀粉含量外,其余各处理均不同程度的提高了马铃薯的淀粉含量2.9%~9.6%,其中增幅最大的为增施硼肥处理。各处理除增施锌降低了马铃薯的粗蛋白含量外,其余处理增幅为1.5%~15.0%,其中以增施硼和镁硼锌锰复合的效果更好,分别为10.6%和15.0%。增施各中微肥均降低了马铃薯块茎的磷含量,降幅7.0%~15.7%。各处理除增施锰和锌对马铃薯块茎的含钾量略有增加外,其余处理均有所降低。以上结果表明,对马铃薯施用各种中微量元素肥料,可有效的改善马铃薯的营养结构,从而提高马铃薯的营养品质。

表5 不同处理对马铃薯品质的影响(城口)

代号	VC		淀粉		可溶性糖		粗蛋白		磷		钾	
	毫克/公斤	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	279	109.4	58.0	102.8	0.860	97.7	6.31	73.5	0.340	91.9	0.165	100.0
2	255	100.0	56.4	100.0	0.880	100.0	8.58	100.0	0.370	100.0	0.165	100.0
3	288	112.9	53.0	94.1	0.810	92.0	8.71	101.5	0.344	93.0	0.170	103.0
4	232	91.0	59.5	105.6	0.630	71.6	8.74	101.9	0.343	92.7	0.166	100.6
5	265	103.9	61.8	109.6	0.80	90.9	9.49	110.6	0.324	87.6	0.159	96.4
6	244	95.7	58.0	102.9	1.01	114.8	7.78	90.7	0.312	84.3	0.153	92.7
7	230	90.2	58.5	103.8	0.950	108.0	9.87	115.0	0.320	86.5	0.165	100.0

2.3 不同中微肥处理对土壤肥力的影响

巫溪试验点试验后土壤养分分析结果(表6)显示,增施中微肥的各处理较施用氮磷钾肥使土壤碱解氮含量下降9.8%~44.0%;有效磷含量提高2.3%~79.9%;有效钾含量提高14.3%~58.1%,其中增施硼和锌的处理,土壤有效钾含量有所降低;有效锰含量无明显变化;有效镁含量提高400%~500%,其中增施镁的处理,土壤有效镁含量增幅最大,为500%;有效硼含量提高

5.9%~41.2%，其中增施锰的处理，土壤有效硼含量有所降低；有效锌含量以增施锌和镁硼锌锰复合的处理有所增加，其余处理均不同程度的有所降低。可见，增施中微量元素肥料提高了马铃薯土壤的养分含量，改善土壤肥力状况。

表6 不同处理对土壤肥力的影响(巫溪)

代号	碱解氮		有效磷		有效钾		有效锰		有效镁		有效硼		有效锌	
	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%	克/公斤	%	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%
1	140	71.5	35.0	134.0	58.0	85.7	69.8	97.6	0.05	500	0.180	105.9	2.94	107.3
2	196	100.0	26.1	100.0	67.7	100	71.6	100.0	0.01	100	0.170	100.0	2.74	100.0
3	177	90.2	34.1	130.3	77.4	114.3	71.5	99.9	0.04	400	0.140	82.4	2.56	93.4
4	145	73.9	47.0	179.9	77.4	114.3	71.3	99.6	0.05	500	0.200	117.6	2.52	92.0
5	129	66.0	30.6	117.2	58.0	85.7	69.6	97.3	0.04	400	0.180	105.9	2.45	89.4
6	146	74.6	26.7	102.3	65.3	96.5	70.6	98.6	0.04	400	0.210	123.5	5.53	201.8
7	148	75.8	27.8	106.4	107	158.1	72.4	101.1	0.04	400	0.240	141.2	5.65	206.2

由表7的可以看出，增施中微肥的各处理较只施氮磷钾肥使城口土壤的碱解氮含量提高4.3%~11.3%；有效磷含量提高46.0%~119.0%；有效钾含量降低4.3%~30.4%；有效锰含量提高3.7%~21.6%；有效镁含量降低5.7%~14.3%；有效硼含量除增施硼的处理增加103.1%外，其余处理均不同程度的降低，降幅21.2%~27.3%；有效锌含量提高0.2%~23.8%。

表7 不同处理对土壤肥力的影响(城口)

代号	碱解氮		有效磷		有效钾		有效锰		有效镁		有效硼		有效锌	
	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%	克/公斤	%	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%
1	149	111.3	78.0	135.3	248	110.9	36.2	114.5	0.400	114.3	0.260	78.8	9.18	102.6
2	134	100.0	57.6	100.0	224	100.0	31.6	100.0	0.350	100.0	0.330	100.0	8.95	100.0
3	149	111.3	101	175.0	234	104.3	31.5	99.5	0.330	94.3	0.250	75.8	9.45	105.6
4	131	97.5	84.2	146.0	156	69.6	32.8	103.7	0.320	91.4	0.240	72.7	9.10	101.7
5	140	104.3	126	219.0	200	89.1	34.2	108.2	0.300	85.7	0.680	206.1	8.97	100.2
6	141	105.2	110	190.7	200	89.1	34.9	110.4	0.300	85.7	0.260	78.8	10.2	113.7
7	125	93.1	84.6	146.7	214	95.7	39.9	126.1	0.360	102.9	0.330	100.0	11.1	123.8

3 结论

3.1 在巫溪试验中，增施各中微量元素肥料均可提高马铃薯的产量，其中以增施锌、镁肥效果更好。而在城口的试验中仅以增施锌和镁硼锌锰复合对马铃薯产量的提高具有明显的效果，其余肥料的施用均略有减产。

3.2 在巫溪、城口的试验中,均以增施锰、硼提高马铃薯维生素C含量,增施镁、锌降低了维生素C含量;在巫溪试验中,除增施硼外其余各处理均提高了马铃薯可溶性糖含量,而在城口,除增施锌和镁硼锌锰复合外,其余处理不同程度地降低了可溶性糖含量;各处理均不同程度的提高了两个试验点马铃薯的淀粉含量;在巫溪试验中,各处理均不同程度的降低了马铃薯的粗蛋白含量,而在城口除增施锌外其余处理不同程度的增加了粗蛋白含量;除增施锌的处理外其余各处理均不同程度的降低了两个试验点马铃薯的磷含量;除增施锰和锌的处理外,其余各处理均不同程度的降低了两个试验点马铃薯的钾含量。

3.3 增施各中微量元素肥料,提高了马铃薯土壤的养分含量,改善土壤肥力水平。

参考文献

- [1] 贾景丽.周芳.赵娜等.硼对马铃薯生长发育及产量品质的影响[J].湖北农业科学, 2009, 48(5):1081-1083.
- [2] 闻章辉.苏北地区马铃薯施用镁肥的效果试验[J].中国马铃薯, 2005, 19(6):350-351.
- [3] 宋志荣.施锰对马铃薯产量和品质的影响[J].中国农学通报, 2005, 21(3):222-223.
- [4] 刘林敏.徐火忠.宁建美等.镁对马铃薯产量和经济性状的影响[J].中国马铃薯, 2005, 19(1):28-29.
- [5] 李华.施锌对马铃薯产量和品质的影响[J].山西农业大学学报, 1997, 17(3):270-272.
- [6] 王泽义.卢芙玲.钾肥、硼肥在马铃薯生产中的增产提质效应[J].中国农学通报, 2005, 21(9):294, 317.
- [7] 李华, 毕如田, 程芳琴等.钾锌锰配合施用对马铃薯产量和品质的影响[J].中国土壤与肥料, 2006(4):46-50.
- [8] 范士杰.雷尊国.吴文平.镁、锌、硼元素对马铃薯费乌瑞它产量的影响[J].种子, 2008, 27(10):104-105.
- [9] 杜长玉.高明旭.刘全贵.不同微肥在马铃薯上应用效果的研究[J].内蒙古农业科技, 2000(1):20-21.27(10):104-105.
- [10] 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, 1999, 106-489.
- [11] 白厚义,肖俊璋.试验研究及统计分析[M].西安:世界图书出版社, 1998, 120-128.

平衡施肥对苏丹草-黑麦草轮作中鱼草产量及经济效益的影响

李文西¹ 鲁剑巍¹ 陈防^{2, 3} 鲁君明⁴ 李小坤¹

(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;

4 洪湖市大同湖管理区农技中心, 湖北 洪湖 433221)

摘要: 利用苏丹草-黑麦草轮作的5年大田定位试验研究平衡施肥对鱼草产量及经济效益的影响。结果表明, 氮磷钾肥配施(NPK)明显增加苏丹草、黑麦草鲜草产量, 2005-2006、2006-2007、2007-2008、2008-2009、2009-2010年度的氮磷钾肥配施的苏丹草产量分别比磷钾肥增产356.3%、312.5%、195.1%、187.2%、93.9%, 分别比氮钾肥增产28.1%、11.0%、24.6%、21.1%、23.9%, 分别比氮磷肥增产13.9%、17.0%、24.9%、28.3%、27.0%。氮磷钾肥配施的黑麦草产量分别比磷钾肥处理增产256.0%、378.4%、278.6%、280.0%、216.0%, 分别比氮钾肥处理增产24.8%、33.6%、22.0%、32.1%、64.1%, 分别比氮磷肥处理增产25.4%、17.5%、18.8%、17.5%、27.1%, 且增产效果显著。苏丹草-黑麦草轮作制中, 氮磷钾肥配施也能够改善鱼草经济效益, 增加收入。

关键词: 氮磷钾肥配施, 苏丹草, 黑麦草, 产量, 经济效益

江汉平原位于长江中游地区, 丰富的雨热条件保证了该地区渔业的发展。苏丹草、黑麦草是该地区常用鱼草, 且种植面积不断扩大, 苏丹草-黑麦草轮作已成为江汉平原地区一种新型的种植制度^[1]。苏丹草(*Sorghum sudanense*)为禾本科高粱属多年生牧草, 适应性强, 耐干旱, 分蘖多, 产量高, 再生迅速, 营养价值高; 黑麦草(*Lolium multiflorum* L.)是越年生禾本科牧草, 再生性强, 产草量高, 富含蛋白质、矿物质和维生素, 叶多质嫩, 适口性和消化率俱佳, 两种鱼草均是各种草鱼的优质饲料^[2,3]。然而这一新型的轮作制中养分资源管理并不合理, 种植过程中偏重于氮肥施用, 导致鱼草产量偏低。因此我们在江汉平原地区开展了苏丹草-黑麦草轮作制中氮磷钾肥施用定位试验研究, 以期为提高鱼草产量、科学施肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验区位于江汉平原洪湖市大同湖农场, 供试土壤为长江冲积物发育潮土。试验土壤的基本农化性状为: pH 6.93, 有机质18.5 克/公斤、全氮1.05克/公斤、速效磷12.0毫克/公斤、速效钾为121.7毫克/公斤^[4]。

供试牧草品种为“盐池”苏丹草(*Sorghum sudanense* cv. *Yanchi*)和“邦德”一年生黑麦草(*Lolium multiflorum* cv. *Abundant*), 轮作种植。每季苏丹草、黑麦草播种量分别为7.5 公斤/亩、2.5 公斤/亩, 均撒播。试验于2005年4月开始, 2009年4月结束, 共进行5个年度轮作周期。轮作体系中, 苏丹草、黑麦草以收获营养体为目的, 根据牧草的生长状况适时进行刈割, 每年度苏丹草刈割4~5次, 黑

麦草刈割3~4次。

1.2 试验设计

试验设5个处理, OPT(氮、磷、钾肥配施)、OPT-N(施磷、钾肥)、OPT-P(施氮、钾肥)、OPT-K(施氮、磷肥)、CK(不施肥)。苏丹草试验期养分用量N 30 公斤/亩、P₂O₅ 12公斤/亩、K₂O 20公斤/亩, 氮肥总量的1/3和钾肥总量的1/2作基肥, 其余均分3次追施, 磷肥全部基施。黑麦草试验期养分用量N 15 公斤/亩、P₂O₅ 9 公斤/亩、K₂O 10 公斤/亩, 氮、钾肥总量的1/2作基肥, 其余均分2次追施, 磷肥全部基施。氮、磷、钾肥分别采用尿素、过磷酸钙、氯化钾。

4次重复, 随机区组排列, 小区面积15 m² (7.5 m × 2 m)。

1.3 样品采集

各小区鱼草的实收产量记为鲜草产量。

试验结果用LSD法检验 $P < 0.05$ 水平上的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 氮磷钾肥施用的增产效应

产量结果表明(表1), 氮磷钾肥配施(OPT处理)明显增加苏丹草、黑麦草产量。2005-2006、2006-2007、2007-2008、2008-2009、2009-2010年度的OPT处理的苏丹草鲜草产量分别为6.8 吨/亩、4.2吨/亩、4.9吨/亩、4.6吨/亩、4.6吨/亩, 分别比OPT-N处理增产356.3%、312.5%、195.1%、187.2%、93.9%, 分别比OPT-P处理增产28.1%、11.0%、24.6%、21.1%、23.9%, 分别比OPT-K处理增产13.9%、17.0%、24.9%、28.3%、27.0%。五个年度OPT处理的黑麦草鲜草产量分别比OPT-N处理增产256.0%、378.4%、278.6%、280.0%、216.0%, 分别比OPT-P处理增产24.8%、33.6%、22.0%、32.1%、64.1%, 分别比OPT-K处理增产25.4%、17.5%、18.8%、17.5%、27.1%, 且增产效果显著。同时还可以看出, 氮肥对苏丹草、黑麦草的增产效果最大, 磷、钾肥对苏丹草的增产效果相当, 而磷肥对黑麦草的增产效果高于钾肥。

表1 平衡施肥对苏丹草、黑麦草鲜草产量的影响(吨/亩)

处理	2005-2006		2006-2007		2007-2008		2008-2009		2009-2010	
	苏丹草	黑麦草	苏丹草	黑麦草	苏丹草	黑麦草	苏丹草	黑麦草	苏丹草	黑麦草
OPT	6.8 a	4.0 a	4.2 a	3.5 a	4.9 a	4.9 a	4.6 a	3.8 a	4.6 a	2.8 a
OPT-N	1.5 c	1.1 c	1.0 c	0.7 c	1.6 c	1.3 c	1.6 c	1.0 c	2.4 c	0.9 d
OPT-P	5.3 b	3.2 b	3.8 b	2.6 b	3.9 b	4.0 b	3.8 b	2.9 b	3.7 b	1.7c
OPT-K	6.0 b	3.2 b	3.6 b	3.0 ab	3.9 b	4.1 b	3.6 b	3.2 b	3.6 b	2.2 b
CK	1.5 c	0.9 c	1.1 c	0.5 c	1.3 c	1.0 c	1.5 c	0.9 c	1.6 d	0.5 e

同列不同小写字母表示5%水平上差异显著

2.2 氮磷钾肥施用的经济效益

表2显示,五个年度氮磷钾肥配施(OPT处理)的净利润在各施肥处理中均最高,分别比OPT-P增加收入534元/亩、256元/亩、406元/亩、377元/亩、444元/亩,分别比OPT-K增加收入306元/亩、163元/亩、330元/亩、288元/亩、284元/亩,明显高于OPT-N处理,说明了苏丹草-黑麦草轮作中氮磷钾肥平衡施用能够明显提高鱼草经济效益。在苏丹草-黑麦草轮作体系中,除第五年度外,其余年度OPT-N处理的净利润均为负值,说明不施氮肥而仅施用磷钾肥增加了成本投入,导致成本投入高于收入。因此在这一新型的种植制度中提倡平衡施用氮磷钾肥,利于改善鱼草的经济效益,增加收入。

表2 平衡施肥对鱼草经济效益的影响

时期	处理	饲草总产量 (吨/亩)	比CK增产 (吨/亩)	增加收入 (元/亩)	肥料投入 (元/亩)	劳务投入 (元/亩)	净利润 (元/亩)
2005-2006	OPT	10.85	8.44	3165	420	844	1901
	OPT-N	2.63	0.22	82	243	22	-183
	OPT-P	8.55	6.14	2303	322	614	1367
	OPT-K	9.20	6.79	2548	273	679	1595
	CK	2.41	—	—	—	—	—
2006-2007	OPT	7.65	5.98	2243	420	598	1225
	OPT-N	1.74	0.07	25	243	7	-225
	OPT-P	6.37	4.69	1760	322	469	969
	OPT-K	6.53	4.85	1820	273	485	1062
	CK	1.67	—	—	—	—	—
2007-2008	OPT	9.71	7.40	2775	420	740	1615
	OPT-N	2.93	0.62	233	243	62	-73
	OPT-P	7.87	5.57	2088	322	557	1209
	OPT-K	7.97	5.67	2125	273	567	1285
	CK	2.31	—	—	—	—	—
2008-2009	OPT	8.40	6.05	2268	420	605	1243
	OPT-N	2.60	0.25	93	243	25	-175
	OPT-P	6.67	4.32	1620	322	432	866
	OPT-K	6.82	4.47	1675	273	447	955
	CK	2.35	—	—	—	—	—

时期	处理	饲草总产量 (吨/亩)	比CK增产 (吨/亩)	增加收入 (元/亩)	肥料投入 (元/亩)	劳务投入 (元/亩)	净利润 (元/亩)
2009-2010	OPT	7.38	5.26	1973	420	526	1027
	OPT-N	3.25	1.13	425	243	113	68
	OPT-P	5.41	3.29	1233	322	329	582
	OPT-K	5.81	3.69	1385	273	369	743
	CK	2.12	—	—	—	—	—

注：2005-2009年化肥平均价格N为3.92元/公斤， P_2O_5 为4.60元/公斤， K_2O 为4.89元/公斤，草鱼平均价格为7.5元/公斤，按20公斤鱼草增重1公斤鱼计算，折合鱼草价格为0.375元/公斤，鱼草劳务费按每公斤鱼草0.10元计算。

3 小结

3.1 苏丹草-黑麦草轮作制中，氮磷钾肥配施能够明显提高苏丹草、黑麦草鲜草产量，五个年度苏丹草、黑麦草的产量分别达4.2~6.8吨/亩、2.8~4.9吨/亩，高于其他处理，且氮肥的增产作用最大。

3.2 OPT处理的净利润在各个施肥处理中最好，平衡施用氮磷钾肥能够改善鱼草经济效益。

参考文献：

- [1] 鲁剑巍，陈防，梁友光，等. 磷钾肥对鱼草产量及经济效益的影响. 水利渔业，2003，23(2): 58-59.
- [2] 谭荫初. 几种饲草的营养与种植. 湖南饲料，2001,(2): 23-24.
- [3] 刘经荣，张美良，郑群英，等. 不同施N水平对黑麦草产量和品质的效应. 江西农业大学学报，2003，25(6): 845-848.
- [4] 鲍士旦. 土壤农业化学分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.

老菜田设施莴笋氮磷钾肥施用效果

李明悦 朱静华 高伟 廉晓娟 高贤彪

(天津市农业资源与环境研究所, 天津, 300192)

摘要: 在天津市武清区大孟庄镇后幼村的设施老菜田进行了莴笋养分减素试验, 研究设施莴笋种植中氮、磷、钾肥的施用对莴笋产量、经济效益及农学效率的影响。结果表明, 氮对莴笋产量影响较大, 不施氮肥莴笋减产7.4%, 其次为钾, 不施钾肥莴笋减产6.0%, 与OPT处理产量相比, 差异均达极显著水平; 从经济效益来看, 氮、钾肥施用对莴笋经济效益较好, 增收分别为300元/亩和231元/亩; 从养分农学效率来看, N的农学效率为13.5公斤/公斤, P_2O_5 的农学效率为4.9公斤/公斤, K_2O 的农学效率为15.5公斤/公斤, 莴笋养分农学效率依次为钾>氮>磷。

关键词: 莴笋, 产量, 经济效益, 农学效率

设施农业在提升现代农业生产水平、解决“三农”问题等方面具有重要作用。设施蔬菜生产是近25年来飞速发展的一种农业种植模式, 2007年我国设施蔬菜面积已达5000多万亩, 约占蔬菜播种面积的20%。在一些农业高速发展地区, 设施蔬菜生产已经成为农民增收的重要途径。2007年, 天津市将设施农业列入新农村建设的重要内容, 计划用五年时间新建农业设施40万亩, 到2011年达到100万亩。随着设施蔬菜的迅速发展, 偏施肥和过量施肥导致的菜田土壤养分不平衡问题日益突出。如何合理进行菜田土壤养分管理, 提高肥料利用率是当前设施蔬菜生产中亟待解决的问题。武清区位于天津市西北部, 位于京津两市之间。蔬菜占地面积达22.6万亩, 开展设施蔬菜平衡施肥具有一定的示范作用。本研究在20年棚龄的菜田土壤上进行莴笋氮磷钾肥施用效果研究, 旨在为老菜田设施蔬菜合理施肥提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验安排在天津市武清区大孟庄镇后幼村。设施大棚种植年限20年。试验地位于东经116.96567度, 北纬39.5509度, 土壤类型属潮土, 土壤质地是中壤土。

莴笋种植前取试验区0-20厘米土壤样品, 由中-加合作土壤测试实验室采用ASI法测定土样的有效养分含量(土样实验室编号为BAS|R|08)。试验区基础土壤养分状况为pH7.7, 有机质2.0%, 铵态氮10.6毫克/升, 硝态氮54.7毫克/升, 有效磷201.1毫克/升, 有效钾280.6毫克/升。

供试莴笋品种为白雪公主(四川), 种植密度2240株/亩。试验区前茬作物为黄瓜。

1.2 试验设计

试验设4个处理, 分别为OPT(全量化肥, 莴笋全生育期化肥用量分别为: N 17公斤/亩、 P_2O_5 10公斤/亩、 K_2O 12公斤/亩。)、OPT-N(不施氮)、OPT-P(不施磷)和OPT-K(不施钾)处理。

肥料施用方式为: 磷肥全部作基肥, 在莴笋定植前结合整地施入; 氮肥全部作追肥分3次(40%、35%、25%)施入; 钾肥50%作基肥, 50%作追肥分2次(25%、25%)施入。小区面积16平方米, 3次重复。试验小区随机排列。试验过程中除肥料施用不同外, 其余田间管理均与当地常规管理一致。

莴笋于2007年9月17日定植，2008年1月2日收获。收获时采用田间称重法测定各小区产量。

2 结果与分析

2.1 施用氮磷钾肥对莴笋产量的影响

对不同处理莴笋产量进行了统计分析(表1)，结果显示，OPT处理莴笋产量最高，达3097公斤/亩。不施用氮磷钾肥均降低莴笋产量，但减产幅度不同。与OPT处理相比，OPT-N处理莴笋减产最大，减产229公斤/亩，减产幅度达7.4%，OPT与OPT-N处理之间莴笋产量达1%显著性差异。其次为OPT-K处理，减产186公斤/亩，减产幅度达6.0%，OPT与OPT-K处理之间莴笋产量达1%显著性差异。磷肥对莴笋产量影响不大，OPT-P处理莴笋减产49公斤/亩，减产幅度仅为1.6%，与OPT处理产量相比无显著性差异。

通常情况下，在土壤有效钾含量较低或缺钾的土壤上增施一定量钾肥对作物有比较明显的增产作用。本试验条件下，试验区土壤有效钾含量为280.6毫克/升，属于高钾含量水平，但是不施钾肥莴笋仍然表现出减产，也就是说在土壤有效钾含量属于高钾含量水平下，增施钾肥对莴笋仍有增产效果。因此，在菜田土壤推荐施肥中，土壤钾的有效性以及土壤有效钾含量的临界值值得进一步深入研究。

表1 氮磷钾肥施用对莴笋产量的影响

处理	产量 (公斤/亩)				减产 (公斤/亩)	减产 (%)
	I	II	III	平均		
OPT	3042	3125	3125	3097 aA	-	-
OPT-N	2813	2838	2954	2868 bC	229	7.4
OPT-P	3042	3083	3021	3049 aAB	49	1.6
OPT-K	2875	2958	2900	2911 bBC	186	6.0

注：表中不同大、小写字母表示差异达1%、5%显著水平。

2.2 施用氮磷钾肥对莴笋经济效益的影响

通过对莴笋经济效益的分析(表2)，可以看出，氮磷钾肥合理配施(OPT处理)可有效提高莴笋的产值，增加农民经济收入。OPT处理莴笋净收入最高，为4743元/亩。与OPT-N处理相比，增施氮肥处理(OPT)莴笋增收效果最好，增收达300元/亩，其次为钾肥，与OPT-K处理相比，增施钾肥处理(OPT)莴笋增收达231元/亩。而磷肥的增收效果则不明显，主要是由于施用磷肥对莴笋增产效果不明显(表1)，导致增施磷肥处理(OPT)莴笋经济效益与OPT-P处理持平。

表2 施用氮磷钾肥对莴笋经济效益的影响

处理	产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	扣除肥料后收益 (元/亩)	与OPT比较减收 (元/亩)
OPT	4955	212	4743	-
OPT-N	4589	146	4443	300
OPT-P	4878	142	4737	7
OPT-K	4658	146	4512	231

注：2007年尿素价格为1.8元/公斤(合N3.9元/公斤)，过磷酸钙价格为0.6元/公斤(合P₂O₅价格为5.0元/公斤)，氯化钾价格为3.8元/公斤(合K₂O 6.3元/公斤)，莴笋价格为1.6元/公斤。

2.3 莴笋氮磷钾肥料利用率和农学效率分析

肥料利用率是指当季作物吸收某一营养元素的数量占施入土壤中该种肥料营养元素总量的百分数。从表3中可以看出，莴笋对钾肥的肥料利用率最高，为9.7%，其次为氮肥，肥料利用率为5.1%，而磷肥的肥料利用率仅为0.25%。总体来看，在本试验条件下，氮磷钾的肥料利用率均较低，可能与老菜田土壤基础养分含量较高有关。

养分农学效率是指施用单位肥料养分对作物的增产量。从表3中可以看出，在本试验条件下，氮肥的农学效率为13.5公斤/公斤N，磷肥的农学效率为4.9公斤/公斤P₂O₅，钾肥的农学效率为15.5公斤/公斤K₂O，莴笋养分农学效率依次为钾>氮>磷。

表3 氮磷钾肥施用对莴笋肥料利用率和农学效率的影响

处理	养分吸收量 (公斤/亩)			养分利用率 (%)			农学效率 (公斤产量/公斤养分)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
OPT	7.63	4.68	14.64	5.1	0.25	9.7	13.5	4.9	15.5
OPT-N	6.77								
OPT-P		4.66							
OPT-K			13.48						

3 结论

3.1 通过对不同处理莴笋产量的统计分析可以看出，OPT-N处理莴笋减产最大，减产幅度达7.4%，说明N是影响莴笋产量的主要限制因子。与OPT处理相比，OPT与OPT-N处理之间莴笋产量差异达极显著性水平。

3.2 本试验条件下，试验区土壤有效磷、有效钾含量均属于高含量水平，不施磷肥莴笋减产幅度仅为1.6%，而不施钾肥莴笋的减产幅度达6.0%，因此，在设施老菜田土壤推荐施肥中，土壤磷、钾的有效性以及土壤有效磷、有效钾含量的临界值值得进一步深入研究。

3.3 从莴笋经济效益来看，氮肥对莴笋的增收效果最好，增收达300元/亩。尽管钾肥价格较高，但是由于钾肥的增产作用明显，施用钾肥对莴笋的增收效果也比较好，达231元/亩。

3.4 本试验条件下，莴笋对氮、磷、钾三种元素的肥料利用率均较低，可能与老菜田土壤基础养分含量较高有关。氮肥的农学效率为13.5公斤/公斤N，磷肥的农学效率为4.9公斤/公斤P₂O₅，钾肥的农学效率为15.5公斤/公斤K₂O。

参考文献：

- [1] 金继运.高效土壤养分测试技术与设备.北京,中国农业出版社,2006.
- [2] 王玉民.冬暖式大棚土壤障碍因素及施肥技术.中国果菜, 2005, 03:32
- [3] 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
- [4] 葛晓光.蔬菜质量安全生产与管理中几个问题的讨论(下).农业工程技术.温室园艺, 2006, 06:32-34
- [5] 王新珠.保护地蔬菜连作障碍成因及其防治.福建农业科技, 2006, 02: 60-61
- [6] 高祥照, 申眺, 郑义等.肥料实用手册.北京中国农业出版社.2004.





依安县玉米钾肥适宜用量试验研究

刘双全¹ 李玉影¹ 姬景红¹ 佟玉欣¹ 刘颖¹ 陆军²

东宇辉² 杜学军²

(1黑龙江省农业科学院土壤肥料与环境资源研究所

150086,

2依安县科信局 161500)

摘要: 在黑龙江省依安县设玉米钾肥用量试验, 以确定该地区玉米施钾效果和适宜的钾肥用量。结果表明, 从产量和经济效益综合考虑, 依安县玉米钾肥适宜用量为 K_2O 6-9 公斤/亩, 平均增产52.4公斤/亩, 平均增产率12.5%, 平均增收18.1元/亩。

关键词: 玉米, 钾肥, 适宜用量, 产量

玉米是黑龙江省四大作物之一, 年平均播种面积4000万亩左右。玉米是高产作物, 如何发挥其最大增产潜力, 是我们所要解决的问题。钾是玉米生长发育所需的大量营养元素之一, 研究科学合理施用钾肥对粮食增产、农民增收、农业增效具有重要意义。依安县位于黑龙江省西部松嫩平原北缘, 耕地面积371万亩, 主要农作物为大豆、玉米、水稻、甜菜、马铃薯等, 其中玉米年平均播种面积约为80万亩, 占农作物总播种面积的22%左右。长期以来, 依安县农民只注重氮、磷肥的施用, 而忽略钾的投入, 导致土壤中钾素平衡失调。因此, 在氮磷肥基础上研究不同钾肥用量对玉米产量的影响。找出依安县钾肥适宜用量, 为高产、高效施肥提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地基本情况

试验地点为黑龙江省依安县先锋乡长山村农户陆军家生产田。供试土壤类型为黑土, 质地为壤土。地势平坦, 肥力中等, 试验地土壤养分基本状况见表1。样品实验室编号BNT|W|01。该土壤铵态氮和硝态氮、有效磷、有效钾、有效锌均处于缺乏状态; 有效硫、硼含量均处于丰富状态; 有效铁、铜、锰含量适中。前茬作物玉米。

IPNI资助项目

国家科技支撑计划项目: “东北粮食主产区新农村建设技术集成与示范”(2008BAD96B02);

黑龙江省自然科学基金项目: “黑龙江省主要土壤供钾能力机理研究”(C200831)。

^[1]作者简介: 刘双全(1973-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 副研究员, 大学本科, 主要从事土壤肥料和植物营养及精准农业养分管理方向的研究。

表1 试验地土壤养分基本状况

pH	有机质 (%)	各营养元素含量 (毫克/L)									
		铵态N	硝态N	P	K	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
6.23	4.29	8.5	7.5	9.6	71.9	28.4	17.6	1.9	9.7	1.8	1.08

1.2 试验设计

试验设5个处理，分别是：K0(CK)、K1、K2、K3、K4。小区面积30米²，3次重复，随机区组排列，人工摆籽。氮肥40%作基肥，60%作追肥；磷和钾全部作基肥。氮肥用尿素，磷肥用重过磷酸钙，钾肥用氯化钾。供试玉米品种为久龙13，种植密度3730株/亩。试验处理见表2和表3。

表2 玉米钾肥用量试验养分用量 (公斤/亩)

处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. K0	10	5	0
2. K1	10	5	3.3
3. K2	10	5	6.6
4. K3	10	5	9.9
5. K4	10	5	13.2

表3 玉米钾肥用量试验处理肥料用量 (公斤/亩)

处理	尿素	三料	氯化钾	施肥成本 (元/亩)
1. K0	21.7	10.9	0	72.8
2. K1	21.7	10.9	5.5	92.8
3. K2	21.7	10.9	11.0	112.9
4. K3	21.7	10.9	16.5	132.8
5. K4	21.7	10.9	22.0	152.8

注：尿素含N 46%，2000元/吨；三料含P₂O₅ 46%，2700元/吨；氯化钾含K₂O 60%，3600元/吨。

2 结果与分析

2.1 钾肥对玉米生长发育的影响

从产量构成指标来看(表4)，钾肥对玉米的生长发育具有显著影响。各处理相比，K2处理的百粒重、穗长好于其它处理，秃尖长度较小。不施钾肥会影响玉米生长发育，但钾肥用量过多也不利于玉米的生长发育。

K0处理玉米秸秆产量及穗轴产量都低于施钾处理的。可见不施钾肥影响玉米生物量的形成。

表4 不同钾肥用量对玉米生长发育的影响

处理	株高(厘米)	穗长(厘米)	秃尖长度(厘米)	平均径粗(厘米)	百粒重(克)
1. K0	270.0	17.7	0.9	4.5	20.6
2. K1	280.2	18.5	0.8	4.4	20.9
3. K2	278.4	19.2	0.7	4.6	22.9
4. K3	272.6	18.2	0.7	4.4	20.7
5. K4	276.3	19.0	0.8	4.4	20.8

2.2 施钾肥对玉米产量及经济效益的影响

试验结果表明(表5), 增施钾肥对玉米产量具有显著影响, 各施钾肥处理与对照间极显著差异。玉米产量及效益增量随着钾肥施用量的增加先增加后降低, 符合报酬递减规律。与不施用钾肥相比, 施钾肥增产范围是35.4公斤/亩-64.5公斤/亩, 幅度为8.5%-15.4%, 平均增产52.4公斤/亩, 平均增产率12.5%, 平均增收18.1元/亩。各增施钾肥处理产量均高于K0。与K0处理相比, K1处理平均增产35.4公斤/亩, 增产率8.5%, 多收入26.1元/亩; K2处理平均增产64.5公斤/亩, 增产率15.4%, 多收入43.7元/亩; K3处理平均增产59.3公斤/亩, 增产率14.2%, 多收入17.1元/亩; K4处理平均增产50.3公斤/亩, 增产率12.0%, 少收入14.5元/亩。可见, 从产量和效益综合来看, K2处理钾肥用量最好, 即施用K₂O 6.6公斤/亩。增施钾肥可以显著增加玉米产量, 但钾肥用量不宜过高, 否则经济效益显著降低。

表5 不同钾肥用量对玉米产量和效益的影响

处理	产量 (公斤/亩)	增产 (公斤/亩)	增产率 (%)	差异显著性		秸秆产量 (公斤/亩)	穗轴产量 (公斤/亩)	增产效益 (元/亩)
				0.05	0.01			
1. K0	418.1	—	—	d	C	597.9	67.5	—
2. K1	453.5	35.4	8.5	c	B	638.1	72.5	26.1
3. K2	482.6	64.5	15.4	a	A	657.6	73.5	43.7
4. K3	477.4	59.3	14.2	ab	A	674.7	78.4	17.1
5. K4	468.5	50.3	12.0	b	AB	756.7	75.6	-14.5

注: 玉米价格1.30元/公斤。

对玉米产量和施钾量进行回归分析, 发现玉米产量和施钾量之间具有显著的回归关系, 其关系式是:

$$y = 417.52 + 14.419x - 0.8061x^2 (R = 0.9907, P = 0.0185 < 0.05) \quad (1)$$

上式中: y为玉米产量, 单位是公斤/亩; x为K₂O用量, 单位是公斤/亩。最高产量施钾量为K₂O 8.9公斤/亩, 最高产量是482公斤/亩。如果按尿素2元/公斤, 三料2.7元/公斤, 氯化钾3.6元/公斤、玉米1.3元/公斤计算, 钾肥施用量与效益增量之间的关系可以用一元二次方程表示:

$$y = -0.72 + 12.667x - 1.0468x^2 (R = 0.9799, P = 0.0402 < 0.05) \quad (2)$$

上式中： y 为效益增量，单位是元/亩； x 为 K_2O 用量，单位是公斤/亩。从方程计算可知，依安地区玉米在满足氮磷肥的基础上，钾的最佳用量为 K_2O 6.1 公斤/亩时，最佳产量是475 公斤/亩，玉米增效最高达37.6元/亩。

试验研究基本反映了目前该地区土壤养分状况和平衡施肥效果。钾肥是玉米高产的一个重要因素之一，合理施用钾肥，可以有效提高玉米产量、增加农民收益。钾素的缺乏和不均衡供给对玉米高产、稳产构成严重威胁，成为土壤养分限制因子和潜在限制因子，应该引起足够重视。

3 结论

3.1 从产量和效益综合来看，K2处理用量最好，即施用 K_2O 6.6公斤/亩。

3.2 达到最高产量施钾量为 K_2O 8.9公斤/亩，最高产量是482 公斤/亩。

3.3 在满足氮磷肥的基础上，钾的最佳用量为 K_2O 6.1公斤/亩时，最佳产量是475 公斤/亩，玉米增收最高达37.6元/亩。

参考文献：

- [1] 黑龙江省统计局.黑龙江统计年鉴.中国统计出版社,2009
- [2] 武巍,牛红红,杨建,等.黑钙土玉米钾肥经济用量试验研究.农业与技术,2009,29(5):128-130
- [3] 侯云鹏,尹彩侠,杨建,等.风沙土玉米钾肥适宜用量的研究.吉林农业科学,2008, 33 (6):51-52
- [4] 王祥珍,赵凯,张满珍,等.玉米钾肥长期定位试验作物产量和土壤钾素的变化.辽宁农业科学,2003(4):1-3



依安县玉米钾肥适宜用量试验

世界肥料养分储备 ——面向未来的视角(译文)

Paul E. Fixen

国际植物营养研究所武汉办事处

张过师 译, 陈防 校



农业产业的职责包括了在商品肥料生产中对原材料的合理使用。肥料最佳管理措施(BMPs)的开发与实施主要以四个正确(正确的原料、用量、时间和位置)为核心,这不仅是从短期经济和环境方面考虑,而且是为了对那些作为粮食、饲料、纤维和燃料生产基础且不可再生之养分资源的长期合理使用。

氮、磷、钾和硫肥价格在2008年一年中的急速飙升给世界带来冲击。有人思考这是不是因肥料养分储备已达临界低水平而引发的市场波动。本文尝试依现在的生产水平来探讨世界养分源的储备情况。

磷肥

几乎所有的磷肥生产所需的主料都是磷矿石。磷矿石的两种常见类型是火成岩和沉积岩。在海岛或岛屿上的沉积物也是一种特殊类型的沉积岩矿藏。图1标出了目前正在开采的、不久以前已开采的及已证明有开采价值的磷矿藏分布,它们广泛分布于世界上大部分的区域。

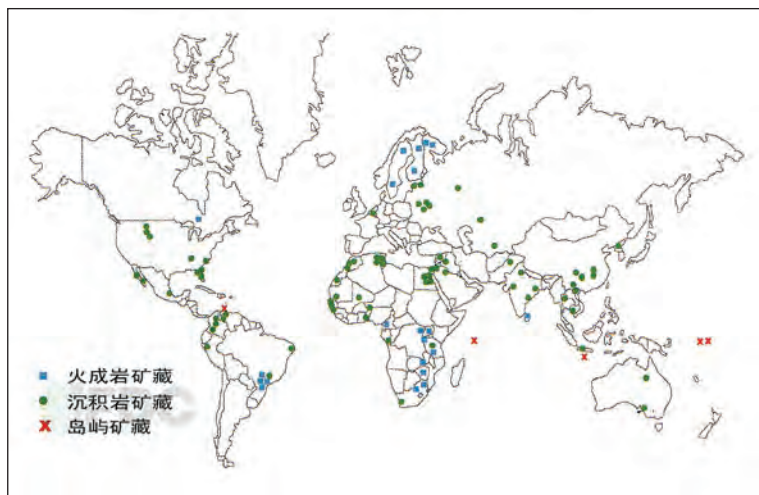


图1 世界经济性及潜在经济性磷矿藏分布
(来源: S.J. Van kauwenbergh, 国际肥料发展中心)

火成磷矿石通常含有以磷灰石形式存在的磷和其他一些火成矿物。火成岩矿藏产出的矿石通常等级较低,但可以进一步提高到含 P_2O_5 36~40%的高等级(Stewart等, 2005)。火成岩矿藏中的矿物相对是惰性的,因此,它们并不能很好地直接适用于农作物,而要在肥料生产过程中经过很好的粉碎后使用。

世界上大约80%的磷矿石来自沉积岩矿藏。这些矿藏在物理化学性质方面有很大不同,从疏松、松散的材料到坚硬的岩石,从几乎没有碳酸盐替代的氟磷灰石到6~7%碳酸盐替代的磷酸盐(Stewart等, 2005)。

世界磷矿石的产量从1981年起总体来讲比较稳定，每年约1.2~1.65亿吨不等(图2)。

然而，前苏联的解体引发了磷矿石生产实质性的瓦解，出现了上世纪90年代初的巨大减产。世界磷矿石生产最近才返回到瓦解前的年产超过1.6亿吨的水平，中国成为近20年来增产的主要国家。

对世界磷矿石储备资源的估计由于无法确保数字的准确性而受到不确定的困扰，磷肥生产者通常对储备信息隐晦其词，这样，磷矿石的储备信息多来源于公开发表的科技文章和特定的储备报告。因此，本文提出的储备可视为一个置信区间比较大的数字。

表1是按目前储备大小排序的对世界磷矿石储备和储备基础的估计。储备和储备基础的术语由美国地质调查局(USGS)定义如下：“所谓储备是指总储备基础中在决定开采时已知可以被开采和生产的部分，储备这个词并不要求开发设施已到位并运行。储备基础则包括目前经济性的(即储备)、边界经济性的以及一些仍属次经济开发性的资源。

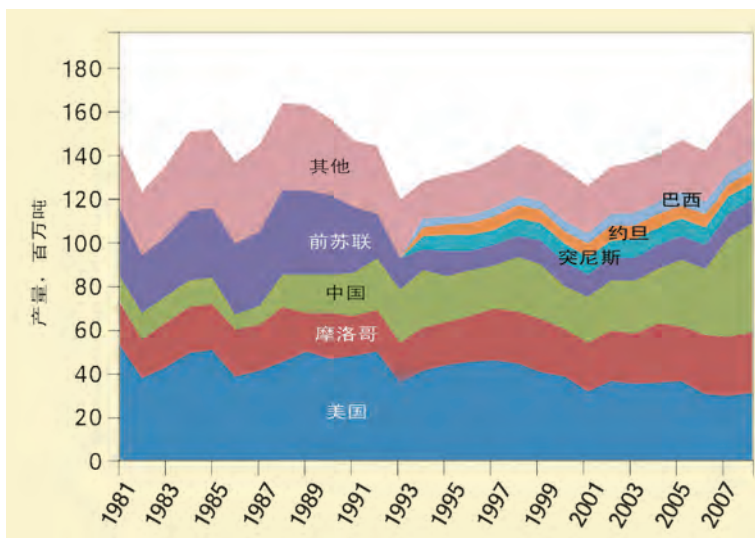


图2 1981-2008年的世界磷矿石生产

¹1992-1997前苏联包括哈萨克斯坦和俄罗斯，其后仅指俄罗斯
²编自USGS矿业产品报告，1983-2009，2008年为估计值。

表1 磷矿石生产、储备和储备基础

国家	生产 ¹		储备 ³	储备基础 ⁴	储备寿命 ⁵	储备基础寿命 ⁵
	2007	2008 ²				
			百万吨			年
摩洛哥及西撒哈拉	27.00	28.00	5,700	21,000	207	764
中国	45.40	50.00	4,100	10,000	86	210
美国	29.70	30.90	1,200	3,400	40	112
南非	2.56	2.40	1,500	2,500	605	1,008
约旦	5.54	5.50	900	1,700	163	308
澳大利亚	2.20	2.30	82	1,200	36	533
俄罗斯	11.00	11.00	200	1,000	18	91
以色列	3.10	3.10	180	800	58	258

续表1

国家	生产 ¹		储备 ³	储备基础 ⁴	储备寿命 ⁵	储备基础寿命 ⁵
	2007	2008 ²				
			百万吨		年	
叙利亚	3.70	3.70	100	800	27	216
埃及	2.20	3.00	100	760	38	292
突尼斯	7.80	7.80	100	600	13	77
巴西	6.00	6.00	260	370	43	62
加拿大	0.70	0.80	25	200	33	267
塞内加尔	0.60	0.60	50	160	83	267
多哥	0.80	0.80	30	60	38	75
其他	8.11	10.80	890	2,200	94	233
世界总和	156	167	15,000	47,000	93	291

¹P₂O₅含量23—29%，2007年平均32%，美国矿石平均含量29%。

²估计值。(下同)

³决定开采时已知可以被经济性开发的储量。(下同)

⁴储备基础包括目前经济性、边界经济性以及一些仍属次经济开发性的资源。(下同)

⁵寿命数字基于2007-2008的产量水平。(下同)

来源：美国地质调查局，2009c。(下同)

然而，通过与USGS的非官方联系得知目前的储备估计都是基于近几年市场情况，并没有反映出2008年的价格。因此，储备基础中的储备值可能被低估。

摩洛哥及西撒哈拉拥有世界最大的储备基础(占世界的45%)(表1)。中国紧随其后，占世界21%的储备基础。表1也基于2007和2008年的平均产量对磷矿石储备及储备基础的寿命进行了估计。依此产量水平，世界磷矿石储备

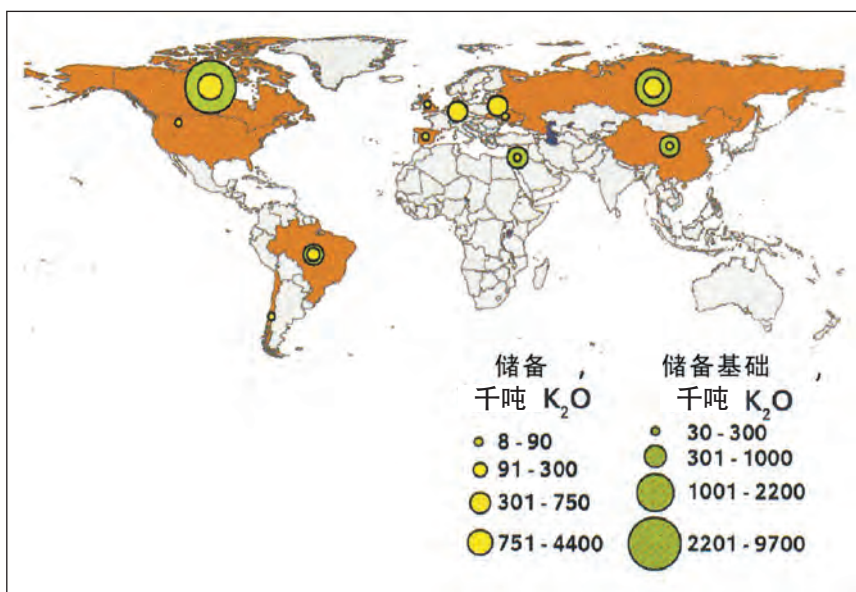


图3 钾盐储备和储备基础

(来源：美国地质调查局，矿业产品概要与钾，2008年1月)

和储备基础的寿命分别预计可达93年和291年。

在这个问题上，一定要记得前面所说的这些估计数字的可靠性，以下两个例子可以说明这点。第一，USGS在2002年估计世界磷矿石储备和储备基础分别达129.9和469.9亿吨(Stewart等，2005)，而经过7年的开发生产，2009年其对磷矿石储备和储备基础的估计值竟仍分别达到先前估计值的122%和100%。第二，Sheldon(1987)提出世界磷矿石储备为152.59亿吨(几乎和今天估计的一样)，并且确认原料(储备基础加上推断的储备基础)可达1,124.31亿吨，这个数字如果在今天的生产水平下将可维持696年。

很显然，这些估计值有很大不确定性。同样明显的是，世界磷肥生产所需的原料并未到枯竭的边缘。这样说来，这些不可再生的自然资源需要我们对它们进行很好的监管。

钾肥

钾盐指各种含钾矿物，通常是钾石盐(KCl)、钾钠盐(KCl+NaCl)、硬盐(含硫酸盐的矿物)和无水钾镁矾($K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$)。经济性钾肥资源多来自存于古老的内陆海(蒸发沉淀物)或者盐湖和天然盐水的沉积盐床。钾储备和储备基础总体上在世界的分布如图3所示。世界最大的钾储备在加拿大萨斯喀彻温省，其地下1,000到3,500米之间矿物钾含量可达高等级(25~30% K_2O)，这些矿藏大多是钾钠盐及一些光卤石($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$)和粘土。

表2 钾矿生产、储备和储备基础

国家	生产		储备	储备基础	储备寿命	储备基础寿命
	2007	2008				
百万吨			年			
加拿大	11.10	11.00	4,400	11,000	398	995
俄罗斯	6.60	6.90	1,800	2,200	267	326
白俄罗斯	4.97	5.10	750	1,000	149	199
德国	3.60	3.60	710	850	197	236
巴西	0.41	0.43	300	600	719	1,437
以色列	2.20	2.40	40	580	17	252
约旦	1.09	1.20	40	580	35	507
中国	2.00	2.10	8	450	4	220
美国	1.10	1.20	90	300	78	261
智利	0.50	0.58	10	50	19	93
西班牙	0.58	0.59	20	35	34	60
乌克兰	0.01	0.01	25	30	2,083	2,500
英国	0.43	0.48	22	30	49	66
其他			50		140	
世界总和	34.6	36.0	8,300	18,000	235	510

表2是USGS对世界不同国家钾生产、储备、储备基础及其寿命的分析。加拿大拥有占世界53%的钾储备。加拿大、俄罗斯、白俄罗斯和德国四个国家的钾储备就占到世界的92%。世界钾储备巨大，按目前的生产水平其储备和储备基础的寿命分别可达235年和500多年。

2009年到2011年之间有望每年增加1百万吨的 K_2O 的产出，此增产大部分来自加拿大、俄罗斯和以色列，部分会来自约旦和美国。在2012年，加拿大、阿根廷、白俄罗斯和约旦有望增产5百万吨(Prud' homme, 2008)，整个世界有望增产8百万吨。

硫肥

硫是地壳中最常见的成分之一。以蒸发岩和火山沉积物形式存在的元素硫和天然气、石油、沥青砂及金属硫化物中伴生的硫资源量约有50亿吨。石膏中的硫则更丰富，而存在于煤、油页岩和富有机质页岩中的硫资源量大约6,000亿吨，但目前利用这些资源的低成本技术还未开发出来(USGS, 2009e)。尽管如此，硫通常不是被当作主要产品来进行生产的，目前世界市场上大多数的硫是利用原油中含0.1~2.8%的硫而从天然气和石油中提取出来的(国际肥料发展中心, 2008)。也有部分硫是由煤、硫化物冶炼回收和开采硫铁矿获得。

世界大约80~85%的硫被用于生产硫酸，半数的硫酸又应用在肥料生产上。生产两吨多的磷酸氢二铵(DAP)需要一吨硫(国际肥料发展中心, 2008)。

硫生产大国主要是美国、加拿大、中国和俄罗斯。这四个国家的硫产量几乎占到世界的一半。由于石油及含硫矿物可在远离开采地的地方进行处理，USGS指出实际的硫生产并不一定是在其原产国。这也是各个国家硫储备及储备基础数据并不能按其所声明的本国石膏($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)产量的数字而确定的原因之一。小部分的石膏在农业上被用作土壤调节剂和养分源。如美国2008年1,270万吨的石膏产量中有超过100万吨应用于农业生产中。长远看来，世界硫生产将提高而不会再出现象2008年中期那样，其价格由不到100美元/吨到超过800美元/吨的急剧飙升。那期间价格飙升是由于美国的生产低于预期，新的石油和天然气生产发展缓慢，再加上磷肥生产消耗的增加引发的供应紧张。2008年第三季度亚洲对硫需求的急剧减少就引起了年末的价格崩溃。

氮肥

氨(NH_3)是大多氮肥生产的基本氮源。大约3%的氨被直接用于农业生产，这种应用也多是出现在北美。非肥料应用约占世界氨生产的16%(Abram等, 2005)。中国、印度、俄罗斯和美国的氨生产约占到世界的50%，其中中国约占世界生产的1/3(表3)。

表3 氨生产及天然气的消耗和储备

氨产量(百万吨N)			天然气(立方米, 2008年1月1日)			
			消耗		储备 ²	
国家	2007	2008 ¹	国家	十亿	万亿	总和 %
中国	42.48	44.60	俄罗斯	610	47.57	27.2
印度	11.00	11.00	伊朗	112	26.84	15.3
俄罗斯	10.50	11.00	卡塔尔	21	25.63	14.6

续表3

氨产量 (百万吨N)			天然气(立方米, 2008年1月1日)			
			消耗	储备 ²		
美国	8.84	8.24	沙特阿拉伯	76	7.16	4.1
特立尼达和多巴哥	5.10	5.10	阿拉伯联合酋长国	43	6.06	3.5
印度尼西亚	4.40	4.40	美国	653	5.97	3.4
乌克兰	4.20	4.20	尼日利亚	13	5.21	3.0
加拿大	4.10	4.10	委内瑞拉	27	4.70	2.7
德国	2.75	2.80	阿尔及利亚	26	4.50	2.6
沙特阿拉伯	2.60	2.60	伊拉克	2	3.17	1.8
巴基斯坦	2.25	2.25	土库曼斯坦	19	2.83	1.6
伊朗	2.00	2.00	哈萨克	31	2.83	1.6
埃及	1.75	1.90	印度尼西亚	23	2.66	1.5
波兰	1.90	1.90	马来西亚	33	2.35	1.3
荷兰	1.80	1.80	中国	71	2.27	1.3
卡塔尔	1.80	1.80	挪威	7	2.24	1.3
日本	1.09	1.36	乌兹别克斯坦	51	1.84	1.1
孟加拉国	1.30	1.30	埃及	32	1.67	0.9
罗马尼亚	1.30	1.30	利比亚	93	1.64	0.9
			科威特	13	1.59	0.9
			利比亚	6	1.40	0.8
			荷兰	46	1.40	0.8
			乌克兰	85	1.10	0.6
			印度	42	1.10	0.6
			阿塞拜疆	10	0.85	0.5
			澳大利亚	29	0.85	0.5
			阿曼	11	0.85	0.5
			巴基斯坦	31	0.79	0.5
			玻利维亚	3	0.75	0.4
			特立尼达和多巴哥	21	0.53	0.3
			也门	0	0.48	0.3
			阿根廷	44	0.45	0.3
			英国	91	0.41	0.2
			墨西哥	68	0.39	0.2
			文莱	4	0.39	0.2

续表3

氨产量(百万吨N)	天然气(立方米, 2008年1月1日)			
		消耗	储备 ²	
	巴西	20	0.35	0.2
	秘鲁	2	0.34	0.2
	其他	727	3.83	2.2
	世界总和	3,196	175	100

¹估计值。²在目前的技术和价格下可以被利用的储备。

来源：氨数据来源于美国地质资源调查局，2009b；天然气数据来源于“石油与天然气杂志”，2007；Nationmaste.com

说明：生产1吨氨N需要1,230立方米天然气。

世界约75~80%的氨生产以天然气(CH₄)为原料(Abram等, 2005)，生产一吨氨态氮约需1,230立方米天然气(Huang, 2007)。尽管如此，大多数国家中氨生产仅用了天然气产量的一小部分，即使所有的氨都以天然气为原料来生产，也只用到了5%的天然气产量。在美国，仅有约1.5%的天然气用于氨合成。因此，天然气价格一般来讲是独立于肥料市场的，但它对肥料生产地的市场影响会很大。发达国家天然气价格的提升促使氨生产转向发展中国家，一些公司已经声明计划在阿尔及利亚、中国、利比亚和秘鲁新建氨生产工厂(USGS, 2009b)。

考虑到目前主流的氮肥生产过程，对氮肥储备的讨论其实就变成了对天然气储备的讨论。表3中列出了按储备排序的世界天然气消耗和储备数据。俄罗斯、伊朗和卡塔尔拥有占世界57%的已探明天然气储备。全球而言，据报道约有175万亿立方米的已探明天然气储备，而我们每年大约要消耗约3.2万亿立方米天然气，也就是说天然气储备约有55年寿命。尽管如此，有迹象表明今天的生产者会随着时间的推移发现新的来源以补充天然气储备，其储备仍将具有上升的趋势(能源信息管理局, 2008)。最近最大的储备增加出现在委内瑞拉和沙特阿拉伯。

结论

在可预见的将来，世界氮、磷、钾和硫的资源储备看来是够用的。但是，随着大部分易开发资源的消耗，养分的成本可能就会随之水涨船高。因而有意识地继续完善和落实肥料最佳管理实践以提高养分利用效率，就可缓解化肥成本的增加，对不可再生养分资源的合理监管利用是农业产业的一项重要职责。

Fixen博士是国际植物营养研究所副总裁和北美科研主管，电邮：pfixen@ipni.net

原文自Better Crops with Plant Food, 2009(3):8-11。

参考文献：

Abram, Aleksander and D. Lynn Forster. 2005. OSU AED Economics (AEDE-RP-0053-05). The Ohio State University.

Energy Information Administration. 2008. Natural gas. In International Energy Outlook. On line at www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html.

Huang, Wen-yuan. 2007. USDA-ERS, August, 2007.

IFDC. 2008. Focus on fertilizers and food security. Issue 4; July 15. On line at www.ifdc.org/focusonfertilizer4.html.

McClellan, G.H. and S.J. Van Kauwenbergh. 2004. World phosphate deposits. In Use of Phosphate Rocks for Sustainable Agriculture. FAO Land and Water Development Division and the International Atomic Energy Agency, Rome.

NationMaster. 2009. On line at www.nationmaster.com.

Prud'homme, Michel. 2008. Global fertilizers and raw materials supply and supply/demand balances 2008-2012. IFA Production and Trade. Paris, France.

Sheldon, R.P. 1987. Industrial minerals – with emphasis on phosphate rock. p. 347-361. In D.J. McLaren and B.J. Skinner (ed.). Resources and World Development. John Wiley & Sons, New York.

Stewart, William M., Lawrence L. Hammond, and Steven J. Van Kauwenbergh. 2005. Phosphorus as a natural resource. In Phosphorus: Agriculture and the Environment, Agronomy Monograph no. 46. ASA-CSSA-SSSS, Madison, WI.

USGS. 2009a. Gypsum. U.S. Geological Survey, Mineral commodity summaries. On line at <http://minerals.er.usgs.gov/minerals/pubs/mcs>.

USGS. 2009b. Nitrogen (Fixed) - Ammonia. U.S. Geological Survey, Mineral commodity summaries. On line at <http://minerals.er.usgs.gov/minerals/pubs/mcs>.

USGS. 2009c. Phosphate Rock. U.S. Geological Survey, Mineral commodity summaries. On line at <http://minerals.er.usgs.gov/minerals/pubs/mcs>.

USGS. 2009d. Potash. U.S. Geological Survey, Mineral commodity summaries. On line at <http://minerals.er.usgs.gov/minerals/pubs/mcs>.

USGS. 2009e. Sulfur. U.S. Geological Survey, Mineral commodity summaries. On line at <http://minerals.er.usgs.gov/minerals/pubs/mcs>.

钾肥基追比对小麦产量和钾肥利用率的影响

孙克刚 李丙奇 和爱玲

(河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所, 河南 郑州, 450002)

摘要: 在河南省延津县司寨乡平陵村以“郑麦366”为材料, 研究了钾肥不同基/追比例对潮土区冬小麦生长发育及钾肥利用效率的影响。结果表明, 追施钾肥处理比钾肥全部基施处理要好, 其中小麦产量以70%基+30%拔节处理最高, 达540公斤/亩, 利润最高, 为758元/亩。亩穗数、穗粒数和千粒重, 也以该处理最高。追施钾肥处理钾素利用率均高于钾肥全部基施处理, 以70%基+30%拔节处理最高, 为45.7%, 不同处理的钾肥利用率为: 70%基+30%拔节处理>50%基+50%拔节处理>100%基施处理。

关键词: 小麦, 钾肥基/追比, 产量, 钾肥利用率

河南省是一个农业大省, 耕地面积1.19亿亩, 全省农作物总播种面积为2.11亿亩, 其中粮食播种面积达1.42亿亩, 占67.2%。粮食作物中小麦播种面积为7819万亩, 占总播种面积37.0%。小麦平均产量为381.1公斤/亩, 同时是全国小麦主要生产区, 小麦产量占全国的1/4以上。全省化肥纯用量为570.7万吨, 氮肥纯用量为239.9万吨, 磷肥纯用量为110.1万吨, 钾肥纯用量为55.5万吨。潮土是河南省面积最大、分布最广的一个土类, 其土地面积为5358.7万亩, 占全省土壤总面积的25.9%; 耕地面积4990.6万亩, 占全省耕地面积的37.1%。

长期以来, 我国种植业生产以提高农田复种指数和追求作物高产为目标, 导致大部分地区土壤K量显著降低。同时近年来N肥用量的增加和作物产量水平的提高, 也加速了土壤K素的输出, K素已成为提高小麦产量和改善小麦品质的主要限制因子, 施用钾肥已经成为提高小麦产量的一个重要栽培措施。然而, 对于钾肥施用方法, 生产上习惯于将钾肥作基肥一次性施用。本研究是在国际植物营养研究所(IPNI)北京办事处资助下完成。

1 试验材料与方法

试验于2007年10月布置在新乡市延津县司寨乡平陵村。土壤类型为潮土。延津县位于河南省东北部, 属华北黄河冲积平原。属暖温带大陆性季风气候, 春季干旱少雨, 夏季炎热雨量大, 秋季凉爽时令短, 冬季寒冷少雨雪。年平均气温14℃, 全年无霜期216天, 年平均日照时数2504.3小时, 年平均降雨量614.2毫米, 较适合农作物生长。

根据钾肥追施时间和用量设置4个处理, 分别为T1:不施钾肥, T2:钾肥作为基肥一次施入(2007年10月26日); T3:50%作为基肥(2007年10月26日), 50%拔节期施入(2008年3月15日); T4:钾肥70%作为基肥(2007年10月26日), 30%拔节期施入(2008年3月15日)。

氮肥为尿素(N46%), 氮肥用量为15公斤/亩, 50%作为基肥施入, 50%在小麦拔节期追肥。磷肥用过磷酸钙(10%), 用量为 P_2O_5 7公斤/亩, 作为基肥在播种时一次施入。钾肥用加拿大产氯化钾(60%), 按照处理要求施入。

小区面积为 $3 \times 9.2 = 27.6$ 平方米, 重复3次, 随机区组排列, 田间管理按丰产田要求, 并记载生物学性状。小麦品种为: 郑麦366, 播种量为: 7.5公斤/亩。试验于2007年10月26日播种, 于

2008年6月2日收获。

收获各小区籽粒（或收获部分）和秸秆（或生物）产量；对植株和籽粒进行N、P、K元素吸收分析。

表1 试验地土壤养分基本状况

地点	实验室编号	pH %	毫克/升									
			OM	NH ₄ ⁺ -N	P	K	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
平陵	BBQ R 10	8.4	0.46	13.7	24.9	130.5	43.5	13.9	2.1	16.6	1.6	1.1

2 结果分析

2.1 钾肥不同基追比对小麦养分需求与供应的影响

钾肥不同基追比对小麦产量影响见表2。小麦钾肥不同基追比试验结果4个处理中以K70%基+30%拔节处理产量最高，达540公斤/亩，其利润也是最高为758元/亩，产投比为8.2，生物产量也是最高1160公斤/亩，经济系数为0.47，产量与其他各个处理相达到5%和1%检验。其次处理为K50%基+50%拔节处理产量为521公斤/亩，其利润是第2位728元/亩，产投比为7.9，生物产量是第2为1126公斤/亩，经济系数为0.46。K100%基处理，产量达505公斤/亩，其利润为第3位702元/亩，产投比为7.6，生物产量是第3位1096公斤/亩，经济系数为0.46。不施K处理产量为416公斤/亩，其利润最低是588元/亩，产投比为8.5，生物产量是916公斤/亩，经济系数为0.45。每公斤氧化钾增产小麦12.7~17.7公斤。

表2 钾肥不同基追比对小麦产量及经济效益影响

处理	产量 公斤/亩	显著性		增产		利润 元/亩	产投比	生物产量 公斤/亩	经济 系数
		5%	1%	公斤	%				
T1	416	d	D	0	0	588	8.5	916	0.45
T2	505	c	C	88.8	21.3	702	7.6	1096	0.46
T3	521	b	B	105.1	25.3	728	7.9	1126	0.46
T4	540	a	A	123.6	29.7	758	8.2	1160	0.47

价格（元/公斤）N 3.7、P₂O₅ 3.2、K₂O 4.0、小麦 1.60

2.2 钾肥不同基追比对小麦经济性状的影响

由表3可以看出，施钾肥比不施钾肥显著提高了分蘖数、亩穗数、穗粒数和千粒重。在施钾的3个处理中，在亩穗数、穗粒数和千粒重方面，K70%基+30%拔节>K50%基+50%拔节>K100%基。

T4处理穗数、穗粒数和千粒重均为最高，T1处理穗数、穗粒数和千粒重均为最少。在穗粒数方面，T4处理比T3处理多0.5粒/穗，T4处理比T2处理多1.1粒/穗，T4处理比T1处理多3.0粒/穗；在千粒重方面，T4处理比T3处理多0.4克，T4处理比T2处理多0.9克，T4处理比T1处理多1.9克。

表3 不同处理对小麦经济性状的影响

处理	冬前分蘖	最大分蘖	株高	穗长	穗数	穗粒数	千粒重
	万/亩	万/亩	厘米	厘米	万/亩	粒/穗	克
T1	40.2	60.2	63.3	6.8	41.4	29.9	37.3
T2	43.2	80.3	72	7.6	43.7	31.8	38.3
T3	43.3	80.2	72.3	7.8	44.4	32.4	38.8
T4	43.3	80.2	72.9	8.3	44.9	32.9	39.2

2.3 钾肥不同基追比对小麦钾肥利用率的影响

不同处理对小麦吸收钾素利用率的影响见表4。从表4可以看出,钾肥利用率以T4(K70%基肥+30%拔节)处理最高,为45.7%;其次为T3(K50%基肥+50%拔节)处理,为41.4%。钾肥一次底施的利用率最低,为35.7%。T3、T4处理分别比T2处理高5.7和10.0个百分点,说明钾肥追施有利于提高钾肥利用率。T4处理比T3处理高4.3个百分点,说明合理的基追比更有利于提高钾肥利用率。

表4 钾肥不同基追比对小麦钾肥利用率的影响

处理	施钾量	籽粒产量	K积累量	秸秆产量	K积累量	总吸钾量	钾肥利用率
	公斤/亩	公斤/亩	公斤/亩	公斤/亩	公斤/亩	公斤/亩	%
T1	0	416	1.6	499	6.5	8.1	-
T2	7	505	1.9	591	8.7	10.6	35.7
T3	7	521	2.1	605	8.9	11.0	41.4
T4	7	540	2.2	621	9.1	11.3	45.7

3 小结

从产量上看,追施钾肥处理比钾肥全部基施处理要好,其中小麦产量以K70.0%基+30.0%拔节处理最高,达539.7公斤/亩。K70.0%基+30.0%拔节处理产量比不施钾肥处理提高了29.7%;每公斤氧化钾增产小麦12.7~17.7公斤。

从钾肥利用率上看,以T4(K70%基肥+30%拔节)处理最高,为45.7%;其次为T3(K50%基肥+50%拔节)处理,为41.4%。钾肥一次底施的利用率最低,为35.7%。T3、T4处理分别比T2处理高5.72和10.0个百分点,说明钾肥追施有利于提高钾肥利用率。T4处理比T3处理高4.3个百分点,说明合理的基追比更有利于提高钾肥利用率。

参考文献:

- [1] 王激清,马文奇,江荣风,等.我国水稻、小麦、玉米基肥和追肥用量及比例分析[J].土壤通报,2008,(2).
- [2] 韩燕来,汪强,介晓磊,等.潮土区高产麦田钾肥适宜基追比研究[J].河南农业大学学报,2001,(2).
- [3] 武际,郭熙盛,王允青,等.钾肥运筹对小麦氮素和钾素吸收利用及产量和品质的影响[J].土壤,2008,(5).
- [4] 王宗权.钾肥施用量对优质小麦产量和品质的影响[J].河北农业科学,2008,(8).

[5] 王绍中. 小麦超高产主攻穗粒重研究[C]. 中国农业出版社, 1995.

[6] 陈磊, 郝明德, 张少民, 等. 黄土高原旱地长期施肥对小麦养分吸收和土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, (2).

[7] 胡田田, 李岗, 韩思明, 等. 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, (4).



油用向日葵施肥效应研究

段玉 妥德宝 赵沛义 李焕春 张君
(内蒙古农牧业科学院植物营养与分析研究所,
呼和浩特 010031)

摘要: 内蒙古河套灌区施用NPK化肥均能提高油用向日葵产量, 增产效果为: 氮肥 > 钾肥 > 磷肥。在PK基础上增施氮肥平均增产16.2%, 每公斤N增产向日葵3.7公斤; 在NK基础上施用磷肥平均增产11.9%, 每公斤 P_2O_5 增产向日葵7.2公斤; 在NP的基础上施用钾肥平均增产13.4%, 每公斤 K_2O 增产向日葵4.6公斤。施用氮肥的肥料利用率(N)平均为30.2%, 磷肥的肥料利用率(P_2O_5)为15.0%, 钾肥的肥料利用率(K_2O)为35.0%。生产100公斤向日葵吸收N平均为4.40公斤, 吸收 P_2O_5 平均为1.18公斤, 吸收 K_2O 平均为5.04公斤。

关键词: 油用向日葵 (*Helianthus annuus* L.), NPK, 农学效率, 养分利用率

向日葵 (*Helianthus annuus* L.) 原产于拉丁美洲、墨西哥一带, 菊科, 向日葵属。全球共有40多个国家种植向日葵。据联合国粮农组织统计数据显示, 1999-2004年全球向日葵种植面积约3.2亿亩, 总产量约为2647.6万吨, 单位面积产量约为82公斤/亩。向日葵在我国已有400多年的种植历史, 长时期内, 我国主要作为花卉观赏或采硕果食用, 仅是零星种植。从近几年国内外向日葵生产发展速度看, 我国向日葵生产发展相对较快, 如2001-2005年我国年均向日葵种植面积和总产量分别为1615.5万亩和175.3万吨。

向日葵是内蒙古重要的油料作物, 也是自治区中西部群众的主要食用植物油来源, 在自治区农业生产中占有重要地位。2006年内蒙自治区向日葵播种面积为541.5万亩, 居全国首位, 占全国向日葵种植面积的30%, 其中食用型向日葵占总播种面积的55%-60%, 油用型向日葵占总播种面积的40%-45%。2006年内蒙古向日葵总产量79.7万吨, 占全国向日葵总产量的39%, 总产稳居全国第一, 河套灌区是向日葵的主要产地, 2006年播种面积195万亩, 总产量46.7万吨, 分别占全区的36%和59%。油用向日葵生长迅速, 吸收养分较多, 施肥是增产的关键技术。为此我们进行了一系列研究, 为向日葵的科学施肥提供依据。

1 材料与方法

2002年在内蒙古临河市城关镇, 2003年在临河市乌兰图克乡进行, 供试土壤为灌淤土, 质地中壤, 采用当地推广品种内葵杂3号, 密度为4000株/亩。2007年在杭锦后旗陕坝镇巴彦淖尔市农科院试验场进行, 土壤为灌淤土, 品种为内葵杂3号。2008年分别在杭锦后旗陕坝镇、临河区干召庙镇和五原县隆昌镇进行, 品种为S31。土壤基础养分含量见表1。

表1 供试土壤养分含量

年份	地点	pH	OM	N	P	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			毫克/升									
2002	临河市城关镇	9.0	1.45	81.4	33.4	240.0						
2003	临河市乌兰图克	8.7	0.25	9.1	22.5	137.6	38.8	3.4	2.6	15.1	12.5	1.6
2007	杭锦后旗陕坝	8.8	0.53	40.3	29.8	175.4	61.0	3.7	2.9	17.1	14.7	2.7
2008	杭锦后旗陕坝	8.7	0.36	93.9	39.9	75.0	176.8	2.1	1.8	16.6	12.2	2.5
2008	临河区干召庙	8.5	0.37	35.0	3.2	86.3	3.9	1.0	1.9	7.0	2.8	0.7
2008	五原县隆昌	8.7	0.37	34.7	11.7	149.3	23.9	1.9	2.8	18.1	10.4	1.4

注：2002年由本所化验室测试，其余测定结果都由中加合作实验室提供。

试验均设置四个处理：OPT，OPT-N，OPT-P，OPT-K。试验用氮肥为尿素，含N 46%，磷肥为重过磷酸钙，含P₂O₅ 46%，钾肥为氯化钾，含K₂O 60%，肥料全部做基肥一次深施，田间管理同一一般生产田。

2 结果与分析

2.1 油葵施肥的增产效果及肥料利用率

分析整理了2002-2007年的6个油用向日葵肥料试验，结果见表2。

表2 向日葵施用氮磷钾肥的增产效果和肥料利用率

项别		年份和地点						平均
		2002年临河	2003年临河	2007年杭后	2008年杭后	2008年临河	2008年五原	
施肥量 (公斤/亩)	N	10	10	12	11	11	11	11
	P ₂ O ₅	4	6	4	4	4	4	4
	K ₂ O	6	8	4	12	12	12	9
产量 (公斤/亩)	OPT	284	337	268	296	305	303	299
	OPT-N	260	297	221	224	276	274	259
	OPT-P	263	298	221	272	273	279	268
	OPT-K	241	294	239	254	282	274	264
增产率 (%)	N	9.2	13.6	21.3	31.8	10.3	10.8	16.2
	P ₂ O ₅	8.0	13.1	21.1	8.8	11.8	8.7	11.9
	K ₂ O	17.9	14.8	12.3	16.5	8.2	10.5	13.4
农学效率 (公斤/公斤)	N	2.4	4.2	3.9	6.5	2.6	2.7	3.7
	P ₂ O ₅	5.3	6.3	11.7	6.0	8.0	6.1	7.2
	K ₂ O	7.2	5.4	7.3	3.5	1.9	2.4	4.6
肥料利用率 (%)	N	18.3	33	22.4	48.2	19.3	39.8	30.2
	P ₂ O ₅	14.4	16.6	13.5	9.0	17.2	19.3	15.0
	K ₂ O	30.4	46.9	43.2	31.4	20.7	37.2	35.0
生产100公斤	N	3.4	4.0	3.1	5.7	5.3	4.9	4.4
籽实吸收养分量 (公斤)	P ₂ O ₅	1.3	2.1	1.2	0.69	0.84	0.96	1.2
	K ₂ O	4.1	5.6	2.9	6.3	6.0	5.4	5.0

表2看出,油用向日葵OPT的产量水平为268-337公斤/亩,平均为299公斤/亩。OPT-N的产量为221-297公斤/亩,平均259公斤/亩。OPT-P为221-298公斤/亩,平均268公斤/亩。OPT-K为239-294公斤/亩,平均264公斤/亩。

增施氮肥增产9.2%-31.8%,平均为16.2%,每公斤N增产向日葵2.4-6.5公斤,平均为3.7公斤;施用磷肥增产8.0%-21.1%,平均为11.9%,每公斤 P_2O_5 增产向日葵5.3-11.7公斤,平均为7.2公斤;施用钾肥增产8.2%-17.9%,平均为13.4%,每公斤 K_2O 增产向日葵1.9-7.3公斤,平均为4.6公斤。施肥增产效果:氮肥>钾肥>磷肥。

施用氮肥的肥料利用率(N)为18.3%-48.2%,平均30.2%,磷肥的肥料利用率(P_2O_5)为9.0%-19.3%,平均15.0%,钾肥的肥料利用率(K_2O)为20.7%-46.9%,平均35.0%。

生产100公斤向日葵吸收N3.1-5.7公斤,平均为4.4公斤。吸收 P_2O_5 0.69-2.1公斤,平均为1.2公斤。吸收 K_2O 2.9-6.3公斤,平均为5.0公斤。

3 小结

3.1 试验结果表明,在内蒙古河套灌区施用NPK化肥均能提高油用向日葵产量,增产效果为:氮肥>钾肥>磷肥。

3.2 在PK基础上增施氮肥平均增产16.2%,每公斤N增产为3.7公斤;在NK基础上施用磷肥平均增产11.9%,每公斤 P_2O_5 增产7.2公斤;在NP的基础上施用钾肥平均增产13.4%,每公斤 K_2O 增产向日葵4.6公斤。

3.3 施用氮肥的肥料利用率(N)平均为30.2%,磷肥的肥料利用率(P_2O_5)平均15.0%,钾肥的肥料利用率(K_2O)平均为35.0%。

3.4 生产100公斤向日葵吸收N平均为4.4公斤,吸收 P_2O_5 平均为1.2公斤,吸收 K_2O 平均为5.0公斤。

参考文献:

- [1] 谷洁, 高华. 黄土高原向日葵产量的土壤养分限制因子与施肥指标研究[J]. 中国油料作物学报, 1998, 20 (4): 84-87.
- [2] 李庆文, 魏亚范, 尤宝庆, 等. 向日葵吸肥特征及其对肥料效应的研究[J]. 土壤通报, 1984, (2): 76-77
- [3] 李庆文, 魏亚凡, 尤宝庆, 等. 向日葵吸肥规律及其施肥技术的研究[J]. 辽宁农业科学, 1984, (2): 7-13
- [4] 汪家灼. 我国植物油料及油用向日葵发展近况[J]. 内蒙古农业科技, 2006, (6): 11-14.
- [5] 安玉麟. 中国向日葵产业发展的问题与对策[J]. 内蒙古农业科技, 2004, (4): 1-4.
- [6] 李素萍, 安玉麟, 聂惠, 等. 硼肥对构成食用向日葵产量因素的影响[J]. 华北农学报, 2005, (专辑): 15-20.
- [7] 张立华, 赵益平, 张颖力, 等. 内蒙古向日葵生产现状及发展对策[J]. 内蒙古农业科技 2007(5): 82~84

2010年IPNI研究生奖学金评选结果揭晓

2010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出,每位获奖者得到2000美元的奖励,以鼓励他们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所长Terry L. Roberts博士告诉我们:“今年收到比往年更多地来自于不同大学和研究所的许多学生申请IPNI研究生奖学金,符合条件的学生给我们留下了深刻印象,他们的研究所和导师们会为他们的优秀成绩感到自豪。”评审委员会严格按照评价标准对每一位申请者的学习和研究方面进行了全面评价。2010年共有16位来自不同国家和地区的在读研究生获得2010年度研究生奖学金。

非洲:

Mary Njeri Kibuku, Moi University, Eldoret, Kenya

澳大利亚/新西兰:

Richard Flavel, University of New England, Armidale, New South Wales

Shu-Kee Lam, University of Melbourne, Horsham, Victoria

中国:

易琼, 中国农业科学院研究生院

东欧和中亚:

Saken Suleimenov, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

拉丁美洲:

Felipe Carmona, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil

Isabeli Pereira Bruno, São Paulo State University, Piracicaba, Brazil

北美:

Ignacio Ciampitti, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA

Dylan Wann, University of Georgia, Tifton, Georgia, USA

Ronald F. Gonzalez, University of Florida, Gainesville, Florida, USA

Jared Barnes, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA

南亚:

Hafeez ur Rehman, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Neenu.S, Kerala Agricultural University, Thiruvananthapuram, Kerala, India

Tanumoy Bera, University of Agriculture and Technology, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi

东南亚:

Ngai Paing Tan, Universiti Putra Malaysia

Suphasit Sitthaphanit, Khon Kaen University, Thailand

研究生奖学金由IPNI成员公司提供赞助，他们是氮磷钾肥以及中微量元素肥料的生产者。只要有IPNI项目的任何国家，在具有学位授予资格的单位攻读的研究生都有资格申请。鼓励从事土壤和植物科学包括农学、园艺、生态、土壤肥力、土壤化学、作物生理以及其他与植物营养相关领域的研究生申请。下面是中国获奖者的简单介绍。



易琼，湖南人，2008年毕业于湖南农业大学，就读于中国农业科学院研究生院，攻读硕士学位，论文题目是：“江汉平原稻麦轮作体系氮素供应与需求协调机理研究”。研究目标包括确定稻麦轮作体系氮素合理用量，确定作物生育期氮素推荐的临界期。将来准备从事可持续农业和环境保护方面的研究。

关于加拿大不同颜色钾肥的说明——颜色改变，质量不变

资料来源：Canpotex



加拿大钾肥公司是世界上最大的钾肥出口贸易商，它是由一家加拿大萨斯喀彻温省内三个钾肥生产企业全资拥有的国际钾肥市场开发和销售公司，三个股东分别为加阳公司、美盛公司和萨斯喀彻温钾肥公司。在许多东方国家而言，红色代表好运气，而白色代表纯洁和喜悦，然而对加拿大钾肥公司而言，钾肥的红色和白色或二者混合而成的粉红色仅仅是钾肥产品自然形成的颜色。了解钾矿的形成过程就知道钾肥颜色是从何而来了。早在大约4亿年前，随着遍布加拿大大草原的内海盐水的蒸发逐步形成了丰富的钾矿资源，经年累月被埋在上千米的地下，这些钾盐形成了萨斯喀彻温省的高品位的钾矿层，每年可以生产出上千万吨的钾肥。一般来说，萨斯喀彻温省的钾矿含有两种主要的晶体矿物，一种是钾盐-氯化钾，另一种是盐盐-氯化钠。根据钾矿所处的位置不同，钾矿中还含有不同的砂、粘土和氧化铁，钾矿的颜色可以从浅粉红色到深红色不等，取决于矿层所处深度氧化铁含量的多少，氧化铁含量在北部矿区的钾矿中可以高达每公斤800毫克，而在南部只有每公斤100毫克或更低。处于南部的浅颜色钾矿是世界最大的钾矿，其中钾矿中的氯化钾含量稍高于北部深红色的钾矿，除此之外二者没有任何区别。钾肥中铁质的不同含量对钾肥本身作为肥料的质量没有任何影响。加拿大钾肥公司供应的白色钾肥质量高，氧化铁和其他杂质通过精炼几乎全部被去除，因此在质量上比其他产地的白色钾肥尤其比盐湖钾肥的质量高很多。无论是红色的、白色的还是粉红色的，萨斯喀彻温省钾肥含丰富的养分，是作物生长和作物健康必不可少的，从这种意义上讲，这些颜色都代表好运气。最后让我们共同祝愿肥料的合理施用将确保现在和将来甚至千百年后不断增长的人口能够获得足够的粮食。