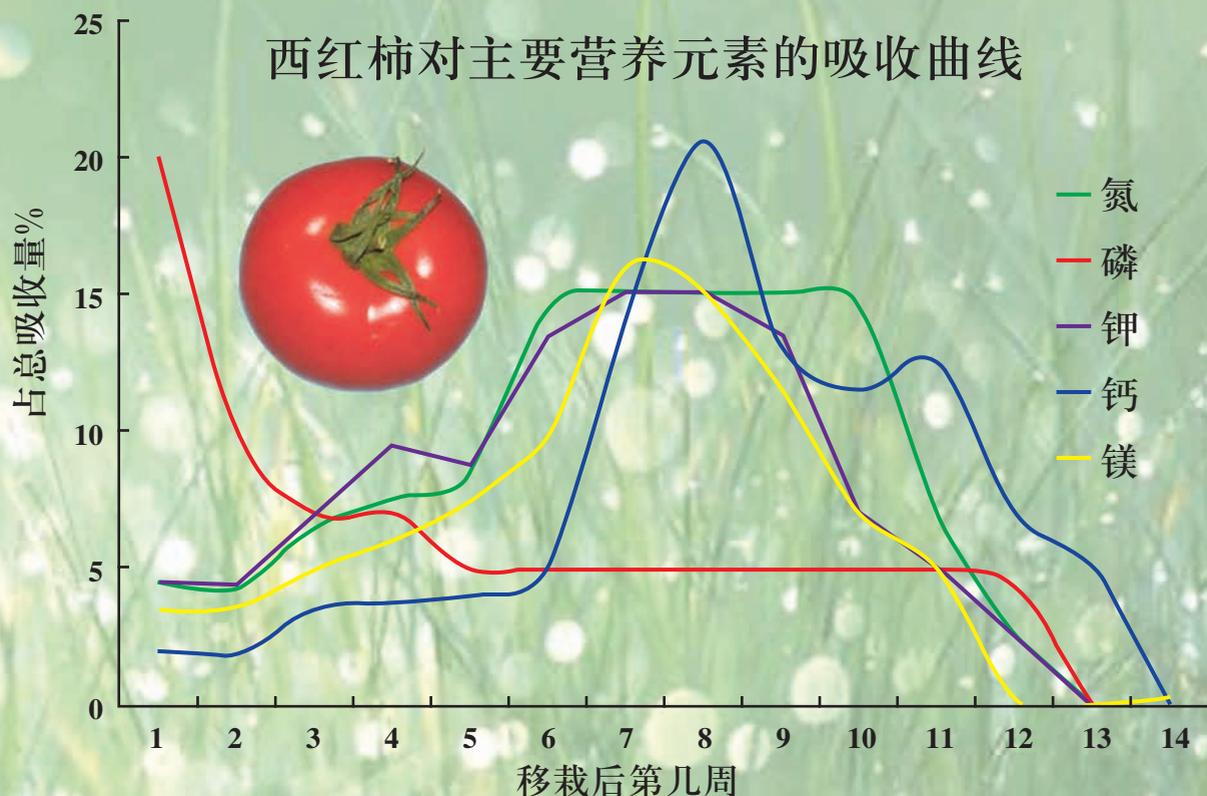


高效施肥



本期提要

“稻—稻”轮作钾的合理投向

花卉专用肥施用效果

平衡施肥对涪溪蜜柚产量和品质影响

平衡施肥对白浆土水稻产量影响

啤酒花养分诊断与磷肥效应试验

青海省秋种蔬菜增施钾肥试验

上海南十家监测村推荐施肥

四川青神施钾肥提高西瓜产量和品质

小麦收后复种油白菜平衡施肥

平衡施肥对叶类蔬菜产量和品质影响

砂糖桔平衡施肥技术示范

高效施肥 2005 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 (15)	1
“稻—稻”轮作中钾的合理投向研究	2
花卉专用肥施用效果研究	8
平衡施肥对琯溪蜜柚产量和品质的影响	11
平衡施肥对白浆土水稻产量的影响	14
啤酒花养分诊断与磷肥效应试验研究	17
青海省秋种蔬菜增施钾肥试验研究	22
上海南十家监测村推荐施肥工作初探	26
四川青神县钾肥对西瓜产量和品质的影响	32
小麦收后复种油白菜平衡施肥研究	35
平衡施肥对叶类蔬菜产量和品质的效应	38
砂糖桔平衡施肥技术示范效果	43

《高效施肥》

为 PPI/PPIC 中国项目部的出版物，
每年五月及十月各出一期

本刊物以推动科学化的合理施肥为目标
可免费向北京、武汉、成都办事处索取

网页: <http://www.ppi-ppic.org>
<http://cclab.caas.ac.cn>

邮件地址:

主编: 金继运 jyjin@ppi-ppic.org
编辑: 陈 防 fchen@ppi-ppic.org
涂仕华 stu@ppi-ppic.org
李书田 sli@ppi-ppic.org
何 萍 phe@ppi-ppic.org
梁鸣早 mzliang@ppi-ppic.org

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

主编: 金继运
编辑: 陈 防、涂仕华、李书田、何萍、
梁鸣早

国际项目总部— Saskatoon, Saskatchewan, 加拿大
T.L. Roberts, Senior Vice President, PPI / PPIC,
International Program Coordinator
A.M. Johnston, President, PPIC

理事会

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

行政办公室— Norcross, Georgia, 美国

D.W. Dibb, President, PPI
T.L. Roberts, Senior Vice President, PPI/PPIC

北美项目总部— Brookings, South Dakota, 美国
P.E. Fixen, Senior Vice President, PPI, North
American Coordinator, and Director of Research

中国项目部

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

会员公司:

Agrium Inc.
Yara International
Intrepid Mining, LLC
Mosaic
PotashCorp
Simplot

加拿大钾肥公司在中国平衡施肥示范项目报告 (15)

——中国农业科学院国家测土施肥中心实验室揭牌

金继运

PPI / PPIC 中国项目部, 北京



中一加合作土壤植物测试实验室 (CAAS-PPIC Cooperative Soil and Plant Analysis Laboratory) 成立于 1990 年, 在中一加合作项目支持下建立的。该实验室在引进国际先进技术的基础上, 经过多年创新研究, 形成了以应用联合浸提剂、系列化批量操作和信息化数据管理技术为核心的测土推荐施肥技术体系, 并在全国主要土壤类型和作物上经过了 7000 多个田间试验和示范的验证, 相关成果获得了 1996 年农业部科技进步二等奖和 1999 年国家科技进步三等奖。同时成功

开发了配套的仪器设备, 申报了国家技术专利。该实验室为中国一加加大政府间合作平衡施肥和土壤养分管理项目提供了支持, 同时为国家科技攻关项目、国家重大基础研究规划项目 (973)、国家高技术研究项目 (863)、国家粮食丰产工程等提供了技术支持。目前该室已为全国各地分析土壤样品 24953 个, 实验室年样品分析能力 6000 个。该实验室有处于国际领先水平的数据自动采集系统和施肥推荐系统, 建立了较为齐全的土壤养分数据库系统, 可为 150 种植物提供施肥推荐。

众所周知, 我国是世界上最大的化肥消费国。2004 年, 全国化肥施用总量达 4637 万吨。化肥的大量施用, 一方面为粮食增产、增效、增收做出了贡献, 但另一方面, 由于科学施肥水平整体不高, 盲目施肥现象严重, 这不仅增加农业生产成本, 降低生产效益, 而且造成肥料资源的巨大浪费, 导致土壤养分失衡、生产力不稳, 农产品品质下降、环境污染严重, 直接影响到农业的可持续发展。党中央、国务院对此高度关注, 相继作了重要批示, 农业部为贯彻落实中央一号文件和中央领导同志重要批示精神, 把科学施肥工作作为一项紧迫任务摆到重要日程, 作为科技入户工程的第一大技术在全国推广。

但是, 测土配方施肥技术性很强, 需要有强大的技术支撑, 中国农业科学院作为全国测土配方施肥的技术依托单位, 中加合作项目为测土配方施肥作了大量的工作, 为了更好地开展测土配方施肥的创新性研究, 经中国农业科学院领导研究并征得有关部门同意, 决定在中一加合作土壤植物测试实验室 (CAAS-PPIC Cooperative Soil and Plant Analysis Laboratory) 的基础上成立国家测土配方施肥中心实验室, 为更好地加强测土配方施肥的研究, 为全国测土配方施肥提供技术支撑。

中国农业科学院国家测土配方施肥中心实验室下设分析化验、创新研究、设备开发、技术培训、软件技术等部门。分析测试是实验室的基本工作之一, 主要测定土壤、植物样品中的氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、铜、锰、锌、硼等营养元素。可为全国测土配方施肥提供技术服务和样品分析, 已研制开发了适合我国不同层次和条件的测土配方施肥分析设备, 并已在上海、山东、河北、河南、陕西、黑龙江、辽宁等地使用, 为我国测土配方施肥工作提供了技术保障。

中国农业科学院国家测土施肥中心实验室揭牌仪式于 2005 年 8 月 8 日上午在中国农业科学院农业资源与农业区划研究所举行。该仪式由中国农业科学院农业资源与农业区划研究所所长唐华俊主持, 农业部、财政部、科技部、商务部以及中国农业科学院领导参加揭牌仪式。全国农业技术推广服务中心、中国农业大学资源学院、北京市农林科学院、中国植物营养与肥料学会等单位也到会祝贺。

“稻—稻”轮作中钾的合理投向研究

郑圣先 戴平安 聂军

湖南省土壤肥料研究所

摘要: 在土壤肥力中上等的丘陵和肥力较高的洞庭湖两个生态区第一季早稻 K_2O 10公斤获得了最高产量,分别增产6.0%和2.6%,生产效率为2.89公斤和1.33公斤,具有最大的产投比、纯收入;钾肥利用率低于低钾用量,为33.3%和20.5%;施 K_2O 量增加,效应下降。第二季晚稻连续施用钾肥时增效下降,但随用量增加而提高,连续施高钾的利用率低于中钾用量,为30.5%和31.4%。钾宜向丘陵区倾斜,丘陵区中又应重视早稻施钾,以发挥钾在轮作中的最大效应(益)。

施用氮肥的效应(益)大于钾肥。第一季早稻施氮丘陵区效果大于湖区,但利用率丘陵区仅25.4%,而湖区为36.5%;在连续施钾肥的第二季晚稻,降低了丘陵区的施氮效果及氮肥利用率,但促进了湖区氮肥效果的发挥及利用率的提高。

关键词: 水稻;轮作;钾肥效应;氮肥效应;肥料利用。

丘陵和洞庭湖两大生态区是湖南的粮食生产基地,稻田以“稻—稻”轮作为主,其稻谷产量的高低直接影响湖南粮食的丰缺和人民的生计。过去我们曾对湖南丘陵、湖区和山区三大生态区的农田养分循环与平衡进行了调查研究,结果指出,各生态区钾均出现亏缺,其中以丘陵区最严重^[1]。因此,钾素的合理投放是影响农田养分良性循环,稻谷产量再上新台阶的重要举措。经济施肥始终是人们追求的目标,农田耕作制中钾肥的合理投放是经济施肥的重要范畴。今年在湖南省丘陵和洞庭湖两个生态区的“稻—稻”轮作制中开展了钾肥的合理投向的研究,为湖南省粮食生产基地的经济施用钾肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

田间试验分别在长沙县(丘陵区)和沅江县(湖区)农户的稻田中进行。供试土壤为第四纪红土发育的红黄泥田和湖积物发育的紫潮泥田,其供试土壤的某些化学性质见表1。

表1 供试土壤名称及其基本化学性质

地 点	土壤名称	pH (水)	OM	全K	碱解N	速效P	速效K	缓效K
			克/公斤		毫克/公斤			
长沙县	红黄泥田	5.7	38.7	12.2	196.5	19.9	141.0	99.0
沅江县	紫潮泥田	7.3	46.0	24.4	216.0	17.9	116.0	324.0

供试水稻品种(组合):早稻为八两优100和金优974,晚稻为威优46和I优198。早稻于2003年4月下旬插秧,7月中旬收获,株行距(13和16.7)厘米×20厘米。晚稻于7月中旬插秧,10月下旬收获,株行距20厘米×20厘米。

1.2 试验处理与田间设计:

轮作中的第一季(早稻)设5个处理: NPK_2 (1); NPK_1 (2); NPK_3 (3);NP(4); PK_2 (5)。轮作中的第二季(晚稻)仍为5个处理:即第一季早稻的 NPK_2 小区裂为三个小区: NPK_2 (1-1);NP(1-2); PK_2 (1-3); NPK_1 (4); NPK_3 (5),第一季的NP和 PK_2 区弃去。保护行作为农民习惯施肥处理。

K_1 、 K_2 、 K_3 分别为每亩施 K_2O 7.5、10和12.5公斤；每亩施N早稻11公斤，晚稻12公斤；每亩施 P_2O_5 早稻6公斤、晚稻3.6公斤；农民习惯施肥($N+P_2O_5+K_2O$)：丘陵点早稻每亩施肥量为 $8.25+4.2+3.0$ 公斤，晚稻施肥量 $6.0+3.6+3.5$ 公斤，湖区点早稻为 $17.7+6.0+1.8$ 公斤，晚稻为 $13.1+0+3.0$ 公斤。早稻氮肥的60%作基肥、40%作分蘖肥，晚稻70%作基肥、30%作分蘖肥，磷、钾肥100%作基肥。试验采用随机区组设计，小区面积20平方米，重复3次。

1.3 样品采集与分析测定：

试验前基础土样在肥料施入之前采集，每区、组取3个样混合，每季试验结束后在各小区取样，并按处理混合，取深度为0~5厘米。土壤有机质、全钾、速效钾、缓效钾、速效磷、碱解氮等项目参照《土壤农化分析》测定^[2]。植株全量钾、氮分别于幼穗分化始期、齐穗期和成熟期每小区采集5蔸，烘干后测定干重，用火焰光度法测全钾，凯氏法测定全氮。

2 试验结果与分析

2.1 不同生态区水稻轮作中钾、氮肥效应分析

表2表明，丘陵区早稻每亩施 K_2O 7.5~12.5公斤比不施钾增产2.7%~6.0%，施中、高量钾肥与不施肥产量间的差异达到极显著水平，其中以每亩施 K_2O 10公斤的增产效应最大，施 K_2O 量再提高，其产量和增产率均下降。说明丘陵区在供试土壤含速效K141毫克/公斤，缓效K99毫克/公斤的条件下，需每亩施 K_2O 10公斤才可发挥其最大的增产效应。农民习惯施肥的N、P、K用量均低于低钾处理，其产量亦减产1.9%。在第一季每亩施 K_2O 7.5~12.5公斤水平下，第二季连续施用各相应的施 K_2O 量，其产量随施 K_2O 量的增加而逐渐提高，且施高量 K_2O 与不施钾及低量 K_2O 的产量差异达到显著水平，但施钾比不施钾（第一季施过10公斤 K_2O /亩）仅增产0.9%~5.6%，其增产幅度均低于各施钾水平的第一季增产效果。说明施钾肥具有后效作用。

表2 丘陵区稻—稻轮作中的施钾、氮肥效应：

季别	处理	产量 (公斤/亩)	差异显著性		增产率 (%)	
			0.05	0.01	K	N
第一季（早稻）	$N_{11}+P_{2O_{5.6}}+K_{2O_0}$	485.6	b	B	—	
	$N_{11}+P_{2O_{5.6}}+K_{2O_{7.5}}$	498.9	ab	AB	2.7	
	$N_{11}+P_{2O_{5.6}}+K_{2O_{10}}$	514.5	a	A	6.0	65.4
	$N_{11}+P_{2O_{5.6}}+K_{2O_{12.5}}$	514.4	a	A	5.9	
	$N_0+P_{2O_{5.6}}+K_{2O_{10}}$	311.1	c	C	—	—
第二季（晚稻）	$N_{12}+P_{2O_{5.3.6}}+K_{2O_0}$	531.9	b	A	—	
	$N_{12}+P_{2O_{5.3.6}}+K_{2O_{7.5}}$	536.5	b	A	0.9	
	$N_{12}+P_{2O_{5.3.6}}+K_{2O_{10}}$	549.7	ab	A	3.3	32.8
	$N_{12}+P_{2O_{5.3.6}}+K_{2O_{12.5}}$	561.9	a	A	5.6	
	$N_0+P_{2O_{5.3.6}}+K_{2O_{10}}$	414.1	c	B	—	—

由表2还可看出，丘陵区尽管供试土壤含碱解N达到196.5毫克/公斤，但施氮肥仍具有极显著的增产效果，施氮比不施氮增产54.6%。在第一季早稻施氮，第二季晚稻不施氮，虽然仍具有极显著的增产效果，但其增产幅度低于第一季早稻。说明施用氮肥对后作仍有影响。同时，施氮肥的效应远大于施用钾肥。

表3指出，洞庭湖区第一季早稻产量仍以每亩施 K_2O 10公斤处理最高，但施钾比不施钾仅增产

1.5%~2.6%，无显著差异。在各施钾水平连续施用的第二季，稻谷产量虽随钾肥用量增加而依次提高，但施钾比不施钾仅增产0.6%~3.8%，亦无显著差异。农民习惯施肥的氮素较高、磷(晚稻)、钾最低，因而其产量水平亦低于每亩施 K_2O 7.5公斤处理。与丘陵区比较，每季的产量变化表现出一致趋势，但湖区施用钾肥的增产效应小于丘陵区，这与其供试土壤含有对水稻生长有效的缓效钾数倍高于丘陵点有关。

洞庭湖区施用氮肥第一季增产29.7%，第2季增产34.5%，其增产效果低于丘陵区，这与其土壤含碱解氮高于丘陵区有关。

表3 洞庭湖区稻—稻轮作中的施钾、氮肥效应

季别	处理	产量 (公斤/亩)	差异显著性		增产率 (%)	
			0.05	0.01	K	N
第一季(早稻)	$N_{11}+P_{2O_{5.6}}+K_2O_0$	511.1	a	A	—	
	$N_{11}+P_{2O_{5.6}}+K_2O_{7.5}$	520.0	a	A	1.7	
	$N_{11}+P_{2O_{5.6}}+K_2O_{10}$	524.4	a	A	2.6	29.7
	$N_{11}+P_{2O_{5.6}}+K_2O_{12.5}$	518.9	a	A	1.5	
	$N_0+P_{2O_{5.6}}+K_2O_{10}$	404.4	b	B		—
第二季(晚稻)	$N_{12}+P_{2O_{5.3.6}}+K_2O_0$	554.4	a	A	—	
	$N_{12}+P_{2O_{5.3.6}}+K_2O_{7.5}$	557.8	a	A	0.6	
	$N_{12}+P_{2O_{5.3.6}}+K_2O_{10}$	567.8	a	A	2.4	34.5
	$N_{12}+P_{2O_{5.3.6}}+K_2O_{12.5}$	575.6	a	A	3.8	
	$N_0+P_{2O_{5.3.6}}+K_2O_{10}$	422.2	b	B		—

2.2 两生态区“稻—稻”轮作中钾、氮肥投入的经济效益

种田获得较高的经济效益是农民追求的目标。在丘陵区，第一季早稻施钾，以每亩施 K_2O 10公斤获得的产投比最大(3.14)，其次是12.5公斤水平(2.32)，并分别获得较高的纯收入25.0元和19.4元。在连续施钾的第二季晚稻，其产投比和纯收入表现出高钾(12.5公斤/亩) > 中钾(10公斤/亩) > 低钾(7.5公斤/亩)，但其产投比和纯收入仅施高钾水平大于第一季。在湖区其产投比和纯收入的变化规律同丘陵区，第一季以中钾最高，第二季以高钾最大，但其数值低于丘陵区(表4)。说明丘陵区的投钾效益高，钾的投向宜向丘陵区早稻中倾斜。而湖区则应向晚稻中倾斜，方可获取较大的施钾效益。

表4表明，施用氮肥的产投比(9.90—16.97)及纯收入(127.3—228.3元/亩)均高于施用钾肥。丘陵区的产投比(10.43—16.97)及纯收入(153.2—228.3元)大于湖区[(9.90—11.20)和127.3—159.1元]，丘陵区早稻(16.97, 228.3元)又高于晚稻(10.43, 153.2元)，湖区则晚稻(11.20, 159.1元)高于早稻(9.90, 127.3元)。说明氮肥宜向丘陵区的第一季早稻中倾斜，以便取得更大的施氮效益。

2.3 不同生态区稻—稻轮作中水稻对钾、氮素吸收量的差异

表5表明，在丘陵生态区，早稻幼穗分化始期水稻吸收的钾量不到全生育期稻株吸钾总量的1/3，其中约60%来自土壤有效钾素的自然供给，但随着钾肥用量的增加，自然供给的比率下降；到水稻齐穗期即吸收了总钾量的80%以上，齐穗至成熟期间稻株仍继续吸收约占全生育期20%的钾素，到成熟期仍有63%左右的钾素来自于土壤供给，亦随钾素用量的增加而降低了土壤的供给率。在洞庭湖区的

生态条件下,生育前期稻株吸收钾素的比率稍低于丘陵区,仅占全生育期吸收总量的 21.2%~28.4%,这可能与洞庭湖区早稻生育前期泥、水温低于丘陵区而影响水稻生长有关。到齐穗期即吸收了全生育期吸钾总量的 100%,而且其 80% 以上是由土壤有效钾素的自然供给,明显大于丘陵区,这与湖区土壤有效钾(缓效钾)含量高于丘陵区土壤有关,而在每公顷施钾 150 公斤水平时的吸钾量最大,土壤的供肥量最小。齐穗后稻株没有进一步吸收钾,反而出现钾素外渗现象,吸钾量下降。生育后期两生态区稻株吸钾差异可能与丘陵区的供试品种(组合)是两系杂交稻,洞庭湖区是三系杂交稻,二者的吸钾特性不同^[3]、或是与两生态区土壤的供钾能力不同有关。

表 4 两生态区稻—稻轮作中的钾、氮投放效益(元/亩)

生态区	季别	项目	处理	产值	增产值	投肥成本	产出/投入	纯收入		
丘陵区	早稻	钾	$N_{11}+P_{2}O_{5.6}+K_{2}O_0$	573.0	—	—	—	—		
			$N_{11}+P_{2}O_{5.6}+K_{2}O_{7.5}$	588.7	15.7	8.8	1.79	6.9		
			$N_{11}+P_{2}O_{5.6}+K_{2}O_{10}$	609.7	36.7	11.7	3.14	25.0		
			$N_{11}+P_{2}O_{5.6}+K_{2}O_{12.5}$	607.0	34.0	14.6	2.32	19.4		
		氮	$N_{11}+P_{2}O_{5.6}+K_{2}O_{10}$	609.7	242.6	14.3	16.97	228.3		
			$N_0+P_{2}O_{5.6}+K_{2}O_{10}$	367.1	—	—	—	—		
			晚稻	钾	$N_{12}+P_{2}O_{5.3.6}+K_{2}O_0$	638.3	0.0	—	—	—
					$N_{12}+P_{2}O_{5.3.6}+K_{2}O_{7.5}$	643.8	5.4	10.8	0.62	3.3
	$N_{12}+P_{2}O_{5.3.6}+K_{2}O_{10}$	659.7			21.4	11.7	1.83	9.7		
	$N_{12}+P_{2}O_{5.3.6}+K_{2}O_{12.5}$	674.3			36.0	14.6	2.46	21.4		
氮	$N_{12}+P_{2}O_{5.3.6}+K_{2}O_{10}$	659.7		162.8	15.6	10.43	21.4			
	$N_0+P_{2}O_{5.3.6}+K_{2}O_{10}$	496.9		—	—	—	—			
洞庭湖区	早稻	钾	$N_{11}+P_{2}O_{5.6}+K_{2}O_0$	603.1	—	—	—	—		
			$N_{11}+P_{2}O_{5.6}+K_{2}O_{7.5}$	613.6	10.5	8.8	1.19	1.7		
			$N_{11}+P_{2}O_{5.6}+K_{2}O_{10}$	618.8	15.7	11.7	1.34	4.0		
			$N_{11}+P_{2}O_{5.6}+K_{2}O_{12.5}$	612.3	9.2	14.6	0.63	-5.5		
		氮	$N_{11}+P_{2}O_{5.6}+K_{2}O_{10}$	618.8	141.6	14.3	9.90	127.3		
			$N_0+P_{2}O_{5.6}+K_{2}O_{10}$	477.2	—	—	—	—		
			晚稻	钾	$N_{12}+P_{2}O_{5.3.6}+K_{2}O_0$	665.3	—	—	—	—
					$N_{12}+P_{2}O_{5.3.6}+K_{2}O_{7.5}$	669.3	4.0	8.8	0.46	-4.8
	$N_{12}+P_{2}O_{5.3.6}+K_{2}O_{10}$	681.3			16.0	11.7	1.37	4.3		
	$N_{12}+P_{2}O_{5.3.6}+K_{2}O_{12.5}$	690.7			25.3	14.6	1.73	10.7		
氮	$N_{12}+P_{2}O_{5.3.6}+K_{2}O_{10}$	681.3		174.7	15.6	11.20	159.1			
	$N_0+P_{2}O_{5.3.6}+K_{2}O_{10}$	506.7		—	—	—	—			

注:早、晚稻谷价格分别:1.18 元/公斤,1.20 元/公斤;K₂O 1.17 元/公斤,N1.30 元公斤。

表5 不同生态区稻—稻轮作中水稻对钾、氮吸收的差异

生态区	项目	处理	幼穗分化始期			齐穗期			成熟期		
			吸收量 (公斤/亩)	增减率 (%)	占全期率 (%)	吸收量 (公斤/亩)	增减率 (%)	占全期率 (%)	吸收量 (公斤/亩)	增减率 (%)	占全期率 (%)
丘陵区	钾	$N_{11}+P_2O_{5.6}+K_2O_0$	2.5	—	27.8	6.2	—	69.7	8.9	—	100
		$N_{11}+P_2O_{5.6}+K_2O_{7.5}$	3.4	36.6	29.5	9.9	60.9	87.1	11.4	28.7	100
		$N_{11}+P_2O_{5.6}+K_2O_{10}$	3.5	41.7	28.6	10.5	69.8	86.0	12.2	37.6	100
		$N_{11}+P_2O_{5.6}+K_2O_{12.5}$	3.7	50.1	28.7	11.7	89.5	90.9	12.9	45.2	100
	氮	$N_{11}+P_2O_{5.6}+K_2O_{10}$	3.2	213.1	62.9	3.5	81.7	69.2	5.1	122.2	100
		$N_0+P_2O_{5.6}+K_2O_{10}$	1.0	—	44.6	1.9	—	84.5	2.3	—	100
湖区	钾	$N_{11}+P_2O_{5.6}+K_2O_0$	3.0	—	21.2	14.0	—	100	11.0	—	78.5
		$N_{11}+P_2O_{5.6}+K_2O_{7.5}$	4.0	33.8	24.2	16.4	16.9	100	15.4	40.1	94.1
		$N_{11}+P_2O_{5.6}+K_2O_{10}$	4.7	57.9	28.4	16.4	17.4	100	13.0	18.7	79.3
		$N_{11}+P_2O_{5.6}+K_2O_{12.5}$	4.3	44.8	27.9	15.4	9.9	100	12.4	13.4	80.9
	氮	$N_{11}+P_2O_{5.6}+K_2O_{10}$	2.1	183.2	39.5	5.3	99.0	98.0	5.4	50.8	100
		$N_0+P_2O_{5.6}+K_2O_{10}$	0.8	—	21.0	2.7	—	74.3	3.6	—	100

到早稻幼穗分化始期, 丘陵区水稻的吸氮量约占全生育期稻株吸N总量的一半, 齐穗后稻株吸收了总N量的30%左右, 且主要来自于肥料的提供, 不同于钾素。湖区水稻在其生育的前期和后期吸收的氮素占全生育期吸N总量的比率低于丘陵区, 而生育中期则高于丘陵区, 这可能与两地气候及品种(组合)的吸肥特性不同^①有关。由于湖区供试土壤碱解氮含量高于丘陵区, 以及生产水平差异, 湖区水稻生育中、后期的吸氮量高于丘陵区。

2.4 不同生态区早、晚稻对钾、氮的利用效率

由差减法测得钾、氮素利用率(表6), 第一季早稻对钾肥的利用率丘陵区为32.0%~33.9%, 平均为33.1%; 湖区为11.7%—58.8%, 平均为30.3%, 丘陵区的三个施钾水平的钾肥利用率平均比湖区高2.8个百分点, 并均表现为随着施钾量的增加, 钾肥的利用率逐渐下降, 其中湖区下降幅度大于丘陵区。说明土壤有效钾含量较高时, 施钾量更应减少。当3个施钾水平第二季晚稻连续施用, 丘陵区均呈现出每亩施 K_2O_{10} 公斤量的利用率最高(45.2%, 32.7%), 12.5公斤水平次之(30.5%, 31.4%), 7.5公斤水平最低(25.2%, 14.8%)。与第一季施钾利用率相比, 丘陵区晚稻连续施用钾肥的平均利用率(33.6%)与第一季早稻的平均利用率接近, 湖区晚稻平均为26.3%。说明在土壤有效钾含量高的湖区连续施用钾肥的利用率更低。从钾素的生产效率分析, 两个生态区每施用1公斤 K_2O 早稻增产稻谷表现为丘陵区高于湖区, 丘陵区为1.77~2.89公斤, 平均为2.32公斤; 湖区为0.62~1.33公斤, 平均为1.04公斤, 并均以每亩施10公斤 K_2O 的生产效率最高。在第二季晚稻连续施用钾肥时, 每公斤 K_2O 生产的稻谷量仍表现为丘陵区高于湖区(平均高0.44公斤), 且均显出低钾>中钾>高钾。与第一季早稻相比, 丘陵区较高而湖区较低, 说明在土壤有效钾较低的丘陵区, 仍需连续施用更高量的钾肥, 反之, 在含有有效钾丰富的湖区连续投放钾肥的生产效率下降, 宜减少钾肥的投入量。(表6见7页)

由表6还可看出, 第一季早稻施用氮肥(11公斤N/亩), 其利用率显示出湖区(36.5%)高于丘陵区(25.4%)11.1个百分点; 在每亩连续施 K_2O_{10} 公斤条件下, 第二季晚稻氮肥利用率仍表现出湖区(41.2%)高于丘陵区(23.3%)17.9个百分点。每公斤氮素的生产效率, 第一季早稻施氮肥的生产效率丘陵区(18.49公斤)高于湖区(10.91公斤)在连续施用钾肥的第二季晚稻, 丘陵区的氮素生产

效率 (11.30 公斤) 下降, 而湖区 (12.13 公斤) 则高于第一季 (10.91 公斤)。以上说明, 在土壤肥力较高的湖区, 连续施用钾肥可促进氮肥利用率和生产效率的提高; 反之, 在土壤肥力中上水平的丘陵区连续施用钾肥则不利于氮肥利用率和生产效率的提高。在肥力较高的湖区施用氮肥的利用率和生产效率又高于肥力中上的丘陵区 (第一季施氮的生产效率例外)。

参考文献

[1] 戴平安, 聂军, 刘向华, 易国英. 湖南省不同生态区农田养分循环与平衡调查研究。《农田养分平衡与管理》, 第九次国际钾素讨论会论文集。河海大学出版社, 2000。
 [2] 中国科学院南京土壤研究所编。土壤理化分析 [M]。上海: 上海科学技术出版社, 1980。
 [3] 郑圣先, 戴平安. 高产两系杂交水稻营养特性的研究。《迈向 21 世纪的土壤科学》。(中国第九次土壤学会湖南卷论文集)。湖南科学技术出版社, 1999。

上接 6 页:

表 6 两生态区稻—稻轮作中水稻钾、氮利用率和利用效率

生态区	季别	项目	处理	养分总吸收量 (公斤/亩)	利用率 (%)	生产效率* (公斤谷/公斤养分)
丘陵区	早稻	钾	$N_{11}+P_{2O_5}+K_2O_0$	8.9	—	—
			$N_{11}+P_{2O_5}+K_2O_{12.5}$	11.4	33.9	1.77
			$N_{11}+P_{2O_5}+K_2O_{10}$	12.2	33.3	2.89
			$N_{11}+P_{2O_5}+K_2O_{12.5}$	12.9	32.0	2.30
		氮	$N_{11}+P_{2O_5}+K_2O_{10}$	5.1	25.4	18.49
			$N_0+P_{2O_5}+K_2O_{10}$	2.3	—	—
	晚稻	钾	$N_{12}+P_{2O_5}+K_2O_0$	8.5	—	—
			$N_{12}+P_{2O_5}+K_2O_{7.5}$	10.4	25.2	0.60
			$N_{12}+P_{2O_5}+K_2O_{10}$	13.0	45.2	1.78
			$N_{12}+P_{2O_5}+K_2O_{12.5}$	12.3	30.5	2.40
氮		$N_{12}+P_{2O_5}+K_2O_{10}$	7.6	23.3	11.30	
		$N_0+P_{2O_5}+K_2O_{10}$	4.8	—	—	
洞庭湖区	早稻	钾	$N_{11}+P_{2O_5}+K_2O_0$	11.0	—	—
			$N_{11}+P_{2O_5}+K_2O_{7.5}$	15.4	58.8	1.18
			$N_{11}+P_{2O_5}+K_2O_{10}$	13.0	20.5	1.33
			$N_{11}+P_{2O_5}+K_2O_{12.5}$	12.4	11.7	0.62
	氮	$N_{11}+P_{2O_5}+K_2O_{10}$	13.0	36.5	10.91	
		$N_0+P_{2O_5}+K_2O_{10}$	9.0	—	—	
	晚稻	钾	$N_{12}+P_{2O_5}+K_2O_0$	11.7	—	—
			$N_{12}+P_{2O_5}+K_2O_{7.5}$	12.8	14.8	0.44
			$N_{12}+P_{2O_5}+K_2O_{10}$	15.7	32.7	1.33
			$N_{12}+P_{2O_5}+K_2O_{12.5}$	15.7	31.4	1.69
氮		$N_{12}+P_{2O_5}+K_2O_{10}$	9.9	41.2	12.13	
		$N_0+P_{2O_5}+K_2O_{10}$	4.9	—	—	

* 每施用 1 公斤 K_2O 或 N 增产的稻谷公斤数

花卉专用肥施用效果研究

陈防 万开元 陈树森

中国科学院武汉植物园, 武汉, 430074

摘要: 近年来我国花卉产业发展迅速, 同时花卉的营养与施肥管理问题也显日益突出。为此我们研究配置了一种复合花卉专用肥, 这种花卉肥含有多种大中微量元素和一定量的腐殖酸, 是一种多功能无机和有机相结合、速效与缓效相结合的花卉肥料。经过试验初步证明与一般的施肥管理相比, 该花卉专用肥对花卉营养和生殖生长均有明显的作用。山茶和万寿菊比对照的株高有明显增加, 明显增加了万寿菊和扫帚草的冠幅、促进了杜鹃的侧芽萌发和分枝, 对金苞花、龙吐珠和万寿菊的生长及开花数有促进作用, 大大地提高了花卉的观赏价值。该花卉专用肥施用简便、经济, 具有良好的市场开发前景。

关键词: 花卉; 专用肥

近20年来, 特别是近几年中国许多城市的花卉市场发展很快。1984年全国花卉栽培面积为21万亩, 产值6亿元, 到1997年面积增长到129万亩, 产值96亿元。2000年花卉面积达到222万亩, 2001年出口花卉8千万美元。2004年浙江省花卉种植面积达130万亩, 是1990年的52倍, 平均年增幅超过32%, 圃地产值达66亿元, 其生产规模和圃地产值均居全国前列。又如, 2004年有6300万个美国家庭参与了花卉消费, 在花卉及相关产品方面, 消费额高达61亿美元, 比2003年增加了2.3%。目前, 花卉业作为我国对外贸易中唯一不受农产品配额限制的产业, 其发展前景得到了世界各国经贸专家的认可, 列在21世纪最有发展前景的10大行业的第二位。

随着花卉业的快速发展, 花卉的营养与施肥管理问题也显日益突出。为此我们于2000年开始研究配置了一种复合花卉专用肥, 这种花卉肥含有多种大中微量元素和一定量的腐殖酸, 是一种多功能无机和有机相结合的花卉肥料。先后对2年生的木本花卉杜鹃 (*Rhododendron simissi*)、金苞花 (*Pachystachys lutea* Nees)、山茶 (*Camellia japonica* L.)、龙吐珠 (*Clerodendrum thomsonae*) 及当年生的草本花卉万寿菊 (*Tagetes erecta* L.)、扫帚草 (*Kochia scoparia* (L.)) 进行了肥效对比试验, 均取得良好的效果, 现将试验结果简要报道如下。

1. 材料与方方法

1.1 试验材料

参与本次试验的花卉有苗龄2年的木本花卉杜鹃、金苞花、山茶、龙吐珠及当年生的草本花卉万寿菊、扫帚草。所选花卉均保证枝径分布均匀, 冠幅圆整, 长势中庸。肥料采用的是自行研制的花卉专用肥1号。

1.2 方法

对参与试验的花卉进行追肥处理, 将10g专用肥均匀撒在花钵表土上(每钵装土3公斤), 然后浇水至浸透钵土, 对照则施加10g沤制的有机肥。各处理重复3次。根据花卉的不同特性, 对株高、冠幅、开花数(或花序数)、分枝数等进行测量记载。

2. 结果

2.1 对花卉营养生长的促进作用

2.1.1 促进顶端优势的发挥

作追肥处理的山茶和万寿菊比对照的株高有明显增加。作追肥处理的山茶在3个月中株高增加了

16 厘米，而对照只增加了 5 厘米。追肥处理的万寿菊株高与对照相比第一个月并没有太大区别，但 7、8 两个月差别十分明显，随着生长期的延长，差异增大。（见表 1）

表 1 茶花、万寿菊不同日期株高（厘米）

茶花				
日期	6 月 12 日	7 月 12 日	8 月 12 日	9 月 12 日
专用肥	33	39	45	49
对照	36	37	39	41
差异 (%)	—	5.4	15.4	19.5
万寿菊				
专用肥	20	26	49	60
对照	19	23	29	40
差异 (%)	—	13	68.9	50

2.1.2 促进侧芽萌发与生长

与山茶和万寿菊不同，花卉专用肥促进了杜鹃的侧芽萌发和生长（见表 2）。

表 2 杜鹃不同日期分枝数

	6 月 12 日	7 月 12 日	8 月 12 日	9 月 12 日
专用肥	4	12	19	29
对照	5	10	14	19
差异 (%)	—	20	35.7	52.6

2.1.3 促进冠幅的增加

作追肥处理的万寿菊和扫帚草的冠幅明显大于对照。特别是对于观叶观形的扫帚草来说，冠幅的增加尤其显得可贵。（见表 3）

表 3 万寿菊和扫帚草的不同日期冠幅（平方厘米）

万寿菊				
日期	6 月 12 日	7 月 12 日	8 月 12 日	9 月 12 日
专用肥	282	742	1263	
对照	279	367	761	
差异 (%)	—	102.2	65.9	
扫帚草				
专用肥	118	546	900	993
对照	117	287	474	525
差异 (%)	—	90.2	89.9	89.1



图 1 万寿菊不同施肥冠幅比较



图 2 扫帚草不同施肥冠幅比较

2.2 对花卉生殖生长的促进作用和色泽的影响

金苞花、龙吐珠和万寿菊在 6—9 月份正处于开花期，花卉专用肥对增加花数（花序数）具有很好的效果。具体见表 4。据观察，使用此花卉专用肥的花卉的叶片及花瓣的色泽、鲜亮度都有所提高。

表4 金苞花、龙吐珠和万寿菊不同日期开花数

金苞花				
日期	6月12日	7月12日	8月12日	9月12日
专用肥	5	27	37	21
对照	6	16	27	21
差异 (%)	—	68.7	37	0
龙吐珠				
专用肥	8	11	17	—
对照	10	10	12	—
差异 (%)	—	10	41.7	—
万寿菊				
专用肥	0	6	50	33
对照	0	4	28	20
差异 (%)	—	50	78.6	65



图3 不同施肥处理对金苞花开花的影响

3. 小结

经过试验初步证明与一般的施肥管理相比，花卉肥对花卉营养和生殖生长均有明显的作用，明显增加了几种花卉的冠幅、分枝和开花数，大大地提高了花卉的观赏价值。

该花卉专用肥的矿质元素的种类多、配比合理，各种养分平衡，营养物质浓度高，是无机—有机成分的混合肥料。因此，此花卉专用肥既无机化肥的作用也有有机肥料的作用，是速效与缓效相结合的肥料。另外，此花卉专用肥施用简便、经济，具有良好的市场开发前景。

平衡施肥对琯溪蜜柚产量和品质的影响

章明清, 林琼, 颜明娟, 李娟, 陈子聪

(福建省农科院土肥所, 福建福州 350013)

摘要: 5年定位试验表明, 平衡施肥比常规施肥平均增产20.6%, 适宜的氮、钾、钙比例和用量使蜜柚裂果率平均下降46.4%。与常规施肥相比, 平衡施肥能明显增加蜜柚的可溶性固形物、维生素C和还原糖含量。在单株产量40~50公斤的生产水平下, 每株适宜施氮量为0.9公斤, 适宜的施肥比例为 $N:P_2O_5:K_2O:CaO:MgO = 1:0.5:1:1.1:0.4$ 。

关键词: 琯溪蜜柚; 平衡施肥; 产量; 品质

琯溪蜜柚是福建的珍贵名果, 20世纪80年代以来, 随着农业种植结构调整, 琯溪蜜柚种植面积迅速扩大, 目前种植面积达到37.5万亩。平和县是琯溪蜜柚主产区, 据平和县农业局开展涉及4249.5亩的200个点片产量调查, 树龄在6—8年的13.6万株的果园, 平均每亩产量1.78吨, 属于中等偏低水平。同时, 蜜柚常年裂果率在15%左右, 严重影响了蜜柚的产量和品质。自2000年以来, 土肥所与加拿大钾磷研究所开展国际科技合作, 引进“土壤养分状况系统研究法”和平衡施肥技术^[1], 对平和县蜜柚果园养分状况和平衡施肥技术进行了5年定位试验研究。现将平衡施肥研究结果总结如下, 以期有关方面提供参考。

1. 材料与方法

平衡施肥试验设5个处理(表1), 4次重复, 随机区组排列, 每小区选择长势基本一致的4棵6年生的柚子树组成。平衡施肥处理是依据土样分析结果和试验地常年产量水平而提出的推荐用量。为验证推荐用量的可靠性, 增加了增施或减施氮、钾、钙、硫施用量处理。氮肥用尿素, 磷肥用磷铵, 钾肥用氯化钾, 镁肥用碳酸镁, 钙肥用石灰, 硫肥用硫磺。施肥方法: 冬基肥(11月~12月): 氮肥30%, 磷肥60%, 钾肥40%, 钙肥70%, 镁肥70%; 促梢保花肥(2月~3月): 氮肥15%, 钾肥10%; 保花

表1 溪蜜柚平衡施肥试验方案(单株年产量40~50公斤)

试验	处理	单株施肥量 (公斤/株)					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S
氮钾试验	1.常规施肥	1.2	0.53	0.8	0.50	0	0
	2.平衡施肥	0.9	0.45	0.9	0.35	1.0	0.1
	3.增施氮肥	1.3	0.45	0.9	0.35	1.0	0.1
	4.增施钾肥	0.9	0.45	1.3	0.35	1.0	0.1
	5.减施钾肥	0.9	0.45	0.6	0.35	1.0	0.1
钙硫试验	1.常规施肥	1.2	0.53	0.8	0.50	0	0
	2.平衡施肥	0.9	0.45	0.9	0.35	1.0	0.1
	3.增施钙肥	0.9	0.45	0.9	0.35	1.33	0.1
	4.减施钙肥	0.9	0.45	0.9	0.35	0.67	0.1
	5.不施硫肥	0.9	0.45	0.9	0.35	1.0	0

注: 本文是中国—加拿大平衡施肥合作项目的部分研究结果, 项目编号Fuj06, 加拿大钾磷研究所提供资助。

保果肥(4月~5月):氮肥15%;壮果促梢肥(7月~9月):氮肥40%,磷肥40%,钾肥50%,钙肥30%,镁肥30%。肥料开半环浅沟施用,深度为3~5厘米。肥料施入后覆土。试验地选择有代表性的中等肥力田块,试验地排灌方便,土壤肥力均匀。在试验地周围建立2行柚树保护行,其余措施与大田一致。试验实施前取一个基础土样,试验地土壤基本农化性状见表2。柚子收获时每个处理分别取四重复混合样品以测定品质^[2]。在临近成熟和成熟时树上蜜柚果皮裂开从而失去商品价值的现象称为蜜柚裂果,裂果率是指每株裂果数与总果数的百分率。

表2 蜜柚平衡施肥试验地基本农化性状

试验	有机质 (克/公斤)	pH	(毫克/升)										
			N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn	Fe	Mn
氮钾试验	10.8	5.6	108.9	12.5	22.0	140.3	38.9	34.3	0.07	2.3	2.2	197.3	6.3
钙硫试验	13.9	5.7	167.6	17.7	65.4	180.4	48.6	56.0	0.00	2.7	1.7	217.8	14.6

2. 结果与分析

2.1 平衡施肥对蜜柚产量的影响

5年氮钾和钙硫2个定位试验表明(表3),平衡施肥处理平均产量每亩分别达到2987公斤和3695公斤,比常规施肥增产21.1%和20.1%。在平衡施肥的基础上施用更多的氮钾肥或减少钾肥用量,造成养分比例失调,降低了柚子产量;试验表明,在平衡施肥的基础上,减少钾肥用量处理的比平衡施肥减产11.4%,施钾对提高柚子产量有重要意义;增加钙肥用量则对产量影响较小,但减少钙肥用量则显著降低产量。在沙性较强的钙硫试验地土壤中,不施硫肥处理的比平衡施肥减产6.2%。结果表明,平衡施肥推荐施肥量在试验地生产水平下是合适的。许文保等人研究表明,有机-无机肥配合施用对降低蜜柚果实粒化和裂瓣症、提高产量、增加土壤养分含量等有明显效果^[3],因此,施肥上应坚持有机肥和化肥相结合的原则。结果树适宜施肥比例为:N:P₂O₅:K₂O:CaO:MgO=1:0.5:1:1.1:0.4,每株果树年产40~50公斤产量水平下,每株施用0.9公斤氮素,幼龄树氮素比例可适当提高。

表3 平衡施肥对涪溪蜜柚产量的影响

试验	处理	年度产量(公斤/亩)					平均产量 (公斤/亩)	增产 (%)
		2000	2001	2002	2003	2004		
氮钾 试验	常规施肥	2416	2398	2337	2310	2875	2467	100.0
	平衡施肥	2575	2870	2820	2980	3690	2987	121.1
	增施氮肥	2212	2730	2563	2903	3427	2767	112.2
	增施钾肥	2135	2713	2546	2597	3453	2689	109.0
	减施钾肥	1940	2505	2660	2793	3335	2647	107.3
钙硫 试验	常规施肥	3192	2505	3110	3640	2937	3077	100.0
	平衡施肥	3658	2975	3510	4350	3980	3695	120.1
	增施钙肥	3366	2878	3576	4300	3750	3574	116.2
	减施钙肥	3336	2698	3162	4236	3675	3421	111.2
	不施硫肥	3330	2545	3440	4320	3700	3467	112.7

2.2 平衡施肥对蜜柚品质的影响

在 20 世纪 90 年代, 蜜柚果实粒化和裂瓣症曾经是蜜柚生产中存在的普遍问题, 谢志南等人研究表明, 果实粒化和裂瓣症与汁胞和叶片矿质养分含量有密切关系^[4], 庄伊美、黄宗育等人进行了矫治研究^[5, 6], 取得较好的效果。但当前蜜柚生产中常年裂果率平均达到 15% 左右, 是急需解决的生产问题。5 年定位试验表明, 裂果率与蜜柚立地条件有密切关系。氮钾试验地土层浅薄, 20cm 以下为沙质层, 而钙硫试验地土层深厚, 土壤稳定供应养分和水分能力较强。氮钾试验地的蜜柚常年裂果率明显高于钙硫试验地 (表 4)。

5 年定位试验还表明, 与常规施肥相比, 氮钾试验地平衡施肥蜜柚裂果率平均下降 33.3%, 钙硫试验地则下降 59.4%。在平衡施肥的基础上, 增加氮钾肥或减少钾肥用量, 裂果率显著增加; 增加钙肥用量可进一步减少裂果率。可见, 蜜柚裂果率与氮钾肥和钙肥的用量和比例有密切关系, 适宜的养分比例和施用量能显著降低蜜柚裂果率。品质分析表明 (表 4), 与常规施肥相比, 平衡施肥能明显增加蜜柚的可溶性固形物、维生素 C 和还原糖含量, 但对含酸量和总糖影响不明显。

表 4 平衡施肥对蜜柚果实品质的影响

试验	处理	年度裂果率 (%)						酸量 (%)	可溶性固形物 (%)	维生素 C (毫克/100 克)	总糖 (%)	还原糖 (%)
		2000	2001	2002	2003	2004	平均					
氮钾试验	常规施肥	15.4	21.0	19.8	22.0	8.9	17.4	0.32	10.7	33.44	8.46	2.73
	平衡施肥	9.1	12.9	12.3	16.7	7.0	11.6	0.32	11.3	35.20	8.19	2.86
	增施氮肥	19.2	18.1	17.2	18.7	8.8	16.4	0.38	10.7	36.08	8.39	3.22
	增施钾肥	15.8	17.9	18.2	22.5	8.8	16.6	0.34	11.0	40.48	9.81	3.13
	减施钾肥	16.3	16.4	18.6	23.5	7.5	16.5	0.32	10.7	38.72	8.50	2.74
钙硫试验	常规施肥	12.6	12.8	10.3	8.2	4.3	9.6	0.30	8.8	31.68	7.17	2.18
	平衡施肥	3.3	3.4	5.1	6.0	1.6	3.9	0.32	10.3	34.32	8.60	2.63
	增施钙肥	2.3	2.4	4.6	3.6	1.4	2.9	0.28	9.8	29.92	7.38	2.31
	减施钙肥	2.9	2.9	8.2	7.5	2.9	4.9	0.26	10.8	36.96	10.10	2.52
	不施硫肥	3.1	3.4	6.9	9.5	3.3	5.2	0.24	9.8	28.16	8.67	2.51

参考文献

- [1] 加拿大钾磷研究所北京办事处主编. 土壤养分状况系统研究法 [M]. 中国农业科技出版社, 北京: 1992, 1—16, 45—46.
- [2] 鲁如坤主编. 土壤农业化学分析方法 [M]. 中国农业科技出版社, 北京: 2000, 442—472.
- [3] 许文宝, 庄伊美, 谢志南, 等. 琯溪蜜柚园有机—无机肥不同配比试验 [J]. 亚热带植物通讯, 1999, 28 (1), 9—13.
- [4] 谢志南, 庄伊美, 王仁玕, 等. 琯溪蜜柚果实粒化、裂瓣症与矿质营养琯溪的探讨 [J]. 福建农业大学学报, 1998, 27 (1), 42—46.
- [5] 黄宗育. 琯溪蜜柚果实粒化、裂瓣症的矫治研究 [J]. 福建热作科技, 2002, 27 (2), 14—16.
- [6] 庄伊美, 潘东明, 李健, 等. 琯溪蜜柚果实粒化症矫治研究 [J]. 亚热带植物科学, 2000, 29 (4), 1—4.



平衡施肥对白浆土水稻产量的影响

李玉影¹ 刘双全¹ 邢精贵² 赵金满² 刘京阁² 张亚玲²

1 黑龙江省农科院土肥所, 哈尔滨, 150086

2 黑龙江省桦川县农业技术推广中心, 桦川, 154300

摘要: 在黑龙江省桦川县白浆土上进行水稻平衡施肥试验研究, 结果表明, 影响水稻生长发育的主要限制因子是B、S、Zn、K, 其次是N、P。平衡施肥对桦川县白浆土水稻产量具有显著的增产效果。中、微量元素对水稻产量的影响效果突出。不施硼肥、硫肥和锌肥分别减产26.8%、22.8%和15.5%, 不施钾肥和氮肥分别减产21.7%和14.6%。不施磷肥对水稻产量影响最小。因此, 桦川县白浆土种植水稻在重视氮、磷、钾三要素的同时, 应注意硫、硼、锌等中微量元素的平衡施用, 以达到高产、优质、高效的目的。

关键词: 白浆土; 水稻; 平衡施肥

1 试验目的

桦川县位于北纬46° 37' ~47° 14', 东经130° 16' ~131° 34', 三江平原腹地, 是黑龙江省粮食主产区。现有耕地141万亩, 主要农田土壤主要是草甸土、黑土和白浆土, 主要作物是水稻、大豆和玉米。该县水稻种植面积62万亩, 占耕地面积的44%, 开展水稻平衡施肥具有代表性和示范作用。桦川县农民施肥中存在重氮磷肥, 轻钾肥及其它中微量元素的现象, 施肥存在一定的盲目性。本试验旨在明确桦川县土壤养分丰缺状况, 为平衡施肥提供科学的理论依据。

2 试验设计

2.1 供试土壤养分状况评价

试验设在桦川县创业乡丰年村, 土壤为白浆土型水稻土。采用全球卫星定位系统(GPS)网格取样(200米×200米), 共采集128个土壤样品。土壤分析结果表明(表1): pH值平均5.30, 有机质平均含量2.52%, 速效氮、磷、钾平均含量分别为112.3、18.2、69.8毫克/公斤, 有效硫、锌、硼平均含量分别为44.0、1.92、1.19毫克/公斤。根据当地生产水平和ASI评价方法, 该土壤缺氮的占45.3%, 缺磷的占76.6%, 缺钾的占91.4%, 缺硫的占3.1%, 缺锌的占72.7%, 缺硼的占35.9%。总的趋势是缺钾、缺磷、缺氮、缺锌和缺硼。

表1 桦川县白浆土养分分析与评价 (n=128)

项目	pH	OM (%)	N (毫克/公斤)	P (毫克/公斤)	K (毫克/公斤)	S (毫克/公斤)	B (毫克/公斤)	Zn (毫克/公斤)
最小值	4.6	1.25	55.5	9.5	36.7	11.1	0	0.95
平均值	5.30	2.52	112.3	18.2	69.8	44.0	1.19	1.92
标准差(SD)	0.65	0.63	19.4	9.8	19.6	14.8	0.85	1.06
变异系数(%)	12.28	24.82	17.3	54.0	28.0	33.5	71.50	55.4
临界值 (毫克/公斤)	110	20	100	20	0.5	2.0		
低于临界值(个)			58	98	119	4	46	93
比列(%)			45.3	76.6	93.0	3.1	35.9	72.7

2.2 试验设计

试验设 7 个处理, 最佳处理 (OPT), 在 OPT 基础上设减素处理; OPT-N、OPT-P、OPT-K、OPT-S、OPT-B、OPT-Zn 处理。小区面积 30 平方米, 3 次重复, 随机区组排列。氮肥 50% 作基肥, 50% 作追肥; 磷、钾及其它肥料全部作基肥耙地时施入。供试水稻品种为龙粳 8 号, 插秧密度为 22 穴/平方米。单排单灌, 正常田间管理, 试验处理见表 2。

表 2 水稻平衡施肥试验处理 (公斤/亩)

处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B	Zn
1. OPT	8	3	3	2	0.11	0.53
2. OPT-N	0	3	3	2	0.11	0.53
3. OPT-P	8	0	3	2	0.11	0.53
4. OPT-K	8	3	0	2	0.11	0.53
5. OPT-S	8	3	3	0	0.11	0.53
6. OPT-B	8	3	3	2	0	0.53
7. OPT-Zn	8	3	3	2	0.11	0.00

3 试验结果

3.1 平衡施肥对水稻生长发育的影响

试验结果表明, 平衡施肥对该土壤水稻生长发育有明显的促进作用(表 3)。OPT 与减素处理比较, 各项指标均有显著提高。与 OPT 相比, 减氮处理有效穗数减少 5.0 个/穴, 穗粒数减少 5.6 个/穗, 空瘪率增加 2.7 个百分点, 千粒重降低 0.9 克, 氮对分蘖、株高和穗粒数影响较大; 减磷处理有效穗数减少 1.8 个/穴, 穗粒数减少 3.5 个/穗, 空瘪率增加 1.3 个百分点, 千粒重降低 0.6 克; 减钾处理有效穗数减少 4.2 个/穴, 穗粒数减少 10.5 个/穗, 空瘪率增加 4.1 个百分点, 千粒重降低 1.5 克, 钾对水稻分蘖、穗粒数和千粒重影响较大; 减硫处理有效穗数减少 3.7 个/穴, 穗粒数减少 11.5 个/穗, 空瘪率降低 1.7 个百分点, 千粒重降低 1.3 克, 硫对穗粒数和千粒重影响较大; 减硼处理有效穗数减少 3.2 个/穴, 穗粒数减少 13.4 个/穗, 空瘪率增加 4.8 个百分点, 千粒重降低 1.2 克, 硼对株高、穗粒数、结实率和千粒重效果都很明显; 减锌处理有效穗数减少 1.4 个/穴, 穗粒数减少 10.1 个/穗, 空瘪率增加 1.3 个百分点, 千粒重降低 1.2 克; 锌对株高、穗粒数和千粒重影响较大。可见, 桦川县白浆土影响水稻生长发育的主要限制因子 B、S、Zn、K, 其次是 N、P, 主要原因是长期种植水稻重施氮磷肥, 忽视钾和中微量元素缘故, 同时水稻对磷肥需要量少, 因此不施氮、磷肥对产量构成因子影响不十分突出。

表 3 平衡施肥对水稻产量构成因子的影响

处理	有效穗数 (个/穴)	株高 (厘米)	穗长 (厘米)	穗粒数 (个)	空瘪率 (%)	千粒重 (克)
1. OPT	27.3	80.7	15.7	66.5	3.6	23.9
2. OPT-N	22.3	69.7	14.9	60.9	5.3	23.0
3. OPT-P	25.5	75.8	14.8	63.0	4.9	23.3
4. OPT-K	23.1	75.9	14.5	56.0	7.7	22.4
5. OPT-S	23.6	79.0	14.3	55.0	5.3	22.6
6. OPT-B	24.1	73.0	13.3	53.1	8.4	22.7
7. OPT-Zn	25.9	76.3	14.6	56.4	4.9	22.7

3.2 平衡施肥对水稻产量的影响

试验结果表明（表 4），平衡施肥对桦川县水稻产量有显著的增产效果。与最佳处理（OPT）相比，不施氮肥减产 14.6%，不施磷肥减产 5.3%，不施钾肥减产 21.7%，不施硫肥减产 22.8%，不施硼肥减产 26.8%，不施锌肥减产 15.5%。减素处理水稻产量均低于 OPT，说明最佳处理设计合理。在该土壤上由于多年种植水稻，氮肥的投入量较高，因此不施氮肥减产幅度较小；由于该土壤磷的本底含量较高，农民也比较重视施磷肥，同时水稻对磷的需求量小，因此不施磷肥对水稻产量影响最少，但对土壤磷素平衡和农业可持续发展不利；不施钾肥对水稻产量影响很大，由于水稻需钾量较高，而农民对钾肥的重要性认识得较晚，忽视了对钾肥的投入，因此在高产优质水稻栽培上，钾肥显示了显著的效果；虽然土壤分析结果有效硫含量较高，但不施硫肥对水稻产量影响很大，因水稻对硫的需求量较大，同时白浆土障碍层影响养分的运输，对耕层以下养分的利用率低，因此仅根据耕层养分封缺指标来指导施肥是不全面的。微量元素硼和锌对该地区水稻生产非常重要，不施该肥料减产严重，微量元素起到了“一两拨千斤”的作用。

表 4 水稻平衡施肥产量统计结果

处理	产量 (公斤/亩)	相对产量 (公斤/亩)	相对产量 (%)	差异显著性	
				0.05	0.01
1.OPT	561.4	0.0	—	a	A
2.OPT-N	479.7	-81.7	-14.6	abc	AB
3.OPT-P	531.5	-29.9	-5.3	ab	AB
4.OPT-K	439.6	-121.8	-21.7	c	B
5.OPT-S	433.2	-128.2	-22.8	c	B
6.OPT-B	410.7	-150.7	-26.8	c	B
7.OPT-Zn	474.5	-86.9	-15.5	bc	AB

4 小结

平衡施肥对桦川县白浆土水稻生长发育有明显的促进作用。影响水稻生长发育的主要限制因子 B、S、Zn、K、其次是 N、P。主要原因是长期种植水稻重施氮、磷肥，而忽视中微量元素的缘故，同时水稻对磷肥需要量少，因此不施氮、磷肥对产量构成因子影响不十分突出。

平衡施肥对桦川县白浆土水稻产量有显著的增产效果。中、微量元素对水稻产量的影响效果突出。不施硼肥、硫肥和锌肥分别减产 26.8%、22.8% 和 15.5%，不施钾肥和氮肥分别减产 21.7% 和 14.6%。不施磷肥对水稻产量影响最小，但对于土壤磷素平衡和农业可持续发展不利。

土壤分析结果表明，该地区土壤有效硫和有效硼含量较高，但试验结果不施该肥料水稻减产幅度较大，可能是与白浆土障碍层对养分运输的影响。

桦川县白浆土种植水稻在重视氮、磷、钾三要素的同时，应注意硫、硼、锌等中微量元素的平衡施用，以达到高产、优质、高效的目的。



黑龙江桦川白浆土不施硼肥影响水稻生长



桦川县白浆土水稻平衡施肥增产效果显著



啤酒花养分诊断与磷肥效应试验研究

赖丽芳 郭天文 包兴国

甘肃省农科院土壤与肥料研究所，甘肃兰州 730070

摘要：试验结果表明：保证啤酒花品质和产量的P适宜用量为20公斤/亩。N、Fe、P是影响啤酒花品质的关键因子，减N加Fe会提高啤酒花干花品质，生产中N应当少施、早施。土壤养分特性为B、Fe富裕，P较缺，Zn、K、Mn亏缺，缺素顺序为P>Zn>K>Mn。平衡施肥效应分析表明：啤酒化施肥中N:P₂O₅:K₂O比例以1:1.3:1较合理。高产平衡施肥最佳配方为N、P₂O₅、K₂O、Zn和Mn用量分别为12公斤/亩、15公斤/亩、15公斤/亩、0.5公斤/亩和0.4公斤/亩。

关键词：养分诊断 啤酒花 磷肥

根据室内分析、吸附试验和盆栽试验，测得金昌市小井子农场编号为6-10-3D的灌漠土主要缺N、P、K、Fe、Cu、Mn、Zn，缺素顺序为P>Mn>Zn>N，为研究土壤养分特性和保证养分的均衡供应，在金昌市小井子农场开展养分状况与磷肥效果田间试验研究。

1. 试验材料与设计

1.1 试验地基本概况

试验设在金昌市小井子农场编号6-10-3D的地块，种植啤酒花。土壤属灌漠土，土壤质地中壤土，土壤肥力均匀，耕层0—20cm土壤养分状况见表1。试验中啤酒花为多年生作物，种植密度为125株/亩，采用井灌，灌水4次。试验中各处理纯养分用量见表2。试验于5月30日啤酒花割芽施肥时，每株开穴，按穴一次性基施各种肥料于距根部10cm处。

表1 土壤养分分析结果

测试项目	pH	OM (%)	Ca	Mg	K	N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			毫克/升土										
测试结果	8.2	0.04	16257.5	354.2	55.3	27.6	3.3	122.9	5.57	0.2	2.9	0.7	0.9

1.2 试验材料

作物：啤酒花。肥料：尿素 (N46%)、过磷酸钙 (P₂O₅10%)、氯化钾 (K₂O60%)、FeSO₄·7H₂O (Fe23%)、MnSO₄ (Mn32%)、ZnSO₄ (Zn35%)，硼砂 (B10%)。

1.3 试验设计

试验分两部分：磷肥效应与养分诊断，共设11个处理，分别为 (1) P₀ (OPT-P) (2) P₁ (3) P₂ (4) P₃ (OPT) (5) P₄ (OPT+P) (6) OPT-K (7) OPT+B (8) OPT+Fe (9) OPT-Zn (10) OPT-Mn (11) OPT-N。试验小区面积48 m²，2次重复，随机排列。

表2 各处理的纯养分用量(公斤/亩)

试验	处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Zn	Mn	Fe	B
磷肥效果	-P	15	0	15	0.5	0.4	/	/
	P ₁	15	5	15	0.5	0.4	/	/
	P ₂	15	10	15	0.5	0.4	/	/
	P ₃	15	15	15	0.5	0.4	/	/
	P ₄	15	20	15	0.5	0.4	/	/
养分诊断	OPT	15	15	15	0.5	0.4	/	/
	OPT-P	15	0	15	0.5	0.4	/	/
	OPT+P	15	20	15	0.5	0.4	/	/
	OPT-K	15	15	0	0.5	0.4	/	/
	OPT+B	15	15	15	0.5	0.4	/	0.1
	OPT+Fe	15	15	15	0.5	0.4	0.3	/
	OPT-Zn	15	15	15	/	0.4	/	/
	OPT-Mn	15	15	15	0.5	/	/	/
	OPT-N	15	15	15	0.5	0.4	/	/

2. 结果分析

2.1 P肥最佳用量的确定

2.1.1 不同P素水平对啤酒花品质的影响

α -无水甲酸是决定啤酒花品质的关键指标。试验采取固定N、K、Zn、Mn等营养元素,调节P的施用量分别为0、5公斤/亩、10公斤/亩、15公斤/亩、20公斤/亩,结果表明(见表3见21页),在固定N 15公斤/亩、K15公斤/亩,不施磷处理啤酒花干花中 α -无水甲酸的含量为6.8%,随着P的增加啤酒花干花中 α -无水甲酸的含量增加0.1—0.5%,磷用量为5公斤/亩时,啤酒花干花中 α -无水甲酸含量最大7.3%。提高P用量10-20公斤/亩时,啤酒花干花中 α -无水甲酸的含量下降,稳定在6.9—7.1%。(表3见21页)

2.1.2 不同P素水平对啤酒花产量的影响

在固定N、K、Zn、Mn养分用量的基础上,随着P素用量增加啤酒花产量增加。其中当P用量在5公斤/亩、10公斤/亩时,啤酒花产量分别为544公斤/亩、542公斤/亩,比不施P处理分别增加106公斤/亩、104公斤/亩,增幅为24.3%和23.8%。继续增加P用量15公斤/亩、20公斤/亩时,啤酒花产量达到最高611公斤/亩、665公斤/亩,比不施P处理分别增加174公斤/亩、228公斤/亩,增幅为39.7%和52.1%。因此金昌市小井子农场6-10-3D号灌漠土啤酒花P肥适宜用量应为20公斤/亩。

产量结果(见表4)表明,与不施P处理相比,施P后产量随P水平的增加呈线性增长,增产幅度较大,高达24.3%—52.1%。P水平与啤酒花产量之间的关系可用指数方程较好的模拟(表5)。半对数方程、线性方程和多项式方程也达极显著水平,因而这三种模型也是可行的。但指数方程的相关系数最高,因而认为其更优于其余模型。

2.2 不同处理养分效应

2.2.1 不同处理对啤酒花干花品质的影响

与 OPT 相比, 增施 P、B 啤酒花干花中 α -无水甲酸的含量没有提高, 仍保持 6.9% 的水平; 增施 Fe 元素, 啤酒花干花中 α -无水甲酸的含量增加到 7.2%; K、Zn、Mn 对啤酒花干花中 α -无水甲酸的含量没有显著影响。不施 N 使啤酒花干花中 α -无水甲酸的含量增加了 1.4%, 这说明 N、Fe 和 P 是影响啤酒花品质的关键因子, 过多的 N 降低了啤酒花干花中 α -无水甲酸的含量, 影响啤酒花品质, Fe 有利于提高啤酒花干花中 α -无水甲酸的含量, 改善啤酒花品质, 减 N 加 Fe 会提高啤酒花干花品质, 生产中 N 应当少施、早施。

2.2.2 不同处理的产量效应

试验中 OPT 的 P 水平设置在 15 公斤/亩, N:P:K = 1:1:1, 若继续增加 P 的用量到 20 公斤/亩水平, N:P:K = 1:1.3:1, 啤酒花产量增加 54 公斤/亩; 不施 N 肥, 啤酒花产量增加 7.4%; 不施 K、Zn、Mn, 啤酒花产量分别降低 13.1%、15.3%、3.4%; 增施 B、Fe、N 元素, 啤酒花产量下降 14.8%、20.4%。因此 OPT 中 Zn、K、Mn 的补充对啤酒花增产作用明显, N 肥对增产有负作用, 可能是 N 肥使用量偏高, N/P 比不合理所致; 而增施 B、Fe 对啤酒花增产有负作用。

表 4 不同处理啤酒花产量 (鲜重)

试验	处理	产量 公斤/亩	较 P ₀ 增产 (%)	较 OPT 增产 (%)
磷 肥 效 果	P ₀	438	0.0	
	P ₁	544	24.3	
	P ₂	542	23.8	
	P ₃	611	39.7	
	P ₄	665	52.1	
养 分 诊 断	OPT	611		0.0
	OPT-P	438		-28.4
	OPT+P	665		8.9
	OPT-K	531		-13.1
	OPT+B	521		-14.8
	OPT+Fe	486		-20.4
	OPT-Zn	517		-15.3
	OPT-Mn	590		-3.4
	OPT-N	656		7.4

从表 3 看出与 OPT 相比, OPT-N 处理增产 7.4%, OPT+P 处理增产 8.9%, 其余处理均减产, OPT-P 减产幅度最大为 28.4%, 其次为 OPT+Fe, 减产 20.4%, 减产顺序为 OPT-P>OPT+Fe>OPT-Zn>OPT+B>OPT-K>OPT-Mn。说明土壤缺素顺序为 P>Zn>K>Mn。

OPT+P 相比, 所有处理均减产, 减产幅度更大, OPT-P 减产幅度最大为 34.2%, 其次为 OPT+Fe, 减产 26.9%, 减产顺序为 OPT-P>OPT+Fe>OPT-Zn>OPT+B>OPT-K>OPT-Mn>OPT>OPT-N。说明土壤缺素顺序应为 P>Zn>K>Mn。

综上所述,该土壤养分特性为B、Fe富裕,P较缺,Zn、K、Mn亏缺,缺素顺序为 $P > Zn > K > Mn$,与室内分析、盆栽试验结果基本一致。结合金昌小井子农场10个土样分析结果土壤富K,而该土壤缺K,说明啤酒花是耗K作物,施肥应注意K肥的使用与施用量。

表5 磷肥用量(x)与啤酒花产量(y)回归方程参数

模型	a	B	c	r
$y=ax+b$	52.298	402.99	/	0.966
$y=a\ln(x)+b$	129.73	435.67	/	0.963
$y=ax^b$	440.22	0.241	/	0.970
$y=ax^2+bx+c$	-2.3343	66.304	386.65	0.967

注: $n=5$, $r_{0.05}=0.878$, $r_{0.01}=0.959$ 。

3 平衡施肥技术效应分析

磷肥效应试验在保证Zn、Mn基本均衡,调整N、P、K比例,即固定N、K,增加P的用量;养分诊断试验固定其余养分,调整某一养分。对11个平衡施肥技术方案进行效应分析,结果见表6。

表6 不同处理平衡施肥技术效应分析

处理	N	P_2O_5	K_2O	产量(公斤/亩)
P_0	1	0	1	438
P_1	1	0.3	1	544
P_2	1	0.7	1	542
P_3	1	1	1	611
P_4	1	1.3	1	665
OPT	1	0.7	1	611
OPT-P	1	0	1	438
OPT-K	1	1	0	665
OPT+B	1	1	1	531
OPT+Fe	1	1	1	521
OPT-Zn	1	1	1	486
OPT-Mn	1	1	1	517
OPT-N	0	1	1	590

3.1 最优P素用量养分平衡效应分析

从表6可以看出,当P水平达到 P_4 (20公斤/亩),施肥N、 P_2O_5 、 K_2O 比值为1:1.3:1时,啤酒花产量最高,为665公斤/亩,其次为 P_3 (15公斤/亩),施肥N、 P_2O_5 、 K_2O 比值为1:1:1,啤酒花产量611公斤/亩。即 P_3 、 P_4 均为有效用量,是否为最优磷素用量则决定于N、K、Zn、Mn的均衡供应。

3.2 最优平衡施肥配方效应分析

表6结果显示,OPT+P的N: P_2O_5 : K_2O = 1:1.3:1时,产量最高,达到665公斤/亩,表明N: P_2O_5 :

$K_2O = 1:1.3:1$ 对啤酒花较合理。其次为 OPT-N, 为 656 公斤/亩, 在 OPT 的基础上, 减少 N 素用量, 产量提高 7.4%, 说明 OPT 的 N 素用量偏高, NP 不平衡。OPT 的产量居第三, 说明 OPT 中 P 素用量尚未达到有效用量或 N 素用量较多, NP 不平衡, 可见 $N:P_2O_5:K_2O = 1:1:1$ 对啤酒花不合理, 按 $N:P_2O_5:K_2O = 1:1.3:1$ 调整 OPT 的 N 肥用量应为 12 公斤/亩。OPT-K 与上述三个处理相比均明显减产, 说明 OPT 中 K 素效用显著。平衡施肥方案中在注意 N/P 比值的同时, 注重 Zn 和 Mn 肥的施用。

4 小结

4.1 就啤酒花品质指标干花 α -无水甲酸的含量而言, 保证啤酒花品质的 P 适宜用量为 15 公斤 P_2O_5 /亩和 20 公斤 P_2O_5 /亩。固定 N、K、Zn、Mn 养分用量, 随着 P 素用量增加啤酒花产量增大。选择金昌市小井子农场 6-10-3D 号灌溉土啤酒花 P 肥适宜用量应为 20 公斤 P_2O_5 /亩。

4.2 N、Fe 和 P 是影响啤酒花品质的关键因子, 过多的 N 降低了啤酒花干花中 α -无水甲酸的含量, 影响啤酒花品质, Fe 和 P 有利于提高啤酒花干花中 α -无水甲酸的含量, 改善啤酒花品质, 减 N 加 Fe 和 P 会提高啤酒花干花品质, 生产中 N 应当少施、早施。OPT 中增施 Zn、K、Mn, 对啤酒花增产作用明显, 而增施 B、Fe 对啤酒花增产有负作用, 在 OPT 基础上增施 P, 产量继续增加。土壤养分特性为 B、Fe 富裕, P 较缺, Zn、K、M 亏缺, 缺素顺序为 $P > Zn > K > Mn$, 结合金昌小井子农场土样分析结果土壤富 K, 而该土壤缺 K, 说明啤酒花是耗 K 作物, 施肥应注意 K 肥的使用与施用量。

4.3 平衡施肥技术效应分析结果表明: 啤酒化施肥中 $N:P_2O_5:K_2O = 1:1.3:1$ 较合理。综合分析啤酒化平衡施肥最佳配方为 N、 P_2O_5 、 K_2O 、Zn 和 Mn 用量分别为 12 公斤/亩、15 公斤/亩、15 公斤/亩、0.5 公斤/亩和 0.4 公斤/亩。

上接 18 页:

表 3 不同处理啤酒花 α -无水甲酸含量

试验	处理	α -无水甲酸含量 (%)	较 P_0 增加 (%)	较 OPT 增加 (%)
磷肥效果	P_0	6.8	—	
	P_1	7.3	6.6	
	P_2	7.1	3.7	
	P_3	6.9	1.5	
	P_4	6.9	1.5	
养分诊断	OPT	6.9		—
	OPT-P	6.8		-1.4
	OPT+P	6.9		0
	OPT-K	6.9		0
	OPT+B	6.9		0
	OPT+Fe	7.2		3.6
	OPT-Zn	6.9		0
	OPT-Mn	6.9		0
	OPT-N	7.0		1.4



青海省秋种蔬菜增施钾肥试验研究

陈占全 张亚丽 高旭升 杨文辉

(青海省农林科学院土壤肥料研究所, 青海西宁 810016)

摘要: 在白菜、萝卜两种作物上进行田间试验, 研究增施钾肥对秋季复种蔬菜产量和品质的影响。结果表明: 在基施氮磷等肥料基础上增施钾肥对两种蔬菜均有显著的增产效果。施氯化钾 10 公斤/亩和 15 公斤/亩, 白菜产量均比对照增产 16.2% 和 18.5%, 白菜经济最佳氯化钾施用量为 12.1 公斤/亩; 萝卜施氯化钾 10 公斤/亩与 15 公斤/亩, 产量比对照增加 33.7% 和 26.7%, 经济最佳施用量为 11.7 公斤/亩; 白菜和萝卜施氯化钾 5 公斤/亩和 20 公斤/亩时增产率均较低; 施钾对蔬菜干物质、可溶性糖和全氧化钾含量均有提高, 氯化钾施用量对这两种蔬菜品质改善与其对产量的影响规律基本一致。

关键词: 氯化钾; 大白菜; 萝卜; 产量; 品质

乐都县川水地区是全省主要的蔬菜产区, 秋季复种露地蔬菜已初具规模, 复种指数提高, 氮磷肥料施用量随之大幅度增加, 由于农户缺乏对平衡施肥技术的认识, 农业生产中没有施用钾肥的习惯, 土壤养分比例失调, 造成蔬菜产量、品质下降, 直接影响经济效益。为此青海省中加钾肥课题组 2004 年在乐都县菜区选择秋季复种大白菜、萝卜作为研究对象, 开展增施钾肥效果研究, 以期当地蔬菜平衡施肥提供科学依据。

1 材料与方方法

1.1 试验地概况

田间小区试验在乐都县碾伯镇下寨村实施, 海拔 2000 米, 土壤类型为灰钙土, 肥力中等, 前茬为地膜马铃薯。土壤养分状况 (ASI 法测定) 为: pH 7.72, 有机质 10.54 克/公斤, 全氮 1.03 克/公斤, 全磷 2.10 克/公斤, 全钾 24.52 克/公斤, 速效磷 45 毫克/公斤, 碱解氮 532 毫克/公斤, 速效钾 144 毫克/公斤。

1.2 试验材料

白菜供试品种为春秋王, 萝卜供试品种为露头青。供试肥料为加拿大产氯化钾 (K_2O 含量为 60%)。

1.3 试验设计

试验共设五个处理, 即施氯化钾分别为 0, 10, 15, 20 公斤/亩, 三次重复, 小区面积为 12.7 平方米。白菜试验地播前基施磷酸二铵 50 公斤/亩, 尿素 100 公斤/亩, 碳铵 40 公斤/亩; 萝卜试验地播前基施磷酸二铵 30 公斤/亩, 尿素 5 公斤/亩。白菜、萝卜分别于 7 月 25 日、8 月 1 日点播, 并覆地膜。白菜株数为 2677 株/亩, 萝卜株数为 6614 株/亩。除增施钾肥因素外, 其他栽培管理均同于大田。

1.4 测定项目

白菜、萝卜分别于 10 月 22 日、10 月 25 日收获, 单独计产; 各处理随机取样, 分别测定植株和块茎中的干物质、可溶性糖、全氧化钾含量。

2 试验结果分析

2.1 施钾对复种白菜、萝卜产量的影响 (见表 1)

对白菜产量进行方差分析结果显示：不施钾肥即 0 公斤/亩产量最低，其次是施钾 5 公斤/亩和 20 公斤/亩产量较低；除施氯化钾 20 公斤/亩与 5 公斤/亩、0 公斤/亩，5 公斤/亩与 0 公斤/亩，15 公斤/亩与 10 公斤/亩处理之间不显著以外，其余各处理之间均达极显著差异。

对萝卜产量分析结果显示：除施氯化钾 10 公斤/亩与 15 公斤/亩、20 公斤/亩与 5 公斤/亩差异不显著外，其余各处理之间均达显著或极显著差异。

对两种蔬菜产量的方差分析结果可以看出，施钾对蔬菜产量有显著影响。且随着施钾量的增加，蔬菜产量亦逐渐增加，达到一个最高值，产量最高值出现以后，若再增加施肥量，产量则有下降的趋势。

表 1 施钾对蔬菜产量的影响

作物	处理 (施氯化钾公斤/亩)	产量 (公斤/亩)	LSD _{0.05}	LSD _{0.01}
白菜	0	10726.7	b	B
	5	11006.7	b	B
	10	12441.6	a	A
	15	12686.5	a	A
	20	11356.6	b	B
	处理间 F 值 = 18.855** 重复间 F 值 = 0.284			
萝卜	0	3737.7	c	D
	5	4073.7	b	CD
	10	4997.6	a	A
	15	4735.1	a	AB
	20	4294.2	b	BC
	处理间 F 值 = 19.469** 重复间 F 值 = 0.230			

2.2 施钾对白菜、萝卜经济效益的影响及最佳施肥量分析 (见表 2)

表 2 不同施钾水平白菜、萝卜的产量和效益比较

处理 (公斤氯化钾/亩)	白菜				萝卜			
	产量(公 斤/亩)	增产(公 斤/亩)	增产率 (%)	投产比	产量(公 斤/亩)	增产(公 斤/亩)	增产率 (%)	投产比
0	10726.7	—	—	—	3737.7	—	—	—
5	11006.7	280	2.6	1:8	4073.7	336	9.0	1:7.7
10	12441.6	1714.9	16.0	1:24.5	4997.6	1259.9	33.7	1:14.4
15	12686.5	1959.8	18.3	1:18.7	4735.1	997.4	26.7	1:7.6
20	11356.6	629.9	5.9	1:4.5	4294.1	556.5	14.9	1:3.2

注：氯化钾 1.4 元/公斤，白菜 0.2 元/公斤，萝卜 0.16 元/公斤。

由表2可知,施氯化钾5~15公斤/亩用量范围内,随着施肥量的增加,白菜产量逐渐增加,施钾大于15公斤/亩以后,产量呈下降趋势,萝卜产量也表现出同样的趋势。经拟合,施氯化钾量 x 与蔬菜产量 y 的效应方程为:白菜 $y = -12.599x^2 + 310.78x + 10426$, $r^2 = 0.738$;萝卜 $y = -7.829x^2 + 192.07x + 3621.3$, $r^2 = 0.8341$ 。由此计算出两种蔬菜的经济最佳氯化钾用量(也即最大利润施用量)为:白菜12.1公斤/亩,萝卜11.7公斤/亩。

由表2还可得出:在施肥管理中盲目地多施肥的做法是不正确的,按照土壤肥力状况以及作物的需肥特性进行平衡施肥才是经济有效的做法。

2.3 施钾对蔬菜品质的影响(见表3)

白菜、萝卜收获后测定干物质、可溶性糖、全氧化钾含量,分析氯化钾不同用量与其品质的关系。施钾后,两种蔬菜的干物质、可溶性糖、全氧化钾含量均有提高。萝卜块茎干物质增加7.28~21.7百分点,可溶性糖增加9.89~19.5百分点,全氧化钾增加7.99~11.3百分点,白菜施钾后全氧化钾含量亦有所提高,干物质、可溶性糖含量不同处理间基本接近,差异不显著。在经济最佳施肥量(萝卜11.7公斤/亩、白菜12.7公斤/亩)附近,各品质含量最高,随后随着施肥量增加,各品质含量又逐渐降低,呈现出与产量效应相似的规律。表明施钾对这两种蔬菜品质改善与其对产量的影响是一致的。

表3 白菜、萝卜品质测定分析

作物	施氯化钾 (公斤/亩)	干物质		可溶性糖		全氧化钾	
		测定值(%)	增加百分点	测定值(%)	增加百分点	测定值(%)	增加百分点
白菜	0	5.28	—	2.36	—	0.254	—
	5	5.05	-4.36	2.31	-2.12	0.299	17.7
	10	5.67	7.39	2.58	9.32	0.261	2.76
	15	5.17	-2.08	2.21	-6.36	0.279	9.84
	20	4.83	-8.52	2.29	-2.97	0.267	5.12
萝卜	0	8.10	—	3.64	—	0.538	—
	5	9.86	21.7	4.13	13.5	0.592	10.0
	10	8.69	7.28	4.35	19.5	0.581	7.99
	15	9.29	14.7	4.00	9.89	0.599	11.3
	20	9.60	18.5	4.20	15.4	0.583	8.36

3. 结论及建议

(1) 在基施氮磷等肥料基础上合理增施钾肥,可明显增加蔬菜产量,增施氯化钾10~15公斤/亩,白菜可增产16.0%~18.3%,萝卜可增产33.7%~26.7%。

(2) 在一定范围内,蔬菜产量随着施钾量增加而增加,达到一定量,若继续增加施钾量,产量及经济效益呈下降趋势。白菜经济最佳施用量为12.1公斤氯化钾/亩,萝卜为11.7公斤氯化钾/亩。

(3) 合理增施钾肥,可改善蔬菜品质。在经济最佳施肥量(萝卜11.7公斤/亩、白菜12.7公斤/亩)附近,各品质含量均比对照有所提高;小区试验过程中蔬菜叶色浓绿,萝卜块根条直,裂口和畸形少,抗病性增强,因而提高了蔬菜商品率;另外不少研究表明,增加钾素营养水平能增强植物的耐旱性,这对于干旱地区非常有利。

(4) 本试验是在复种条件下进行的,因此在乐都川水地区现行的耕作制度下(地膜马铃薯—大白菜/绿萝卜、小麦—大白菜/绿萝卜轮作),增施钾肥可达到提高产量和效益的目的。

参考文献:

- [1] 李辉桃, 周建斌. 作物营养与施肥 [M]. 杨凌: 西北农业大学土壤农化系, 1993.
- [2] 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
- [3] 金继运, 何萍等. 氮肥用量对高淀粉玉米和普通玉米吸氮特性及产量和品质的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10 (6): 568-573
- [4] 陈伦寿, 李仁岗. 农田施肥原理与实践 [M]. 北京: 农业出版社, 1984
- [5] 李仁岗 肥料效应函数 [M] 北京: 农业出版社, 1987
- [6] 农业部科学技术司. 中国南方农业中的钾 [M]. 北京: 农业出版社, 1991
- [7] S. L. 蒂斯代尔等著, 孙秀廷等译. 土壤肥力与肥料 [M]. 北京: 科学出版社, 1984
- [8] D. L. 得贝尔丁著, 马鸿运等译. 农业生产经济学 [M]. 西安: 天则出版社, 1990

下接 27 页:

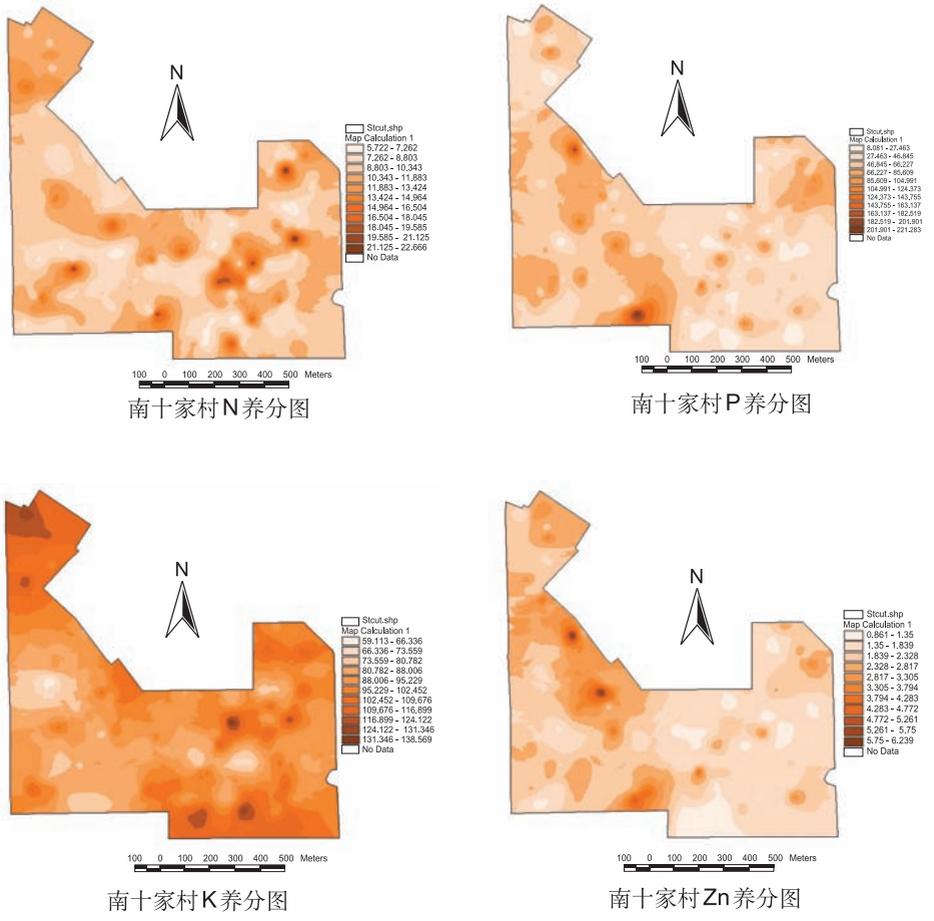


图 1, 南十家村土壤的 N、P、K、Zn 的养分图



上海南十家监测村推荐施肥工作初探

姚政 徐四新 金海洋 罗国安 杨建军 周德兴
(上海农科院环科所, 上海北翟路 2901 号, 201106)

摘要: 采用传统统计法和地统计学方法研究上海南十家村农田土壤养分空间变异特性。结果表明, 该监测村土壤普遍缺少 N、K 和 Zn 等养分, 土壤养分变异程度为 $P > Zn > Mn > B > S > Fe > N > Cu > Mg > K > Ca$, 该村土壤 Fe、P、K、B、Mn 养分间具有中等强度的空间相关性, 而土壤有机质、N、Ca、Mg、S、Ca 和 Zn 间存在很强的空间相关性。在半方差分析的基础上, 制定了 N、P、K、Zn 养分状况图。根据前两年在水稻上的 OPT 试验, N 是影响水稻生长和产量最主要的因素之一, 施磷钾肥也能增加水稻产量, 因此, 2004 年对检测户进行了水稻 N、P、K 的平衡施肥推荐。

关键词: 养分空间变异; 推荐施肥

1 监测村概况

上海南十家养分监测村建立于 2001 年, 位于上海市东南部的奉贤区四团镇, 全村总面积约 1600 余亩, 耕地面积约 1200 亩, 人口总数约 1500 人。该村土壤类型为夹沙泥。根据土壤养分监测村研究的总体目标和要求, 我们先后建立了农田养分管理档案, 对该村农田土壤进行了网格化取样, 并利用地统计学方法对监测村土壤养分空间变异特征进行了初步分析, 完成了 N、P、K、Zn 的养分图, 并在 2002、2003 年度进行了水稻 OPT 试验。

在以上工作的基础上, 我们在 2004 年开展水稻推荐施肥的研究工作, 以探讨适合本地区的精准土壤养分管理和平衡施肥技术。根据近年来进行的水稻 OPT 试验的结果, 在上海地区水稻所需的主要养分元素中, 氮是影响水稻生长发育和构成产量重要的养分元素, 施用氮肥有较好的增产效应, 为了探讨对水稻 N 肥的管理, 我们开展了水稻 N 缓释肥料的试验研究。

2 监测村土壤养分空间分布特征的初步分析

2001 年 11 月我们对四团镇南十家养分监测村农田进行了土壤网格化取样, 共取样品 202 个, 由北京中加实验室用 ASI 系统分析法进行分析测定。我们利用传统统计法对分析结果进行了初步统计, 并根据 PPI/PPIC 提供的壤土的分级标准, 将监测村土壤分为极低、低、中、高四档, 并分别统计了各养分在这四档的频率(用 % 表示)。结果见表 1。由表 1 可知, 该监测村土壤养分变异系数为: $P > Zn > Mn > B > S > Fe > N > Cu > Mg > K > Ca$; 绝大部分取样点的养分水平处于中档, 其次在低档, 低于临界值的极低档较少, 在高档的极少, N、K、Zn 养分基本在低档。据此, 我们认为该监测村土壤缺少 N、K、Zn 等养分。(表 1 见 31 页)

利用半方差函数对监测村土壤养分的空间分布特征也进行了分析, 结果见表 2。由表 2 可知, 该村的 P、Mn、B、Fe、K 等具有中等强度的空间相关性, Zn、Cu、Mg 等具较强的空间相关性。各养分的最大相关距离为: $Mg > Fe > N、S、Ca > Zn > P > Mn > B > Cu > K$ 。

表 2 四团镇南十家村土壤样品测定结果的半方差函数分析结果

养分项目	块金方差 (C ₀)	基台值 (C ₀ +C)	块金方差 / 基台值	最大相关距离	模型	回归系数	
item	Nugget Variance	sill	C ₀ / C ₀ + C	A ₀ (m)	Model	R ²	RSS
OM	0.36100	2.83200	0.127	2930	球状	0.880	0.256
N	0.97687	0.97687	0.166	1185	线形	0.914	0.176
P	0.26100	1.03700	0.252	240	指数	0.581	0.0482
K	0.26700	1.03000	0.259	114	指数	0.140	0.0316
Ca	0.96027	0.96027	0.180	1185	线形	0.679	0.171
Mg	0.34200	2.79400	0.122	2746	球状	0.781	0.598
S	0.93551	0.93551	0.134	1185	线形	0.521	0.388
B	0.27300	1.05900	0.258	204	指数	0.229	0.100
Cu	0.18400	1.06600	0.173	174	指数	0.107	0.261
Fe	0.63200	1.26700	0.499	1223	球状	0.923	0.0308
Zn	0.24200	1.04000	0.233	300	指数	0.639	0.0504
Mn	0.27000	1.03600	0.261	234	指数	0.531	0.0519

在南十家村土壤养分半方差函数分析的基础上,对 N、P、K、Zn 进行了克里金插值,并制作了养分图(见图 1)。由表 3 可知,克里金插值效果从总体来看为 K>P>N,这和半方差函数分析的最大相关距离相反。但对个别点其 Δ 值太大。应用地统计学研究土壤养分空间分布特征,目前还是一种尝试,对于不同的空间尺度的取样范围,可能得到不同的结论。大尺度的空间取样可能掩盖小尺度的结构特征,是一个难点,需要进行深入的研究,这也许也是 GIS 技术应用于土壤精确养分管理的一个关键。(图 1 见 25 页)

表 3 土壤 NPK 养分克里金插值效果评估(n=23)

养分	实测值	标准差	插值值	标准差	%	Δ 范围	$ \Delta _{\max}$
N	9.28	1.93	10.4	0.75	112	-6.8 — 4.4	6.8
P	57.2	37.8	51.4	23.7	90	-120 — 47.8	120
K	95.2	18.9	96.6	9.16	101	-56.7 — 41.1	56.7

注: Δ = 插值值 - 实测值

3 南十家村水稻田间试验结果

为了研究该村农田土壤的 N、P、K 肥的肥效,为了获得水稻推荐施肥的各项参数,进行了水稻田间试验。表 4 是试验地土壤养分的基本情况,在当地农田土壤中属于中等肥力,具有一定的代表性。

表4 南十家村水稻田间试验地土壤养分状况(ASI法测定)

年份	OM (%)	N (毫克/公斤)	P (毫克/公斤)	K (毫克/公斤)	Zn (毫克/公斤)	无肥区产量 (公斤/亩)
2002	0.48	11.0	35.0	102	1.6	434
2003	—	11.2	77.8	91.7	2.2	341

表5是南十家村水稻田间试验的平均相对产量,结果表明,在水稻所需的主要养分元素中,氮是影响水稻生长发育和构成产量重要的养分元素,施用氮肥有较好的增产效应,施用磷肥和钾肥有时也具有一定的增产效果。多年水稻田间试验的无肥区产量平均为390公斤/亩(表1)。

表5 南十家村水稻田间试验相对产量结果

年份	NPK (%)	NP (%)	NK (%)	PK (%)	CK (%)
2002	100	95.2	95.2	76.4	76.4
2003	100	73.7	72.0	70.1	80.8
往年试验	100	101.4	96.6	64.3	62.7
总平均	100	89.6	87.9	70.3	73.3

南十家村水稻田间试验肥料当季作物利用率(奉贤沿海夹沙泥)见表6。由于本地区的缓效K含量在600毫克/公斤以上,使得钾肥的增产效果不是非常明显,表现也不稳定,K肥的当季作物利用率可能也偏低。

表6 南十家村水稻田间试验当季作物肥料利用率

养分	N	P	K
当季作物肥料利用率	23.5%	11%	22.9%

4 南十家村水稻田土壤分级

我们对土壤养分含量进行了分析,结果表明:该村绝大部分取样点的养分水平处于中档,其次在低档,极低档(低于临界值)的较少,在高档的也极少,N、K、Zn养分基本在低档。据此,我们认为该监测村土壤缺少N、K、Zn等养分(表7),图1是该村土壤的N、P、K、Zn的养分图。

表7 南十家村水稻田土壤基本状况及其分布

养分	样品数 (n)	最小值 毫克/公斤	最大值 毫克/公斤	平均毫克/公斤	< 临界值 (n)	临界值—中等 (n)	中等—高 (n)	> 高 (n)
N	202	5.7	22.9	10.3	0	202	0	0
P	202	7.3	224	53.5	3	27	171	1
K	202	43.7	177.2	97.0	39	162	1	0
Zn	202	0.5	7.8	2.0	63	113	26	0

表8是PPI/PPIC提供的壤土分级标准,由于分级范围过粗,在此基础上,根据南十家村土壤的N、P、K养分的具体特点(表7)做了调整,制定了南十家村水稻田土壤分级标准(表9)。图2是水稻田土壤养分分级图。

表 8 PPI/PPIC 提供的壤土分级标准 (毫克/公斤)

养分	临界值	中等	高
N	—	50	200
P	12	24	200
K	78.2	156.4	1173.0
Zn	1.5	3.0	30.0

表 9 南十家村水稻田土壤分级标准 (毫克/公斤)

养分	极低	低	中	高
N	—	<9	9—11.6	>11.6
P	—	<38	38—70	>70
K	<78	78—90	90—105	>105
Zn	—	—	—	—

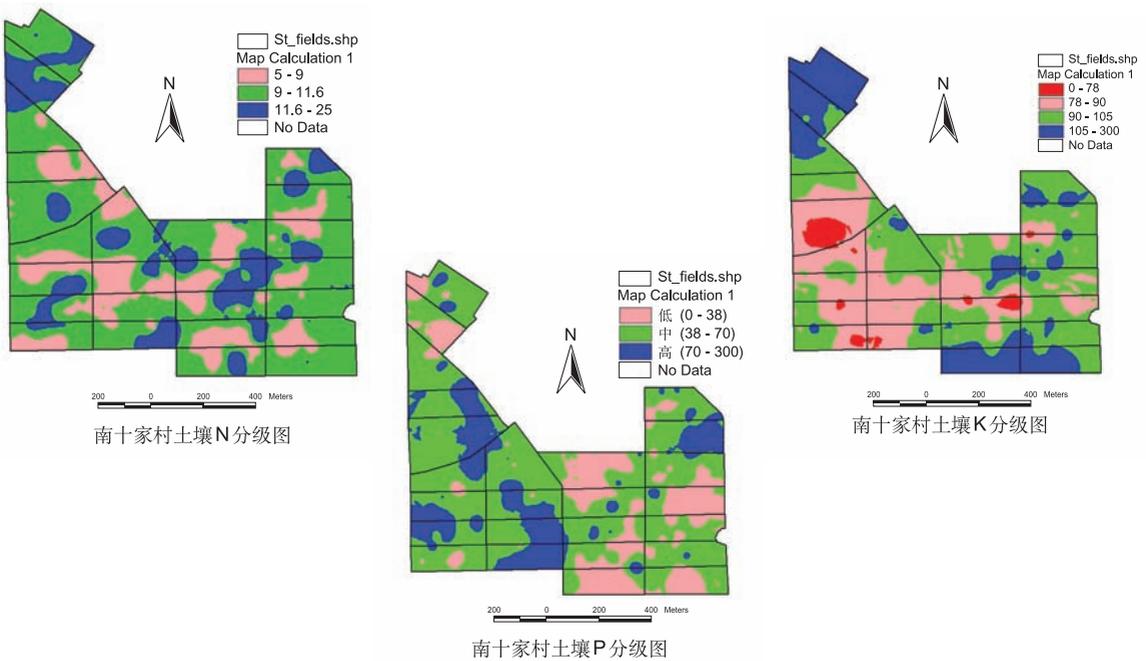


图 2 南十家村水稻田土壤分级图

5 南十家村水稻推荐施肥标准

根据奉贤沿海地区夹沙泥水稻生产水平，我们设定的水稻目标产量见表 10。在此基础上根据目标产量法，我们计算了南十家村水稻推荐施肥标准（表 11）。计算公式为：

$$\text{推荐施肥量} = (\text{目标产量} - \text{无肥区产量}) * \text{养分含量} / \text{当季作物肥料利用率。}$$

表 10 南十家村水稻目标产量及其吸收的纯养分量(公斤/亩)

产量水平	高产	中产	低产	无肥区
稻谷	>575	475—575	<475	390
N	11.5	10.5	9.5	7.8
P	4.03	3.68	3.33	2.73
K	8.63	7.88	7.13	5.85

注: 1. 水稻的谷草比按 1:1 计算。

2. N、P、K 含量稻谷按 1.4%、0.5%、0.25% 计算, 稻草按 0.6%、0.2%、1.25% 计算。

表 11 南十家村水稻推荐施肥标准(公斤/亩)

推荐施肥	地力水平	高产 >575	中产 475—575	低产 <475
N 肥	低 N	21	17	13
	中 N	19	15	11
	高 N	17	13	9
P 肥	低 P	12	9	6
	中 P	10	7	4
	高 P	8	5	3
K 肥	低 K	12	10	8
	中 K	10	8	6
	高 K	8	6	4

6 南十家村水稻推荐施肥结果与分析

为了顺利实施 2004 年上海养分监测村水稻推荐施肥方案, 宣传养分监测村农田土壤养分管理和平衡施肥技术, 2004 年 5 月 27 日在上海市奉贤区四团镇南十家村举办了一次有关水稻平衡施肥技术的讲座。根据南十家村水稻推荐施肥标准, 结合南十家村水稻田土壤分级图给全村农户发放 2004 年水稻推荐施肥量表, 农户可根据自己的田块的地力水平在水稻推荐施肥量表上查到推荐的 N、P、K 肥用量。

表 12 跟踪调查农户的基本情况

农户	面积(亩)	地力水平		
		N	P	K
杨引章	1.2	中	高	中
狄林章	1.2	中	高	低
邬士官	1.2	高	中	高
徐友良	2.0	中	中	中
沈仁官	1.5	低	中	中
骆官明	1.6	中	中	低

为了验证水稻推荐施肥的效果, 我们根据南十家村水稻田土壤分级图选择 6 户农户作为观察点来进行跟踪调查, 跟踪农户的基本情况见表 12。对跟踪农户进行了推荐施肥, 其实际施肥量见表 13。

表 13 2004 年推荐施肥跟踪调查农户实际施肥量 (单位: 公斤)

农户	面积	碳铵	过磷酸钙	氯化钾	尿素
杨引章	1.2	170	137	48	27
狄林章	1.2	170	137	58	24
邬士官	1.2	150	170	39	24
徐友良	2.0	280	284	80	44
沈仁官	1.5	250	200	60	50
骆官明	1.6	200	200	77	50

表 14 2004 年推荐施肥跟踪调查农户水稻产量比较 (单位: 公斤/亩)

农户	地力水平	实际亩产	预测亩产	差值	相对误差 (%)
杨引章	N2P3K2	564	>575	-11	-1.9
狄林章	N2P3K1	519	>575	-56	-9.7
邬士官	N3P2K3	577	>575	2	0.3
徐友良	N2P2K2	583	>575	8	1.4
沈仁官	N1P2K2	543	>575	-32	-5.6
骆官明	N2P2K1	590	>575	15	2.6

水稻推荐施肥的效果见表 14, 实际产量和推荐施肥的预测产量的误差小于 10%, 其中误差小于 5% 的跟踪示范点占 66%。

上接 26 页:

表 1 四团镇南十家村土壤样品测定结果的初步统计 (单位: 毫克/升)

元素	平均数	标准差	变异系数 (%)	最大值	最小值	极低 (%)	低 (%)	中 (%)	高 (%)
Ca	1831	254	13.9	2596	890	0	0	100	0
Mg	292	67.7	23.2	490.1	140.5	0	25.7	74.3	0
K	97.0	21.1	21.8	43.7	177.2	19.3	80.2	0.5	0
N	10.3	3.22	31.4	22.9	5.7	100		0	0
P	53.5	32.5	60.6	224.0	7.3	1.5	13.4	84.6	0.5
S	59.8	26.7	44.7	183.3	9.6	0.5	3.5	96	0
B	0.953	0.465	48.8	2.96	0	2.0	20.3	77.7	0
Cu	4.54	1.27	28.0	12.8	1.6	0	5.4	94.6	0
Fe	124.1	52.3	42.2	325.2	33.7	0	0	99.5	0.5
Mn	20.2	10.4	51.4	54.5	2.8	0.5	4.0	95.5	0
Zn	2.0	1.1	55.0	7.8	0.5	31.2	55.4	13.4	0

四川青神县钾肥对西瓜产量和品质的影响

陈一兵 林超文 黄晶晶

四川农业科学院土壤肥料研究所，成都 610066

徐越

四川青神县农业局，四川，青神 620460

摘要: 对青神县西瓜进行平衡施肥表明，施用钾肥比不施钾处理产量增加 60.9%，西瓜单位面积收获个数增加了 41.9%，裂果率降低了 46.7%。施用钾肥还可使西瓜的单果重提高 9.8%，裂果率下降 46.7%，提高商品率。施钾能显著提高西瓜的含糖量，糖份增加 19.6%。此外，施用钾肥也增强西瓜的生长和抵御病虫害的能力，大幅度地降低炭疽病。因此，增施钾肥不仅提高西瓜的产量，还改善品质和增加经济效益。

关键词: 西瓜；钾肥；产量；品质

青神县位于岷江流域的龙泉山脉，幅员面积 386.8 平方公里，耕地 1.1 万公顷，坡耕地 2600 公顷。全县辖 18 个乡镇，153 个自然村，1153 个村民小组，人口 20.1 万，其中农业人口 17.5 万人。西瓜是当地主要经济作物，种植面积已达 5000 公顷。但是，青神县土壤以红黄壤为主，土壤有效钾的含量为 22~80 毫克/公斤，远远不能满足喜钾作物—西瓜的需求，而当地西瓜的习惯施肥是重 N、P 肥，轻 K 肥。一般每亩用人畜粪 2000 公斤，过磷酸钙 100 公斤，碳酸氢铵 75 公斤，硫酸钾 5—10 公斤，钾肥施用量的不足，造成了西瓜跑藤严重、裂果率高，抗病力减弱，易感病，品质不佳，产量低。因此，平衡施用钾肥应该是当地农户提高西瓜产量和品质的重要措施。

1 材料和方法

试验地位于青神县桂花乡 7 村 1 社，供试土壤为黄壤，其化学分析结果见表 1。从表 1 可以看出，土壤全氮含量偏低，全磷较丰富，全钾含量较低；速效氮含量中等，但有效钾和有效磷缺乏。为了获得西瓜高产，必须加大磷钾肥的用量。试验处理为施钾和不施钾两个处理，3 次重复（3 个不同地块的同田对比）。小区面积为 0.4 亩（266 平方米）。底肥采用沟施，不施钾处理亩用碳铵 50 公斤、过磷酸钙 50 公斤、钙镁磷肥 100 公斤；施钾处理在不施钾处理的基础上亩增施硫酸钾 20 公斤。追肥采用穴施，不施钾和施钾处理均亩施尿素 50 公斤、钙镁磷肥 50 公斤。具体施肥量见表 2。

表 1 试验地土壤分析结果

全 N %	全 P %	全 K %	有效 N 毫克/公斤	有效 P 毫克/公斤	有效 K 毫克/公斤	有机质 %	pH
0.130	0.084	1.57	102	6	61	1.56	6.2

表 2 各处理施肥量表

处理	底肥 (公斤/亩)			追肥 (公斤/亩)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
+K	8.5	18	10	23	6	0
-K	8.5	18	0	23	6	0

西瓜品种为新世纪赣抗柱 10 号，在 2004 年 4 月 8 日育苗，2004 年 4 月 30 日（二叶一心期）移栽，2004 年 7 月 17-20 日收获。栽培规格为：行距 167 厘米，株距 67 厘米，密度为 598.5 株/亩。试验地前作为油菜。

2 结果与分析

试验结果表明（表 3），施用钾肥后西瓜的产量比不施钾处理的产量增加了 60.9%，单位面积收获西瓜的个数增加了 41.9%，而裂果率降低了 46.7%。由此可见增施钾肥能大幅度地提高西瓜的产量，这是因为施用钾肥后大大提高了西瓜单株坐果数（41.9%），使西瓜的有效株数大大提高；同时，施用钾肥后，西瓜的单果重提高了 9.8%，因此，西瓜的产量得到了很大提高。另外，施用钾肥后，西瓜的裂果率下降了 46.7%，使西瓜的商品性也得到了提高，保证其经济效益。从西瓜品质分析的结果来看，增施钾肥能显著提高西瓜的含糖量，表 3 的分析结果表明增施钾肥后西瓜糖份增加了 19.6%。

同时，增施钾肥能在很大程度上减轻病虫害的发生，增强西瓜的生长和抵御病虫害的能力（表 4）。施用钾肥后，大幅度地降低了炭疽病的发生，而炭疽病可以使西瓜叶片布满病斑，果实畸形，腐烂变质，如果西瓜幼苗受炭疽危害，会出现猝倒死亡，因此，施用钾肥后感病植株大大减少，大幅提高了西瓜单株座果数和降低了裂果、畸果率。同时，施用钾肥后西瓜植株感病减少，植株有效叶面积增大，光合作用增强，使西瓜的单果重和含糖量都有所提高。

表 3 不同处理西瓜产量、西瓜个数和裂果个数

地块号	处理	产量	西瓜个数	单株坐	裂果个数	裂果率	单果重	糖份
		公斤/亩	个/亩	果数(个)	个/亩	(%)	(公斤)	(%)
1	+K	3413.6	620.1	1.04	120.0	19.4	5.5	11.2
	-K	2170.8	420.9	0.70	159.4	37.9	5.2	9.5
	(+K) - (-K)	1242.9	199.1		-39.4		0.3	
2	+K	3154.0	543.6	0.91	164.1	30.2	5.8	10.8
	-K	2099.7	432.9	0.72	203.5	47.0	4.8	9.2
	(+K) - (-K)	1054.3	110.7		-39.4		1.0	
3	+K	3555.7	637.1	1.06	100.0	15.7	5.6	11.1
	-K	2222.3	414.8	0.69	155.6	37.5	5.4	8.9
	(+K) - (-K)	1333.4	222.3		-55.6		0.2	
平均	+K	3374.4	600.3	1.00	128.1	21.8	5.6	11.0
	-K	2096.7	422.9	0.71	172.9	40.9	5.1	9.2
	(+K) - (-K)	1277.7	177.4	0.29	-44.8	-19.1	0.5	1.8
	± %	+60.9	+41.9	+41.9	-25.9	-46.7	9.8	19.6

表 4 各处理病虫害发生情况对比表

处理	病虫害发生率 (%)			
	瓜蚜	枯萎病	炭疽病	霜霉病
+K	12.8	1.38	7.23	11.34
-K	19.7	2.91	31.80	11.45

从经济效益来看，增施钾肥每亩增加了投入 40.00 元（硫酸钾按 2.0 元/公斤计算）。而收入增加了

638.9元(西瓜按0.5元/公斤计算),产投比为16:1。说明在青神县的西瓜生产中应大量施用钾肥。

3 小结

增施钾肥能显著增加西瓜的产量、单株坐果数和减少西瓜的裂果率和炭疽病的发生。增施钾肥后西瓜产量增加60.9%,这是因为施用钾肥后提高了西瓜单株坐果率、单果重,同时降低了西瓜的裂果率和炭疽病感染率。同时,施用钾肥后西瓜植株感病减少,植株有效叶面积增大,光合作用增强,使西瓜的含糖量也有所提高。由于施用钾肥能大幅提高西瓜的产量和品质,因此,钾肥在西瓜上的产投比很高,应加大钾肥在青神西瓜生产上的使用。



图1 钾肥对西瓜生长的影响 (左图: 不施钾处理; 右图: 施钾处理)

上接46页:

3 小结

3.1 在土壤速效N、K和有效Mg、B缺乏条件下,平衡施用NPKMgB肥提高了砂糖桔老熟秋梢叶片中N、K、Ca和B养分含量,整体上改善了树体的营养状况,叶色浓绿,树体较壮。由于Mg容易向果实转移,而喷施镁肥提高了果实产量,叶片Mg含量反而有所下降。砂糖桔老熟秋梢叶片养分含量大小顺序为 $Ca > N > K > S > Mg \approx P > B \approx Fe > Zn > Mn$ 。叶片养分含量比例 $N : P : K : Ca : Mg : S : B : Zn : Mn : Fe = 1 : 0.08 : 0.52 : 1.39 : 0.07 : 0.12 : 0.0025 : 0.0008 : 0.0023 : 0.009$ 。

3.2 在1289.6公斤/亩产量情况下,每产生50公斤果实需要吸收N 100.6克、P 8.6克、K 65.5克、Ca 25.6克、Mg 5.2克、S 5.4克、B 106.4毫克、Zn 45.0毫克、Fe 13.9毫克,养分吸收比例 $N : P : K : Ca : Mg : S : B : Zn : Fe = 1 : 0.09 : 0.65 : 0.25 : 0.05 : 0.05 : 0.001 : 0.0005 : 0.0001$ 。

3.3 在本试验示范条件下,砂糖桔通过氮磷钾平衡施用及叶面喷施镁、硼肥,比当地施肥及NPK处理结果数明显增加,果实增大,产量分别提高37.7%和10.1%,纯利润分别增加1798.2元/亩和539.6元/亩,效益提高49.0%和11.0%。同时,果实商品外观改善,糖/酸比明显提高,风味更佳。氮、磷、钾、镁、硼平衡施肥对砂糖桔增产、增收、优质作用明显。

参考文献

1 姚丽贤,周修冲,彭智平,李国良.广东省柑桔园土壤养分肥力研究.土壤通报,待刊.



平衡施肥与当地施肥砂糖桔树体长势比较



小麦收后复种油白菜平衡施肥研究

赖丽芳 郭天文 胡志桥 包兴国

甘肃省农科院土壤与肥料研究所, 甘肃兰州 730070

摘要: 小麦收后复种油白菜平衡施肥结果表明, 推荐的最佳处理, OPT的N用量设置已达最佳, 最佳P、K用量偏低。小麦收后复种油白菜生产的最佳平衡施肥N、P、K等养分用量分别为尿素22公斤/亩、过磷酸钙60公斤/亩、氯化钾17公斤/亩、硫酸铜0.19公斤/亩、硼砂0.23公斤/亩。可见磷钾肥在油白菜上的增产增效作用远大于氮肥, 实际生产中应增加磷钾肥在油白菜上的应用。

油白菜是甘肃河西地区脱水蔬菜的主要原料, 加工工艺简单, 栽培生育期短, 经济效益较高, 深受当地农民青睐。当地农民利用光热条件栽培小麦两季不足一季有余的空闲, 栽培短期绿色蔬菜, 在小麦收获后复种油白菜, 充分利用光热条件提高单位土地面积的生产力与经济效益。本研究结合养分监测村土壤养分管理, 经室内化学分析、吸附试验、盆栽及大田试验, 在了解土壤养分状况的基础上, 补足土壤中缺乏的微量元素, 开展平衡施肥研究, 在当地选小麦长势整齐的地块, 在小麦收获后开展油白菜平衡施肥研究, 此期为油白菜的合理施肥提供指导。

1 试验设计

1.1 试验地基本情况

试验设在甘肃省武威市凉州区永昌镇白云村, 土壤类型为灌漠土, 质地中壤, 耕层深厚, 肥力中等, 井灌方便。小麦收后采集土壤基础样分析土壤养分状况, 试验地养分状况见表1。试验作物为油白菜, 品种: 四月慢; 肥料: 尿素(含N46%)、过磷酸钙(含 P_2O_5 10%)、氯化钾(含 K_2O 60%), 硼砂(B10%), 硫酸铜($CuSO_4 \cdot 5H_2O$, CuO20%)。前茬为小麦单作, 每个处理设置3次重复, 随机区组排列。小区间筑埂。试验于27日播种, 10月14日收获。

1.2 试验设计与施肥

方案设计: 试验共设8个处理, 分别为(1) OPT, (2) OPT-N, (3) OPT-P, (4) OPT-K, (5) OPT-1/2N, (6) OPT+N, (7) OPT+P, (8) OPT+K, 各处理的肥料用量见表2。试验中氮肥50%基施, 其余50%随水追施, 其它肥料在播前2004年7月25日作为基肥一次性撒施施入, 8月18日随水追施氮肥。

表1 供试土壤养分状况(毫克/升)

项目	pH	OM (%)	Ca	Mg	K	N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
测试结果	8.5	0.95	2116.22	87.95	109.45	12.85	20.15	74.2	5.05	1.75	8.8	11.1	1.15

表2 油白菜平衡施肥试验不同处理养分用量(公斤/亩)

编号	处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	B
1	OPT	10	3	5	0.19	0.23
2	OPT-N	0	3	5	0.19	0.23
3	OPT-P	10	0	5	0.19	0.23
4	OPT-K	10	3	0	0.19	0.23
5	OPT-1/2N	5	3	5	0.19	0.23
6	OPT+N	15	3	5	0.19	0.23
7	OPT+P	10	6	5	0.19	0.23
8	OPT+K	10	3	10	0.19	0.23

2 结果分析

2.1 氮对油白菜产量与产值的影响

固定磷钾用量,随施氮水平的增加,油白菜干鲜比、干重产量、产值增加,增产率与纯收入增值随施氮量增加先增后降;表3结果显示:与OPT-N油白菜干重产量359公斤/亩,产值934元/亩和干鲜比6.28%相比,施氮后,油白菜干重产量增加11—108公斤/亩,增产3%—30%,产值增加29—280元/亩,纯收入增加22—266元/亩,干鲜比增加0.04—0.51个百分点;OPT油白菜干重产量与产值最高分别为467公斤/亩和1214元/亩,新增产值与纯收入最大,分别为280元/亩和266元/亩,干鲜比最高为6.79%,继续增加氮肥用量至尿素33公斤/亩(OPT+N),油白菜干重产量、产值、纯收入、增产幅度与干鲜比都明显下降。产量与产值结果说明,复种油白菜施氮肥量以尿素22公斤/亩(N10公斤/亩)为最佳,即OPT氮的设置达最佳。

表3 氮对复种油白菜产量与产值的影响

处理	鲜重产量 (公斤/亩)	干鲜比 (%)	干重 (公斤/亩)	成本增加 (元/亩)	产值 (元/亩)	增产率 (%)	增产 (公斤/亩)	增收 (元/亩)	纯收入 (元/亩)
OPT-N	5720	6.28	359	0	934	0	0	0	0
OPT-1/2N	5867	6.32	371	7	963	3	11	29	22
OPT	6880	6.79	467	15	1214	30	108	280	266
OPT+N	6000	6.43	386	22	1003	7	26	69	47

注:干鲜比为每100公斤鲜菜出产干菜产量。

2.2 磷对油白菜产量与产值的影响

固定氮钾用量,与不施磷相比,施磷后油白菜干重产量、产值、干鲜比增加,增产率与纯收入升高;表4结果显示:与OPT-P油白菜干重产量360公斤/亩和产值937元/亩相比,施磷后,油白菜干重产量增加107—2166公斤/亩,增产30%—46%,增收278—431元/亩,纯收入增加274—425元/亩,干鲜比增加0.2—1.07个百分点;随施磷水平的增加,油白菜干重产量、产值、干鲜比、增产率与纯收入呈上升趋势,OPT+P油白菜干重产量与产值最高分别为526公斤/亩和1368元/亩,干鲜比最大为7.66%,较不施磷新增产值与纯收入分别为431元/亩和425元/亩。产量与纯收入结果说明,复种油白菜磷肥用量以过磷酸钙60公斤/亩(P₂O₅6公斤/亩)为最佳。

表 4 磷对复种油白菜产量与产值的影响

处理	鲜重产量 (公斤/亩)	干鲜比 (%)	干重 (公斤/亩)	成本增加 (元/亩)	产值 (元/亩)	增产率 (%)	增产 (公斤/亩)	增收 (元/亩)	纯收入 (元/亩)
OPT-P	5467	6.59	360	0	937	0	0	0	0
OPT	6880	6.79	467	3	1214	30	107	278	274
OPT+P	6867	7.66	526	7	1368	46	166	431	425

2.3 钾对油白菜产量与产值的影响

固定氮磷用量,与不施钾相比,施钾后油白菜干重产量、产值、干鲜比增加,增产率与纯收入升高;表 5 结果显示,与 OPT-K 的油白菜干重产量 405 公斤/亩和产值 1053 相比,施钾后,油白菜干重产量增加 62—186 公斤/亩,增产 15%—46%,增收 161—483 元/亩,纯收入增加 148—456 元/亩,干鲜比增加 0.18—2.25 个百分点;随施钾水平的提高,油白菜干重产量、产值、干鲜比、增产率与纯收入呈上升趋势,OPT+K 油白菜干重产量与产值最高分别为 591 公斤/亩和 1536 元/亩,干鲜比最大为 7.86%,较不施钾新增产值与纯收入分别为 483 元/亩和 456 元/亩。产量与纯收入结果说明,复种油白菜钾肥用量以氯化钾 17 公斤/亩 (K_2O 10 公斤/亩) 为最佳。

表 5 钾对复种油白菜产量与产值的影响

处理	鲜重产量 (公斤/亩)	干鲜比 (%)	干重 (公斤/亩)	成本增加 (元/亩)	产值 (元/亩)	增产率 (%)	增产 (公斤/亩)	增收 (元/亩)	纯收入 (元/亩)
OPT-K	6133	6.61	405	0	1053	0	0	0	0
OPT	6880	6.79	467	13	1214	15	62	161	148
OPT+K	7520	7.86	591	27	1536	46	186	483	456

3 小结

氮对油白菜产量与产值的影响结果表明,复种油白菜的氮水平应该为尿素 22 公斤/亩,干鲜比最大为 6.79%,干重产量与产值最高分别为 467 公斤/亩和 1214 元/亩,较不施氮纯收入增加 266 元/亩。

磷对油白菜产量与产值的影响结果表明,复种油白菜的磷水平应该为过磷酸钙 60 公斤/亩,干鲜比最大为 7.66%,干重产量与产值最高分别为 526 公斤/亩和 1368 元/亩,较不施磷纯收入增加 425 元/亩。

钾对油白菜产量与产值的影响结果表明,复种油白菜的钾水平应该为氯化钾 17 公斤/亩,干鲜比最大为 6.79%,干重产量与产值最高分别为 591 公斤/亩和 1536 元/亩,较不施钾纯收入增加 456 元/亩。

附表 肥料与产品单价 (元/公斤)

名称	尿素	普钙	氯化钾	$CuSO_4$	硼砂	油白菜
价格 (元/公斤)	1.35	0.48	1.6	4.0	4.0	2.6



平衡施肥对叶类蔬菜产量和品质的效应

董燕 王正银 狄彩霞 叶学见 苏胜齐

(西南农业大学资源环境学院, 重庆, 400716)

向华辉 刘星

(重庆市九龙坡区农业局, 重庆, 400700)

摘要: 通过田间小区示范试验研究了平衡施肥对叶类蔬菜(莴笋、生菜、瓢儿白和大白菜)产量和品质的影响。结果表明, 平衡施肥2个处理提高叶菜产量6.7%~52.0%, 增产作用以15-5-10+MgZnB > 15-10-10。平衡施肥降低莴笋、生菜和大白菜Ⅱ硝酸盐含量4.0%~27.6%, 对大白菜Ⅰ硝酸盐含量的作用不一致, 使瓢儿白硝酸盐含量有所提高。15-10-10处理使叶类蔬菜Vc含量提高3.1%~35.4%, 而15-5-10+MgZnB处理的影响不大; 平衡施肥对叶菜可溶性糖含量以降低为主, 但增加生菜和大白菜Ⅰ氨基酸含量。

关键词: 平衡施肥; 叶类蔬菜; 产量; 品质

引言

蔬菜是一种为人类提供维生素和矿质元素较多的作物。蔬菜作物的营养特性与其他农作物明显不同, 主要表现为喜硝态氮、喜钾、嗜钙、需硼量大等特点。根据蔬菜的营养特性进行科学合理施肥, 对于发展蔬菜高产优质生产具有十分重要的意义^[1,2]。在前期试验研究的基础上, 选择叶类蔬菜产量高、品质较好的2个施肥组合处理, 进行莴笋、生菜、瓢儿白和大白菜田间小区示范试验, 研究了平衡施肥对叶类蔬菜产量和品质的效应, 以期为重地区栽培叶类蔬菜的科学施肥提供理论依据。

1 材料与方方法

1.1 供试材料

供试土壤为侏罗系遂宁组紫色母岩发育的红棕紫泥, 土壤的部分农化性状见表1。供试蔬菜作物有莴笋、生菜、瓢儿白和大白菜(I和II), 品种分别为四季春、美国大速、新场青和早熟5号。供试肥料为尿素(氮46%)、磷酸一铵(氮10%, P₂O₅ 44%)、氯化钾(K₂O 60%, 加拿大红色钾肥)、硫酸镁(Mg 16%)、硫酸锌(Zn 23%)、硼砂(B 10.5%)。

表1 供试土壤部分理化性状

蔬菜	pH	有机质 (%)	碱解氮	有效磷	速效钾 有效镁 有效锌 有效硼 (毫克/公斤)			
					速效钾	有效镁	有效锌	有效硼
莴笋	7.90	3.40	150.2	23.2	175	343.8	3.37	0.44
生菜	6.69	3.02	86.0	16.8	228	131.3	1.40	0.15
瓢儿白	6.56	3.84	170.4	35.8	154	431.3	5.18	0.37
大白菜Ⅰ	6.61	3.75	267.8	35.0	144	368.8	5.51	0.37
大白菜Ⅱ	7.91	3.06	149.1	22.5	207	109.4	1.32	0.14

1.2 试验方法

田间示范试验于2003年10月~12月在重庆市九龙坡区白市驿镇蔬菜基地进行, 处理见表2。试

验中磷铵、氯化钾、硫酸镁、硫酸锌、硼砂作基肥一次施用，尿素分 2~3 次施用。示范区面积：莴笋、瓢儿白各为 84 平方米，生菜 32 平方米，大白菜 I 为 58 平方米，大白菜 II 为 132 平方米。蔬菜收获后测定产量和品质（硝酸盐、Vc、可溶性糖、氨基酸）。

表 2 田间示范试验方案和施肥量 (公斤/亩)

处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Zn	B	代码
常规施肥	15						CK
平衡施肥 1	15	10	10				15-10-10
平衡施肥 2	15	5	10	1	0.2	0.05	15-5-10+MgZnB

1.3 测定方法

土壤基本理化性状按常规分析方法测定^[3]。蔬菜品质中的硝酸盐用酚二磺酸法、维生素 C 用 2,6-二氯酚法，可溶性糖用蒽酮法，氨基酸用茚三酮分光光度法测定^[4]。

2 结果与分析

2.1 平衡施肥对叶菜产量的影响

由表 3 知，与单施氮肥 (CK) 相比，15-10-10 处理分别提高生菜、瓢儿白、大白菜 II 的产量 23.6%、24.4%、14.5%，但对莴笋和大白菜 I 的产量分别降低 6.7% 和 15.2%；后二种蔬菜产量降低的原因可能是与莴笋需肥中等而供试土壤有效氮磷养分较高 (表 1)、大白菜 I 供试土壤有效氮磷养分含量很高有关。15-5-10+MgZnB 处理明显提高 5 类叶菜的产量达 6.7%~52.0%，增产效果以瓢儿白 > 生菜 > 大白菜 I > 大白菜 II > 莴笋。因此，平衡施肥不但能增加大多数叶菜的产量，且以对生菜和瓢儿白产量的增产作用较大，其中以 15-5-10+MgZnB > 15-10-10。由此可见，在合理施用氮磷钾大量元素的同时，结合叶菜的营养特性，配施镁、锌、硼等微量元素，可以保持叶菜所需营养元素的平衡，促进其生长，使产量大幅度提高。

表 3 不同施肥处理叶菜产量 (公斤/亩)

处理	莴笋		生菜		瓢儿白		大白菜 I		大白菜 II	
	公斤/亩	%								
CK	1210.3	100	1541.7	100	992.1	100	1586.3	100	2510.5	100
15-10-10	1129.7	93.3	1906.3	123.6	1234.2	124.4	1380.9	84.8	2875.1	114.5
15-5-10+MgZnB	1291.1	106.7	2260.5	146.6	1508.0	152	2212.7	139.5	3000.1	119.5

2.2 平衡施肥对叶菜硝酸盐含量的影响

硝酸盐含量高低是蔬菜卫生品质的重要指标。蔬菜富集硝酸盐虽无害于植物本身，却对取食的人类健康产生潜在的威胁^[5-6]。控制蔬菜尤其是叶菜硝酸盐含量在安全范围内成为植物营养科学研究工作者关注的热点问题之一。大量研究表明，平衡施肥技术涉及的营养物质通常包含植物 (蔬菜等) 需要的多种大、中、微量元素，这些元素能促进硝酸还原酶 (NR) 和亚硝酸还原酶 (NiR) 活性，增强硝酸盐的转化能力，因此平衡施肥技术被公认是降低蔬菜硝酸盐含量的重要措施^[7]。与 CK 相比，15-10-10 处理使大白菜 I 硝酸盐含量提高 16.1%，这与该处理降低大白菜 I 产量较低，从而产生硝酸盐相对富集效应有关。15-10-10 和 15-5-10+MgZnB 处理提高瓢儿白硝酸盐含量 11.7% 和 11.0%，其原因可能在于平衡施肥大幅度提高瓢儿白产量，促进植株硝酸态氮的吸收，而瓢儿白生长期较短，吸收的硝酸态氮来不及还原转化，导致硝酸态氮吸收量大于还原而引起硝酸盐的累积，造成体内硝酸盐含量高于对照^[8]。另一

方面, 15-10-10和15-5-10+MgZnB处理能使多数叶菜, 如莴笋、生菜和大白菜Ⅱ硝酸盐含量降低4.0%~27.6%, 且降低效果以15-5-10+MgZnB > 15-10-10(表4)。所以, 在叶类蔬菜生产中, 施用氮磷钾大量元素肥料并配施镁、锌、硼等微量元素, 能降低其硝酸盐含量, 提高叶菜的卫生品质。

表4 不同施肥处理叶菜硝酸盐含量(毫克/公斤)

处理	莴笋		生菜		瓢儿白		大白菜Ⅰ		大白菜Ⅱ	
	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%
CK	575.5	100	1387	100	4028	100	3520	100	3881	100
15-10-10	523.9	91.0	1299	93.7	4501	111.7	4088	116.1	3726	96.0
15-5-10+MgZnB	516.5	89.7	1004	72.4	4471	111.0	3261	92.6	3475	89.5

2.3 平衡施肥对叶菜营养品质的影响

Vc 15-10-10和15-5-10+MgZnB处理对不同叶菜Vc含量的影响效应不一致(表5)。与对照比较, 15-10-10处理以提高叶菜Vc含量为主, 除莴笋略有降低3.3%外, 其余叶菜提高幅度达到3.1%~35.4%, 其效应以大白菜Ⅱ > 大白菜Ⅰ > 生菜 > 瓢儿白。除莴笋和大白菜Ⅱ的Vc含量有所增加或变化不明显外, 15-5-10+MgZnB处理主要表现出降低叶菜(生菜、瓢儿白、大白菜Ⅰ)Vc含量的效应, 但是这种降低幅度不大(<2.8%)。

表5 不同施肥处理叶菜Vc含量(毫克/公斤)

处理	莴笋		生菜		瓢儿白		大白菜Ⅰ		大白菜Ⅱ	
	毫克/公斤	%								
CK	195.9	100	166.4	100	290.0	100	174	100	154.4	100
15-10-10	189.4	96.7	178.4	107.2	299.0	103.1	202.5	116.4	209.1	135.4
15-5-10+MgZnB	201.4	102.8	164.2	98.7	285.0	98.3	169.1	97.2	155.4	100.6

可溶性糖 由表6可知, 与对照相比, 除15-5-10+MgZnB处理增加生菜可溶性糖含量达19.6%外, 15-10-10和15-5-10+MgZnB处理对叶菜可溶性糖含量有不同程度的降低, 达4.3%~44.6%。2个平衡施肥处理中, 15-10-10处理对大白菜Ⅱ的降幅最大(41.3%), 其次为大白菜Ⅰ(30.8%); 15-5-10+MgZnB处理对大白菜Ⅰ降幅最大(44.6%), 大白菜Ⅱ次之(21.3%)。可见, 平衡施肥对大白菜Ⅰ、Ⅱ的可溶性糖含量降低明显, 且以大白菜Ⅰ的降低幅度最大。但是, 比较15-10-10和15-5-10+MgZnB处理间差异可见, 在氮、磷、钾肥的基础上增施Mg、Zn、B微量元素, 可使叶菜的可溶性糖含量降幅最小, 即15-5-10+MgZnB处理的叶菜可溶性糖含量均高于15-10-10处理。

表6 不同施肥处理叶菜可溶性糖含量(%)

处理	莴笋		生菜		瓢儿白		大白菜Ⅰ		大白菜Ⅱ	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
CK	0.70	100	0.46	100	0.31	100	0.65	100	0.75	100
15-10-10	0.66	94.3	0.38	82.6	0.22	71.0	0.45	69.2	0.44	58.7
15-5-10+MgZnB	0.67	95.7	0.55	119.6	0.29	93.5	0.36	55.4	0.59	78.7

氨基酸 与单施氮肥(CK)比较, 平衡施肥对5类叶菜氨基酸含量的影响不一致。15-10-10处理能分别提高生菜、大白菜Ⅱ、大白菜Ⅰ的氨基酸含量31.5%、34.4%、1.8%; 15-5-10+MgZnB处理对生菜和大白菜Ⅰ氨基酸含量的增幅明显, 分别为30.7%、42.2%。但是, 平衡施肥对莴笋、瓢儿

白的氨基酸含量有较明显的降低作用，降幅达 15.7%~50.8%，降低效果以瓢儿白>莴笋。平衡施肥对大白菜Ⅱ氨基酸含量作用不一致，15-10-10 处理使其增加 34.4%，而 15-5-10+MgZnB 处理使其降低 14.9% (表 7)。

表 7 不同施肥处理叶菜氨基酸含量 (毫克/公斤)

处理	莴笋		生菜		瓢儿白		大白菜 I		大白菜 II	
	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%	毫克/公斤	%
CK	635	100	1501	100	3437	100	2790	100	2715	100
15-10-10	535	84.3	1973	131.5	2326	67.7	2839	101.8	3649	134.4
15-5-10+MgZnB	442	69.6	1961	130.7	1690	49.2	3967	142.2	2310	85.1

3 结论

3.1 平衡施肥较单施氮肥 (CK) 能明显提高叶菜产量，其增产作用以 15-5-10+MgZnB > 15-10-10；15-5-10+MgZnB 处理明显提高 5 种叶菜的产量达 6.7%~52.0%，增产效果以瓢儿白>生菜>大白菜 I >大白菜 II >莴笋；15-10-10 处理提高生菜、瓢儿白、大白菜 II 的产量 14.5%~24.4%，但对莴笋和大白菜 I 的产量有所降低。

3.2 平衡施肥 2 个处理降低莴笋、生菜和大白菜 II 的硝酸盐含量 4.0%~27.6%，降低效果以 15-5-10+MgZnB > 15-10-10；平衡施肥增加了瓢儿白硝酸盐含量 11.0%~11.7%，对大白菜 I 硝酸盐含量的作用以 15-10-10 处理为提高、15-5-10+MgZnB 处理为降低。

3.3 15-10-10 处理对叶类蔬菜 Vc 含量以提高作用为主 (3.1%~35.4%)，而 15-5-10+MgZnB 处理对叶类蔬菜 Vc 含量的影响不大。除 15-5-10+MgZnB 处理提高生菜可溶性糖含量 19.6% 外，平衡施肥处理降低叶菜可溶性糖含量 4.3%~44.6%，以 15-5-10+MgZnB 处理降低幅度小。平衡施肥 2 个处理增加生菜和大白菜 I 氨基酸含量 1.8%~42.8%，降低莴笋、瓢儿白的氨基酸含量 15.7%~50.8%，对大白菜 II 氨基酸含量作用不一致。



参考文献

- [1] 孟兆芳. 高产优质蔬菜的营养与施肥. 天津农业科学, 1999, 5(2):33~36
- [2] 王正银主编. 作物施肥学. 重庆: 西南师范大学出版社 1998, 252~259
- [3] 南京农业大学主编. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1991,40~89
- [4] 山东农学院等编. 植物生理学实验指导[M]. 济南: 山东科技出版社, 1980, 57~246
- [5] Stantamaria P, Elia A, SerioF. Fertilization strategies for lowering nitrate contents in leafy vegetables. Chicory and rocket salad cases[M]. J Plant Nutr, 1998, 21: 1791~1803
- [6] Boink A, Speijers G. Health effects of nitrates and nitrites, a review[M]. Acta Horticulturae.

2001, 563: 29-36

[7] 杨利萍, 金继运, 白由路等. 土壤养分综合评价法和平衡施肥技术及其产业化 [M]. 磷肥与复肥, 2001, 16(4):61-63

[8] 王朝辉, 田霄鸿, 李生秀. 叶类蔬菜的硝态氮累积及其成因研究 [M]. 生态学报, 2001, 21 (7): 1136~1141



上接 46 页:

表 7 不同示范处理经济效益

处理	产量 (公斤/亩)	产值 (元/亩)	肥料成本 (元/亩)	利润 (元/亩)	增收			
					元/亩	%	元/亩	%
当地施肥	936.2	4681.0	264.1	3666.9				
NPK	1171.8	5859.0	183.5	4925.5	1258.6	34.3		
NPKMgB	1289.6	6448.0	232.9	5465.1	1798.2	49.0	539.6	11.0

注: 利润=产值-肥料成本-其他成本(地租、农药、工钱等合计 750 元/亩)。

肥料价格: 尿素 1830 元/吨, 磷二铵 2200 元/吨, 氯化钾 1660 元/吨, 国产复合肥 (18-5-8) 1500 元/吨, 挪威复肥 (15-15-15) 2760 元/吨, 硫酸镁 38 元/公斤, 硼砂 20 元/公斤。

砂糖桔收购价: 5.0 元/公斤。



砂糖桔平衡施肥技术示范效果

姚丽贤 周修冲 李国良 陈婉珍

(广东省农科院土壤肥料研究所)

摘要: 广东省柑桔果园土壤较普遍缺乏镁和硼, 在较大程度上限制了砂糖桔的产量、品质和种植效益的进一步提高。在广东四会市进行了砂糖桔氮磷钾镁硼平衡施肥示范, 旨在为进一步系统研究砂糖桔施肥技术提供前期研究基础及应用借鉴。示范结果显示: 砂糖桔老熟秋梢叶片养分含量比例 $N : P : K : Ca : Mg : S : B : Zn : Mn : Fe = 1 : 0.08 : 0.52 : 1.39 : 0.07 : 0.12 : 0.0025 : 0.0008 : 0.0023 : 0.0009$; 在 1289.6 公斤/亩产量情况下, 每产生 50 公斤果实需要吸收 N 100.6 克、P 8.6 克、K 65.5 克、Ca 25.6 克、Mg 5.2 克、S 5.4 克、B 106.4 毫克、Zn 45.0 毫克、Fe 13.9 毫克; 氮磷钾镁硼平衡施肥处理比当地施肥及 NPK 处理结果数增加, 果实增大且更为均匀, 产量分别提高 37.7% 和 10.1%, 纯利润分别增加 1798.2 元/亩 和 539.6 元/亩, 增收 49.0% 和 11.0%。同时, 果实商品外观改善, 糖/酸比明显提高, 风味更佳。

关键词: 砂糖桔; 平衡施肥; 镁; 硼

砂糖桔原产中国柑桔之乡—广东四会市。四会砂糖桔以其优异品质、独特风味、口感清甜如砂糖及耐贮性较好而驰名中外。近年来砂糖桔的市场需求一直较旺, 种植效益较高, 种植面积迅速增加。然而, 目前对于砂糖桔的营养特性及施肥技术缺少研究, 种植户通常按照传统习惯进行管理和施肥。同时, 根据我们近年来的柑桔果园土壤养分肥力研究^[1], 目前广东省柑桔园土壤养分主要障碍因素为低镁缺硼及钾、钙、镁养分不平衡, 其中土壤钙、镁含量在低水平上渐趋于相对平衡, 而钾、镁不平衡状态仍然存在, 甚至有所加剧。本项目旨在通过砂糖桔氮、磷、钾、镁、硼配合平衡施肥示范, 掌握砂糖桔营养需求特性, 为进一步系统研究砂糖桔施肥技术、提高砂糖桔果实产量、品质 and 经济效益提供科学参考。

1 材料与方方法

1.1 示范点土壤基本性状

2004 年 3 月~2005 年 1 月在四会市下垌镇下垌村进行砂糖桔氮、磷、钾、镁和硼肥配合平衡施肥示范。供试土壤为砂壤土, pH 5.95, 有机质 10.5 克/公斤, 速效 N 15.2 毫克/升, 有效 P 4.8 毫克/升, 速效 K 62.6 毫克/升, 有效 Ca、Mg、S 含量分别为 739.5、32.8、26.2 毫克/升, 有效 B、Cu、Fe、Mn、Zn 含量分别为 0、1.45、77.0、8.0、1.6 毫克/升。土壤速效 N、K 和有效 Mg、B、Zn 含量均属缺乏。

1.2 示范处理

设 3 个示范处理: 1、当地施肥; 2、NPK; 3、NPKMgB。当地施肥单株用肥记录为挪威复肥 (15-15-15) 1.0 公斤+国产复混肥 (18-5-8) 1.0 公斤; 处理 2 单株施尿素 0.60 公斤, 磷酸二铵 0.39 公斤, 氯化钾 0.60 公斤; 处理 3 在处理 2 基础上加喷施 0.5% $MgSO_4$ 及 0.2% 硼砂溶液, 各示范处理化肥养分用量见表 1。肥料分果后肥、保果肥、促秋梢壮果肥、壮秋梢壮果肥四次施入。硫酸镁和硼砂在落花后至果实膨大期喷施, 共喷施 3 次。示范处理 1 当地施肥区面积为 2667 平方米, 示范处理 2、3 施肥区面积分别为 333.35 平方米。

1.3 示范作物

砂糖桔树龄为 8 年。种植规格为株距 2.78 米，行距 3.87 米，种植株数 62 株 / 亩。于 2004 年 12 月 ~ 2005 年 1 月采收果实。在 12 月中旬采集老熟秋梢第 3 片叶片样本进行养分含量分析、采集果实样本进行农艺性状调查及品质分析。

表 1 不同示范处理养分用量

处理	土施养分用量 (公斤 / 株)			土施养分比例		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
当地施肥	0.330	0.200	0.230	1	0.61	0.70
NPK	0.345	0.180	0.360	1	0.52	1.04
NPKMgB	0.345	0.180	0.360	1	0.52	1.04

2 示范结果

2.1 砂糖桔叶片营养特点

不同处理老熟秋梢叶片养分含量分析结果见表 2。NPK 处理叶片中 N、K、Ca 养分含量比当地施肥处理分别增加 0.05、0.14 和 0.42 个百分点，叶片 Mg 含量下降 0.046 个百分点。NPKMgB 处理与 NPK 处理相似。NPKMgB 处理叶片中 N、K、Ca、B 养分含量比当地施肥处理分别增加 0.09、0.16、0.3 个百分点和 2.8 毫克 / 公斤，叶片 Mg 含量则下降 0.039 个百分点。以 NPKMgB 处理为例，砂糖桔叶片中养分含量大小顺序为 Ca>N>K>S>Mg ≈ P>B ≈ Fe>Zn>Mn，叶片养分含量比例 N : P : K : Ca : Mg : S 为 1 : 0.8 : 0.52 : 1.39 : 0.07 : 0.12。



图 1 平衡施肥使砂糖桔果实增大及更加均匀

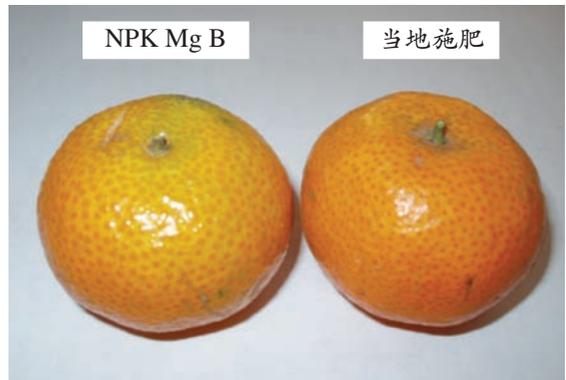


图 2 NPKMgB 平衡施肥处理果实光泽好，油泡大

表 2 不同示范处理秋梢叶片养分含量 (烘干基)

处理	养分含量 (%)					养分含量 (毫克 / 公斤)						养分比例					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Mn	Fe	N	P	K	Ca	Mg	S	
当地施肥	2.18	0.170	1.01	2.86	0.199	0.265	48.8	18.2	8.4	42.7	1	0.08	0.46	1.31	0.09	0.12	
NPK	2.23	0.168	1.15	3.28	0.153	0.286	50.7	20.7	9.9	58.8	1	0.08	0.52	1.47	0.07	0.13	
NPKMgB	2.27	0.177	1.17	3.16	0.160	0.269	51.6	19.5	10.8	42.5	1	0.08	0.52	1.39	0.07	0.12	

表3 砂糖桔果实不同部位养分含量（鲜样）

处理	部位	养分含量 (%)						养分含量 (毫克/公斤)				比例					
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Mn	Fe	N	P	K	Ca	Mg	S
当地施肥	果肉	0.142	0.0165	0.091	0.0304	0.0085	0.0073	1.49	0.98	0	0	1	0.12	0.64	0.21	0.060	0.051
	果皮	0.400	0.0249	0.230	0.151	0.0184	0.0192	5.22	1.89	0	1.41	1	0.06	0.58	0.38	0.026	0.048
NPK	果肉	0.157	0.0157	0.101	0.0314	0.0085	0.0073	1.36	0.876	0	0	1	0.10	0.64	0.20	0.054	0.046
	果皮	0.422	0.0264	0.252	0.184	0.0237	0.0209	5.21	1.77	0	1.68	1	0.06	0.60	0.44	0.030	0.050
NPKMgB	果肉	0.146	0.0151	0.100	0.0223	0.0098	0.0077	1.29	0.78	0	0	1	0.10	0.68	0.22	0.067	0.053
	果皮	0.393	0.0240	0.238	0.197	0.0151	0.0213	5.03	1.32	0	1.24	1	0.06	0.61	0.50	0.037	0.054

注：处理1 果肉：果皮 = 78.07：21.93，处理2 果肉：果皮 = 79.29：20.71，处理3 果肉：果皮 = 77.60：22.40。
Mg : S : B : Zn : Fe : Mn = 1 : 0.08 : 0.52 : 1.39 : 0.07 : 0.12 : 0.0025 : 0.0008 : 0.0023 : 0.009。

表4 砂糖桔 50 公斤果实中养分吸收量及比例

处理	部位	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Mn	Fe	养分比例					
		(克)	(克)	(克)	(克)	(克)	(克)	(毫克)	(毫克)	(毫克)	(毫克)	N	P	K	Ca	Mg	S
当地施肥	果肉	55.4	6.4	35.5	11.9	3.3	2.8	58.2	38.3	0	0	1	0.116	0.64	0.21	0.060	0.051
	果皮	43.9	2.7	25.2	20.2	1.6	2.1	57.2	20.7	0	15.5	1	0.062	0.57	0.46	0.036	0.048
	合计	99.3	9.1	60.7	32.1	4.9	4.9	115.4	59.0	0	15.5	1	0.092	0.61	0.32	0.049	0.049
NPK	果肉	62.2	6.2	40.0	12.4	3.4	2.9	53.9	34.3	0	0	1	0.100	0.64	0.20	0.055	0.047
	果皮	43.7	2.7	24.5	24.5	1.1	2.2	53.9	18.4	0	17.4	1	0.062	0.60	0.56	0.025	0.050
	合计	105.9	8.9	66.1	36.9	4.5	5.1	107.8	52.7	0	17.4	1	0.084	0.62	0.35	0.042	0.048
NPKMgB	果肉	56.6	5.9	38.8	8.7	3.8	3.0	50.1	30.2	0	0	1	0.104	0.69	0.15	0.067	0.053
	果皮	44.0	2.7	26.7	16.9	1.4	2.4	56.3	14.8	0	13.9	1	0.061	0.61	0.38	0.032	0.055
	合计	100.6	8.6	65.5	25.6	5.2	5.4	106.4	45.0	0	13.9	1	0.085	0.65	0.25	0.052	0.054

表5 不同示范处理果实农艺性状及产量

处理	结果数 (个/株)	单果重 (克)	横径 (cm)	纵径 (cm)	单株产量						产量		增产			
					1	2	3	4	5	6	平均	公斤/ha	公斤/ha	%	公斤/ha	%
当地施肥	471	32.0	4.01	3.37	10.0	17.5	15.0	15.0	17.5	15.8	15.1 b	14043	—	—		
NPK	540	35.0	4.28	3.38	10.0	20.0	20.0	25.0	20.0	18.3	18.9 ab	17577	3534	25.2	—	—
NPKMgB	551	37.7	4.32	3.46	12.0	20.0	24.0	27.0	21.0	20.7	20.8 a	19344	5301	37.7	1767	10.1

注：LSD_{0.05} = 4.17 公斤/株 (258.5 公斤/亩)，LSD_{0.01} = 5.93 公斤/株 (367.7 公斤/亩)

2.2 不同处理对砂糖桔果实养分含量的影响

对砂糖桔果实养分含量测试结果（表3）进行分析，NPK 处理果皮和果肉的 N、K、Ca 含量均高于当地施肥处理，两个处理的果肉 Mg 含量相当，但前者果皮的 Mg 含量明显高于后者，意味着由于镁素在植株体内易于向繁殖器官累积，提高砂糖桔的氮、钾营养供应水平促进了镁素从叶片向果实的转

移,导致叶片镁含量的降低。在施NPK基础上,喷施Mg、B肥处理提高果肉Mg含量、降低了果皮Mg含量,但果肉和果皮的B含量却有所降低。这是由于硼在植株体内极难移动,喷施的B主要累积在叶片,提高了叶片的B含量,对提高果实B含量作用不大。另外,由于NPK及NPKMgB处理均比当地施肥处理降低了磷肥用量,砂糖桔果实P含量有降低趋势。根据成熟期田间观察,当地施肥处理砂糖桔树体在成熟期叶片颜色较淡,NPK及NPKMgB处理叶色较浓绿,树体较健壮。这表明在土壤养分肥力较低情况下,平衡施用NPK及Mg、B肥,整体上改善了砂糖桔树体营养条件,树体长势较好。

2.3 砂糖桔果实养分需求特点

根据表4,NPK处理50公斤砂糖桔果实吸收的N、K、Ca养分总量分别比当地施肥处理有所增加,P、Mg吸收量则稍有下降。NPKMgB处理果实除Mg吸收量比NPK处理稍有提高外,N、P、K、Ca、B吸收量均低于NPK处理。这与Mg在植株体内易于移动而B难以移动有关。以NPKMgB处理为例,每产生50公斤果实需要吸收N 100.6克、P 8.6克、K 65.5克、Ca 25.6克、Mg 5.2克、S 5.4克、B 106.4毫克、Zn 45.0毫克、Fe 13.9毫克,养分吸收比例N:P:K:Ca:Mg:S:B:Zn:Fe=1:0.09:0.65:0.25:0.05:0.05:0.001:0.0005:0.0001。

2.4 不同处理果实产量、品质及效益

砂糖桔果实产量、品质及种植效益分析分别见表5、6和7。与当地施肥处理相比,NPK处理施钾水平较高,单株结果数增加69个,果实横纵茎增加,单果重增加3.0克,果实产量提高235.6公斤/亩,增产达到25.2%;同时,两处理的果实固形物、可溶糖及Vc含量基本没有差别,但NPK处理果实糖酸比增加2.0,果实风味有所改善。扣除肥料及其他成本后,NPK处理纯利润增加1258.6元/亩,增收34.3%。

NPKMgB处理分别比当地施肥及NPK处理单株结果数增加80个和11个,果实横纵茎增加,而且果实大小较为均匀(见附图1),单果重增加5.7克和2.7克,果实产量分别增加353.4公斤/亩和117.8公斤/亩,增产37.7%和10.1%(这解释了NPKMgB处理果实B含量低于NPK处理是由稀释效应造成),增产增收效果十分明显。同时,NPKMgB处理果实有机酸含量降低0.253%和0.203%,糖/酸比提高9.0和7.0,果实风味得到改善。另外,砂糖桔的品种特性之一为果皮油泡明显及果皮脆,油泡越大、果皮越脆越好。收获期观察(见附图2),NPKMgB处理果实光泽好,油泡大,果皮脆,品种特性显著,商品外观好。扣除肥料及其他成本后,NPKMgB处理分别比当地施肥及NPK处理增加纯利润1798.2元/亩和539.6元/亩,效益提高49.0%和11.0%。因此,在砂糖桔果园土壤N、K、Mg、B含量缺乏条件下,平衡施用氮磷钾肥及叶面喷施镁、硼肥,促使砂糖桔结果数增加,果实增大,果实风味更佳,增产及增收效果显著。但值得注意的是,由于平衡施肥提高了当季果实产量,果实带走养分量提高,砂糖桔在采收完毕后必须及时补充足够的养分。(后接34页)

表6 不同示范处理果实品质

处理	固形物 (%)	可溶糖 (%)	Vc (毫克/100克)	有机酸 (%)	糖/酸
当地施肥	14.5	11.72	20.96	0.776	13.5
NPK	14.5	11.26	21.29	0.726	15.5
NPKMgB	13.5	10.50	20.98	0.523	22.5

(表7见42页)