

高产施肥

Better Crops China

2001年3月(总第6期)



《高产施肥》为 PPI/PPIC 中国项目部的出版物，每年三月及九月各出一期。

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。

主编：王家骧

编辑委员：金继运、陈防、涂仕华、刘荣乐

网页：www.ppi-ppic.org

电邮：王家骧 jwang@ppi-ppic.org

金继运 jyjin@ppi-ppic.org

陈防 fchen@ppi-ppic.org

涂仕华 stu@ppi-ppic.org

刘荣乐 rliu@ppi-ppic.org

封面：福建漳州的大理花。王家骧提供

出版机构：钾磷肥研究所/加拿大钾磷肥研究所 中国项目部

国际项目总部- - Saskatoon, Saskatchewan, 加拿大

M.D. Stauffer, President, PPIC, and Senior V.P. International Programs, PPI

S.S. Portch, V.P. China & India Programs, PPIC

T.L. Roberts, V.P. Latin America, PPIC

理事会： C.S. Hoffman, Chairman of the Board, IMC Global Inc.

H. Mathot, Vice Chairman of the Board, Cargill, Incorporated

S.A. Riemann, Chairman, Finance Committee, Farmland Industries, Inc.

行政办公室 - Norcross, Georgia, 美国

D.W. Dibb, President, PPI

B.C. Darst, Executive Vice President, PPI

北美项目总部 - Brookings, South Dakota, 美国

P.E. Fixen, Senior Vice President, PPI

中国项目部：王家骧副主任，香港办事处

金继运副主任，刘荣乐，梁鸣早，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.

Cargill, Incorporated

CF Industries, Inc.

Farmland Hydro, Inc.

IMC Global Inc.

Intrepid Mining, LLC/Moab Potash

Mississippi Chemical Corporation

Potash Corporation of Saskatchewan Inc.

Simplot

资助： 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。

加拿大钾肥公司在中国平衡施肥示范项目报告(6)



鲍泽善 博士

PPI/PPIC 中国项目部 香港特区

在 1989 年中期，钾磷肥研究所/加拿大钾磷肥研究所（PPI/PPIC）中国项目部将“养分系统研究法”——一种通过土壤测试分析、养分吸附研究和温室盆栽试验进而提出田间试验处理设计的方法——引进给了中国科学家。

三年以后，从全国 17 个省收集的有关研究数据结果表明，中国耕地缺乏中量和微量元素养分的比例非常高，且差不多各种养分的缺乏在各个省份均有发生。例如，测试从各个省份所取得样品中，显示有 49%、23%、26%、20% 和 18% 的耕地土样分别缺乏锌（Zn）、硫（S）、硼（B）、钼（Mo）和镁（Mg）。

以上情形意味着，如果科学家在这些土壤上只研究氮、磷、钾养分，那么平均来说，他们得到的研究结果至少会有 49% 的信息是错误的。因为 49% 的土壤缺锌从而限制了氮磷钾三种大量营养的作用。由于上述几种中微量元素缺乏常常不是同时出现在某一块耕地里，因此可以预期到，被错误理解的研究结果最少会有 49%，而且很可能会超过 65%。

考虑到以上问题的存在，加拿大钾肥公司的平衡施肥示范项目便拓宽了研究范围，即在试验中不仅仅只研究钾肥，而且还研究那些缺乏或潜在缺乏的其他营养元素，以避免因这些养分的缺乏而限制钾肥效果的发挥。其目的就是为了确保施用下去的氮磷钾肥的肥效不会受到缺乏的中微量元素的制约，而得到最大程度的利用。一旦这些限制因素确实存在，它会毫无疑问地导致氮磷钾肥推荐水平低于能使农民获得最高收益的最佳经济产量（MEY）所实际需要的施肥量。

在中国南方和西南地区所进行的许多研究已经清楚地显示了这种现象。在这里我们只举一个例子加以讨论。

对于中国南方高度风化的土壤而言，镁常常是作物产量限制因子。最近在广东、广西和云南的研究表明，在有关氮磷钾肥的研究中加入镁肥显得至关重要。表 1 显示的是—些相关例证。

在钾肥施用量高于当前推荐水平时施镁表现出增产效果的现象说明了钾镁具有互作效应，由于这种互作效应提高了肥料利用率，因而给农民带来的是高产量和高收益。

无论是在中国南方或中国北方，当氮磷钾肥施用水平较高时施用硫肥也有类似施镁的效果。增施硫肥能够保证氮磷钾肥充分发挥其肥效。在很多情况下，当缺乏的中量和微量养分得到补充后，即使施用更高量的氮磷钾肥，其利用率也可得到提高。几乎目前所认识的作物各种必需养分在中国各个省份的耕地上施用均能表现出增产效果，这清楚地表明，在中国研究土壤肥力时采用“养分系统研究法”是必要的。

表 1 作物在施用高量氮磷钾肥时的施镁效果

作物	施镁增产量,公斤/亩	施镁增产幅度 %
木薯	273	17.3
甘蔗	513	9.0
甘蔗	516	7.6
甘蔗	780	8.0
甘蔗	1343	14.6
甘蔗	980	13.3
甘蔗	554	9.4
西瓜	139	4.7
菠萝	470	15.6
大豆	11	7.7
玉米	27	8.5
西红柿	282	6.7
芒果	171	21.1

这种系统研究法为我们的“三赢”局面奠定了基础。

赢家之一是肥料公司：肥料公司由于销售量上升及产品能高效利用而高兴，同时公司的主顾也由于获利更高而高兴，并且他们更乐于接受公司的产品。

赢家之二是农民：农民由于能赚得更多的钱而生活幸福，他们能够在社会活动中投入更多的钱而提高生活质量。

赢家之三是消费者：消费者由于他们所购买的产品质量和合理的价格而高兴。另一个额外的收益是所买的产品具有更好的品质。

加拿大钾肥公司的平衡施肥示范计划在推动中国平衡施肥进程中发挥着重要作用。实际上，平衡施肥这一概念已经赋予新的意义，即它不但指氮磷钾肥的平衡，而且更意味着包括作物所需的各种必需养分在内的真正的平衡。这种平衡将获得高产优质产品，能够提高肥料利用率，增加经济收入而且对环境有益。

简言之，通过与中国科学家的紧密合作，加拿大钾肥公司通过其平衡施肥项目已经和正在帮助中国走向“三赢”农业。



镁肥的施用广西的凤梨生产上起了很好的增产效用
(谭宏伟提供)

马铃薯钾素诊断标准

D. T. Westermann
Soil Scientist, USDA-ARS
Kimberly, ID, USA

T. A. Tindall
Agronomist, J. R. Simplot
Pocatello, ID, USA

钾素为植物必需元素，也是多种酶的活化剂，能促进淀粉和糖分在植物体内的转移及调节渗透势。它在作物木质部和韧皮部输导组织中的移动性都很高。当作物缺钾时，植株矮小、生长发育迟缓，嫩叶起皱，叶缘向下卷曲；叶片有少量的黑色斑点，老叶叶缘可出现烧焦状的坏死黑色斑点（见马铃薯图）。

一些作物缺钾的症状可能会被病害的症状所掩盖住，当马铃薯植株中钾浓度偏低或过低时，这种现象多会发生。

现今北美洲很多种植马铃薯的农户都可达到高产的目标。生产 4.17 吨/亩 (62.5 吨/公顷) 马铃薯块茎的产量, 可带走超过 17.6 公斤/亩的氧化钾量。马铃薯块茎在线性膨胀时期, 块茎成为碳水化合物和一些可移动无机养分的主要吸收体, 并常常会将植株中供应其他营养器官中的养分吸走。绝大部分的养分都是在这—生长期中被吸收的。当植株成熟时, 植株顶端及根部的养分和干物质都会被溶解并转移到块茎中。对易移动养分, 以钾素来说, 收获的块茎中所含有的钾量可占总吸收钾量的 90% 以上, 对于不易移动的养分, 块茎中仅占总吸收量的 10%–20%。



照片: Russet Burbank 马铃薯块茎膨大期中叶片显现缺钾症状 (Don Armstrong 提供)

很多农户将马铃薯所需的一部分养分采用液态肥料随灌溉系统施用。这一施肥方法可以在马铃薯生长高峰期对养分需要量大的时期, 快速的提供大量的养分, 而不仅仅是将肥料进行基施。要实施使用这种施肥法, 必须要知道植株中某一部分的养分浓度和整个植株中的养分状况之间的相互关系。对马铃薯来说, 这种状况可以定义为全植株吸钾的速度和块茎吸钾速度的比例。当这一比例 (或平衡) 大于 1.0 时, 块茎吸收的养分就比实际需要的多, 这部分养分就会积累到植株其他部分的营养体中, 或者提供给植株继续生长。当这一比例小于 1.0 时, 块茎的养分吸收量就低于其需要量, 植株中其他营养器官中的可移动养分就会转移到正在膨大的块茎中。这一方法近年来被用于 Russet Burbank 马铃薯氮和磷的管理中, 即利用其叶柄养分浓度的变化进行诊断。

当钾的有效性和浓度相对较高时, 块茎中就会积累过多的钾, 马铃薯块茎因含水量较高而使干物质量下降。钾浓度较低也会降低块茎的干物质量, 因为新陈代谢减弱, 淀粉形成受阻, 同时光合作用也减弱。形成最高干物质量所需的最佳钾浓度, 是当块茎钾浓度

为干物质质量的 1.8%时的水平。在这一浓度上，每生产 7.33 公斤鲜薯，需要 35 克的氧化钾。马铃薯施用钾肥的目标就是要提供充足的有效钾，以达到块茎最大生长量所需的钾浓度。

我们着手建立一个 Russet Burbank 马铃薯“钾平衡”关系的研究，这个研究由布置在爱达荷州南部地区和犹他州北部地区的几个田间试验结果得出。在大多数试验中，马铃薯块茎产量和品质与钾肥用量之间存在着显著的正相关。植株取样开始于块茎形成早期(6月下旬)，以后每隔 21 天左右取一次样，直到薯藤死亡或在收获前被刈掉。植株样品包括第四片叶的叶柄和植株顶端、块茎和易恢复部分的根则由试验行中的某一段中取样。

叶柄中钾的反应

叶柄中钾的浓度一般在块茎形成后就呈下降趋势(图 1)。下降的速度与植株、块茎生长速度之比及有效钾的多少有关。有效钾可由土壤、水及最近施用的肥料中取得。当土壤钾的有效量很高或者基肥中施用了多量的钾，叶柄中最初的钾浓度就会很高。肥料的溶解性越高，叶柄中钾的浓度也会越高。叶柄中钾的浓度还与滴灌液中的含钾量有关。

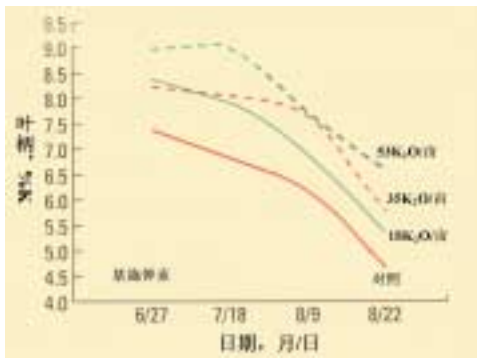


图 1. Russet Burbank 马铃薯块茎膨大期中叶柄钾浓度随时间而变化。

我们发现，叶柄中钾的浓度与光合作用活跃的叶片中钾的浓度呈线性相关。同时还与植株地上部分和块茎中钾的浓度有着显著的相关，这表明第四片叶的叶柄中钾的浓度是反映植株钾素状况的一个很好的指标。

叶柄钾浓度和“钾平衡”的关系表明，当“钾平衡”等于 1 时，叶柄平均钾浓度为 6.4% (图 2)。对于单个试验来说，用“钾平衡”和叶柄钾浓度的关系作指标会更好，因为它与块茎的平均生长速度有关。“钾平衡”浓度值为叶柄钾浓度的 5.4%-7.3%，当块茎生长速度下降时，这个数值会更低。

以上数据表明，只要 Russet Burbank 马铃薯叶柄中钾的浓度保持在约 7%以上，就不会出现钾的缺乏。农民可用这一个浓度水平来监测马铃薯植株的钾素状况并可以用这一浓度来推算灌溉水中应再补入钾素的量。为达到最好效果，要提前 15-20 天施用，因为叶柄中的钾达到这一浓度，在吸收过程中会有一段时间的延迟。以后，

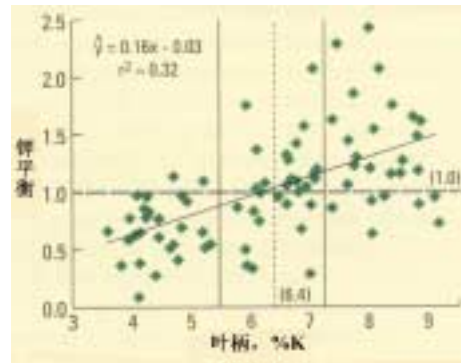


图 2. Russet Burbank 马铃薯块茎膨大期中叶柄钾浓度与“钾平衡”的关系。在 7 个试验中“钾平衡”的数值落于 6.4 线的两侧。

叶柄中钾的浓度可通过已知钾浓度对时间的关系曲线来进行估算。由于叶柄中钾浓度随时间的变化模式是高度变化的，因此每一田块的曲线都不相同。为了获得最高产量和最佳品质，叶柄中钾的浓度必须高于“钾平衡”浓度，直到薯藤刈掉或收获前 20 天左右。这样不但充分的利用了钾素资源，并使块茎中钾的浓度降低到一个合适的水平。



美国爱达荷州的马铃薯田
(Don Armstrong 提供)



马铃薯为西式食品中最受喜爱的主食之一，中国也种植了相当数量的马铃薯
(王家骥提供)

坡地不同水保措施下的平衡施肥研究

朱青 尹迪信 陈正刚 唐华斌 李玉荣

贵州省农业科学院土壤肥料研究所 贵阳 550006



朱青女士

坡地，特别是坡度大的旱坡地，严重的土壤侵蚀和不合理施肥与耕作栽培措施导致土地退化，被认为是不适合农业生产利用的土地。这样的旱坡地在世界的许多地区，尤其是中国，占有很大的面积。随着人口的不断增加，平台耕地越来越短缺，迫使人们不得不向坡地开荒种粮，其结果是加剧了坡地的水、土、养分流失，作物产量也无法提升，给生活在这一地区的人民带来了巨大的生存压力。针对这一问题，通过加拿大钾磷研究所资助，开展了坡地不同水保措施下的平衡施肥效应研究。经由三种模式的水保措施配合平衡施肥，与传统的农民习惯种植方式，以及单一的坡耕地平衡施肥措施作对照，探明坡耕地农业可持续发展的新途径。其研究表明：采用经济植物篱横坡种植，可明显地防止坡地的水土流失，与传统的农民习惯种植方式相比，可减少土壤侵蚀流失 53.6%~65.6%，减少地表径流 40.4%~43.8%。经济植物篱配合平衡施肥及合理密植，可极有效地提高坡耕地的玉米产量，增产可达 31.9%~35.2%，从而增加农民收入，对维护坡耕地的可持续利用起到了极大的促进作用。

1 试验材料与方法

1.1 试验地点和供试土壤

田间试验在贵州省罗甸县兴隆乡实施。试验地的坡度为 11.3°~24.3°，平均海拔 630m，供试土壤为酸性黄泥土，土壤质地为粉砂质粘土（重复 1），壤质粘土（重复 2, 3, 4），土壤的基本农化性状如表 1。

表 1 供试土壤养分含量状况

土壤	全量 (%)			速效量 (mg/kg)			缓效钾 (mg/kg)	有机质 (%)	pH
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K			
1	0.12	0.10	2.43	70.3	12.24	54.34	266	1.44	5.1
2	0.14	0.11	2.25	68.2	3.09	72.15	231	1.68	5.1
3	0.13	0.11	2.26	98.2	5.14	72.41	244	1.79	4.8
4	0.13	0.11	1.96	98.2	5.14	61.70	232	1.79	4.8

1.2 供试作物

供试作物品种为黔原 3 号玉米，2000 年 4 月直播，密度为 2400 株~3000 株/亩，植物篱作物为金荞麦+李子树；黄花+花椒树。种植密度：金荞麦 20×20cm，李子树 550

×200cm, 黄花 20×20cm, 花椒树 550×100cm, 植物篱间宽为 5 米 (见表 2)。

表 2 试区各处理种植情况

处理	作物	播期(月)	收获期(月)	行距(cm)	株距(cm)
1	玉米	4	8	75)或 100	35
	金荞麦	3	5-6	20	20
	李子树	3		550	200
2	玉米	4	8	75)或 100	35
	黄花	3		20	20
	花椒树	3		550	100
3	玉米	4	8	75)或 100	35
4	玉米	4	8	75	75
5	玉米	4	8	75)或 100	35

1.3 田间试验材料

田间试验设 5 个处理, 4 次重复。处理 1: 玉米+植物篱 1 (金荞麦+李子树)+平衡施肥, 处理 2: 玉米+植物篱 2 (黄花+花椒树)+平衡施肥, 处理 3: 玉米+工程梯化+平衡施肥, 处理 4: 玉米+农民习惯种植, 处理 5: 玉米+平衡施肥。平衡施肥配比为: 每亩施用有机肥 1200 公斤, N 18 公斤, P₂O₅ 7 公斤, K₂O 7 公斤, Ca(OH)₂ 130 公斤, ZnSO₄ 0.4 公斤。农民习惯施肥为: 每亩施用有机肥 1200 公斤, N 18 公斤, P₂O₅ 7 公斤。

2 结果与讨论

2.1 水土保持效果

经过整个雨季对各处理的水土流失的观察测定, 其结果表明, 试验区坡耕地上的水土流失与降水量有着密切的正相关关系。如 6 月的月降水为整个雨季 (4—9 月) 总降水量的 61.3%, 其坡耕地上的地表径流量同月就占整个雨季总径流量的 71.3%~76.9%, 而土



照片: 贵州植物篱试验录像, 由左至右为朱青女士, 陈正刚先生, 李玉荣先生 (涂仕华提供)

壤流失量占 74.6%~89% (见表 3)。各处理的径流量和土壤侵蚀量对比表明, 由于农民习

惯种植模式是从坡顶顺坡而下的点播种植方式，正好与地表径流的流向一致，因此，其地表径流和土壤侵蚀量达到最高。

表 3 试验区水土流失量测定结果分析，地表径流(公斤/亩)

处理 月份	1	2	3	4	5	降水量 (mm)
4	326	310	406	1505	394	15.0
5	19925	20609	24052	44041	32116	104.6
6	89662	96858	102147	150542	11824	428.0
7	1500	1450	1850	2400	1900	29.6
8	5950	5600	7500	10800	9200	100.9
9	1350	1200	1550	1850	1900	20.5
合计	118713	126027	137505	211138	163758	698.6
6月占总量(%)	75.5	76.9	74.3	71.3	72.2	61.3
与处理4相比(%)	43.8	40.3	34.9		22.4	

土壤侵蚀量(公斤/亩)

处理 月份	1	2	3	4	5	降水量 (mm)
4	5	6	6	10	7	15.0
5	253	407	357	1723	740	104.6
6	2087	2752	2168	5089	2820	428.0
7	0	0	0	0	0	29.6
8	0	0	0	0	0	100.9
9	0	0	0	0	0	20.5
合计	2345	3165	2531	6822	3567	698.6
6月占总量(%)	89.0	87.0	85.7	74.6	79.1	61.3
与处理4相比(%)	65.6	53.6	62.9		47.7	

平衡施肥处理，由于玉米是横坡种植，加上合理的施肥，作物生长正常，起到了一定的拦截地表径流和防止土壤流失的作用，与农民习惯相比，可减少地表径流 22.4%，减少土壤流失 47.7%。

工程梯化处理，通过工程措施把坡地改造为梯土，使得地表平整。该措施可大大地减缓地表径流的速度，增大地表水在土壤表面上的滞留时间，从而减少地表径流和土壤

流失，与农民习惯处理相比，可减少地表径流 34.87%，土壤流失 62.9%。

植物篱种植处理，由于作物采取横坡种植方式，同时每隔 5 米处，横坡种植了一排栅篱作物，起到了极好的拦截地表径流和土壤侵蚀的效果，与农民习惯处理相比，植物篱种植处理 2 减少地表径流 40.3%，土壤侵蚀量的 53.6%，植物篱种植处理 1 可减少地表径流 43.8%，土壤侵蚀量 65.6%。

统计分析的结果表明，任何一种种植模式与农民习惯种植方式相比都明显减少地表径流和土壤侵蚀（见表 4）。

表 4 试区各处理水土流失统计分析结果， 单位：公斤/小区

处理	径流量		土壤侵蚀量	
1	1197.3	a*	234.	a
2	1278.1	a	253.	a
3	1389.2	ab	316.	a
5	1659.5	b	356.	a
4	2111.1	c	682.	b

* - 字母相同时，表示处理间结果分析在 P=0.05 的置信度范围内差异不显著 (LSD_{0.05})

2.2 作物增产效果

玉米产量的结果表明，在土壤肥力不高的坡耕地上采用平衡施肥措施，可取得很好的增产效果，与农民习惯施肥方式相比，可极明显地增加玉米产量，达 35.6%。尽管植物篱作物占据了一定的耕地，减少了玉米的播种面积，但从玉米产量来看，它并没有明显地影响玉米的产量。与农民习惯种植方式下玉米产量相比，反而能明显的提高玉米产量。

植物篱种植处理 2 可增产 34.9%，植物篱种植处理 1 可增产 35.2%（表 5），工程梯化处理，虽然有明显的水土保持效果，但由于在平整土地的过程中，上挖下垫，造成土层打乱，土壤肥力不均，作物生长受影响，与农民习惯处理相比，玉米产量差异不明显。

表 5 试区玉米产量分析, 单位：公斤/亩

重复 处理	1	2	3	4	平均	与对照相比 %
1	307	325	330	332	323.5	35.2
2	321	319	315	336	322.8	34.9
3	280	304	249	228	265.3	10.9
4	167	256	301	233	239.3	
5	335	344	300	319	324.6	35.6

2.3 玉米植株性状

在低等肥力的坡耕地上，平衡施肥对满足作物生长的养分需求，促进作物的营养生长，尤其显得重要。表 6 显示，无论是玉米的株高、茎粗、叶片数、穗位高、地上部分的秸秆重，平衡施肥措施与农民习惯相比，都有一定数量的增加。同样，采取了平衡施肥加上水保措施的第一、第二、第三处理，虽然各自对玉米植株的性状影响不同，但与农民习惯处理相比，都有一定的增加。

表 6 试区玉米生长性状测定结果

处理	1	2	3	4	5
株高(cm)	249	252	235	216	251
茎粗(cm)	2.22	2.21	2.07	1.87	2.05
叶片数(片)	14.8	15.4	14.8	12.9	14.9
穗位高(cm)	104	104	100	83	108
秸秆重(kg/亩)	338	405	300	250	378

3 结论

通过一年来的试验结果初步得出以下结论：

1. 降水是引起坡耕地上水土流失的重要因素，因此，在降水集中的月份，尤其要重视采取经济植物篱等拦截、阻挡水土流失，同时，要重视促进作物生长增大地表覆盖度，来达到有效地防止水土流的目的。
2. 在土壤肥力低下的旱坡耕地上，采取经济植物篱和工程梯化等水土保持技术结合平衡施肥措施，可明显地减少水土流失，其减少地表径流作用从大到小顺序排列为：金荞麦+李子树+平衡施肥>黄花+花椒树+平衡施肥>工程梯化+平衡施肥>平衡施肥>农民习惯。其减少土壤侵蚀作用大小排列为：金荞麦+李子树+平衡施肥>工程梯化+平衡施肥>黄花+花椒树+平衡施肥>平衡施肥>农民习惯。
3. 坡耕地农业的可持续发展，必须采取防止水土流失，平衡施肥，调整产业结构，增加作物产量的道路。试验结果初步表明，经济植物篱配合平衡施肥可维护坡耕地的可持续利用。

黑龙江省平衡施肥现状与发展

吴尔奇

黑龙江省土壤肥料学会 哈尔滨 150086

黑龙江省现有耕地面积 1.32 亿亩，是我国重要的粮食生产基地。近几年来粮食总产一直稳定在 300 亿公斤以上。粮食总产的提高与化肥投入量的不断增加以及科学施肥技术水平的提高是密不可分的。所以近十年来平衡施肥技术一直被列为全重点农业科学技术推广项目之一。

1. 黑龙江省粮食生产与化肥合理用量的关系评析

尽管黑龙江省是世界上有名的三大“黑土区”，土质肥沃，养分含量高。但是受气候环境条件的影响，有效养分的释放非常缓慢，不能满足作物在整个生长发育过程中对养分的需求。随着农业科学技术水平的不断提高，农业综合高产栽培技术的大面积推广应用，单纯依靠地力来获得高产稳产是无法达成的。回顾黑龙江省农业生产的发展，可看出化肥对粮食总产和单产的提高上，占有着非常重要的地位。

如果按黑龙江省粮食生产发展 100 亿斤（标准斤，下同）一个台阶来计算，1949-1966 年的 17 年，粮食总产由 100 亿斤增加到 200 亿斤，每亩化肥用量由少于 1 斤增到 5.2 斤。1966-1983 年的 17 年，粮食总产增加到了 300 亿斤，这段期间化肥用量由每亩 5.2 斤增到 30 斤。1983-1990 年仅花了 7 年，粮食总产就增加到 400 亿斤，而化肥用量由每亩 30 市斤增加到了 40 斤。1990-1994 年仅仅 4 年的时间，就使粮食总产增加到了 500 亿斤的目标，而这期间化肥亩施用量由 40 斤，增加到 53 斤。由此可见，在黑龙江省粮食生产跨越四个台阶中，粮食产量是随着肥料施用量的提高而迅速的提高。随着单位面积施肥量的增加，跨越四个台阶的时间也随之缩短。

在粮食生产发展的四个台阶中，粮食单产水平的提高和施肥数量也呈现出跨越式的增加。从第一个台阶到第二个台阶，化肥单位面积施用量从 5 斤增加到 30 斤，增加了 25 斤；从第二个台阶到第三个台阶，单位面积化肥施用量增加了 10 斤，达到亩施化肥 40 斤，从第三个台阶到第四个台阶，单位面积施肥量又增加了 10 斤，达到 50 斤。由相关回归分析可将粮食单产和施肥量的密切相关，以回归方程 $Y=151.3+6.3X$ 来表达，其相关系数为 $R=0.98$ ，达极显著水平。

1995 年到 1999 年，全省化肥投入总量由 370 万标吨增加到 470 万标吨，平均亩施肥由 56.9 斤提高 72 斤，粮食总产也由 500 亿斤达到 600 亿斤。在这期间，由于平衡施肥

技术的大面积推广应用，肥料投入的总体结构也发生了变化，磷肥投入总量稳定在 230 万标吨左右，氮肥投入总量由 100 万标吨增加到 150 万标吨，其中钾肥不足的矛盾仍很突出。

上述分析表明，我省的单位面积产量通过增加化肥施用还有很大的增产潜力。只要通过提高化肥施用量，大力推广平衡施肥技术，还是可以继续增加粮食的产量。

2. 近十年来黑龙江省平衡施肥技术推广应用概况

近十年来黑龙江省平衡施肥技术被列入全省农业技术重点推广项目，主要工作情况反映在以下几个方面：

一、建立完善的平衡施肥技术体系

近十年来根据我省粮食种植区域分布和气候环境条件、土壤类型分布的不同，由省土肥站的统一规划指导下，在松嫩平原北部的麦豆主产区，以克山、依安两县为辐射点，建立了应用土壤养分丰缺指标法指导小麦、大豆的平衡施肥方法。在松嫩平原的中南部的玉米主产区，以双城、肇东两市为辐射点，建立了地力分区和养分平衡法的平衡施肥法。在三江平原以林口、集贤、富锦三市、县为辐射点，建立了以肥料效应函数为基础，土壤养分丰缺指标为指导的综合平衡施肥技术。

由此而形成了按地区分类指导，因作物因土壤不同的平衡施肥技术体系，有效地开展全省平衡施肥技术应用在大面积的推广工作。

二、扩大了推广应用面积和作物

近十年来全省累计推广应用平衡施肥面积总计 1.7 亿亩，其中玉米面积为 5500 万亩，小麦面积 3500 万亩，大豆面积 4100 万亩，水稻面积 2600 万亩，烟草、蔬菜面积 1300 万亩。各种作物年累计推广面积为 3000 万亩左右。形成了以四大粮食作物为主体，逐步向其它各类经济作物发展的平衡施肥技术应用格局。

九十年代初，针对黑龙江省大豆重迎茬种植严重和玉米、小麦、水稻微量元素的缺乏现象，在平衡施肥技术推广中，加入了微量肥料的推广使用，主要推广应用面积总计 4300 万亩。其中锌肥推广应用面积 800 万亩，锰、镁肥应用面积 700 万亩。

三、肥料投入的总体结构向合理化方向发展

通过平衡施肥技术的大面积推广应用，初步扭转了黑龙江省化肥投入总体结构不合理的局面。由于农民过分重视二铵，使磷肥的使用量逐年增加，导致磷素在土壤中的积累量日趋增加。因此，在平衡施肥技术的推广中，根据土壤磷的测定分析提出了稳磷、增氮、提钾、补素的平衡施肥指导思想。使黑龙江省化肥投入的总体结构由前几年的 1.3:1:0.01 (100:77:1) 达到了 1.5:1:1(100:67:7)的结构，基本上趋于 1.8:1:0.4(100:56:22)的结构方向发展。

近几年来，随着高产栽培技术的推广应用和高产新品种的引入，钾肥及微量元素肥

料在作物上的增产效果日益明显。1985 年以前，在粮食作物种植上很少施用钾肥，只在烟草上施用。这几年在平衡施肥的推广，加强了钾肥的推广使黑龙江省钾肥使用量由 80 年代期间每年不足 1 万吨，增加到近年来的 4 万吨。钾在各种作物上的增产效果也得到充分验证，在玉米上增产 15%，水稻增产 13%，小麦增产 10%，大豆增产 15%。1995 年全省推广施用钾肥面积达 2000 万亩。

四、发展壮大土肥队伍

平衡施肥技术的推广应用，提高了土肥技术人员的业务水平，壮大了土肥队伍。目前全省 13 个市（地）69 个县（市）全部建立了土肥站，全省共有土肥技术人员 207 人，平均每市、县 3 人。通过几年来的技术培训，各市、县的土肥技术人员都能独立开展平衡施肥技术的试验、示范和推广工作。

“八五”期间省政府投资 440 万元，建立了省级土壤肥料测试中心，除能进行土壤肥料的常规分析外，还能进行大部分微量元素的分析测定。此外，省财政每年还拨出 200 多万元专项经费用于市、县土肥化验室的建设，现在已有 58 个市、县建立了综合化验室，其中 13 个取得质量双认证。各地市、县土肥站与技术监督局、工商局协作，开展化肥质量检验、检测工作，查伪、劣、假、冒化肥，成为维护农资市场正常秩序的一支重要技术力量。



黑龙江机械收获（金继运提供）

平衡施肥对皖中地区花生和绿豆的增收效果

马成泽 周可金 黄正来

安徽农业大学 安徽 合肥 230036



马成泽教授

1 基本情况

安徽省中部江淮丘陵地区,约有耕地 97.4 万公顷,地形波状起伏,岗冲相间。土壤主要是下蜀黄土发育的粘盘黄褐土和黄褐土经水耕熟化形成的水稻土,质地粘重,有机质含量多在 $10-12\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,物理性状不良。长期以种植小麦、油茶和水稻为主,多为麦一稻或麦一油两熟制。南部则以种植油菜一双季稻为主,花生、绿豆、芝麻、甘薯等旱杂作物为辅。复种指数 1.5-1.8。部分农田水稻和油菜产量较高,旱杂作物产量普遍很低。

近年来,为了适应市场经济的发展,普遍进行着农业内部的产业结构调整。种植业变革的基本趋势是适当压缩小麦和水稻的种植面积,扩大市场价格较高的经济作物种植。由于国际和国内市场对优质花生和优质绿豆的需求量迅速增加,价格的提升刺激了农民种植这些作物的积极性。

目前,皖中的花生生产已具规模,并且向全省范围扩展,预计 2000 年种植面积可达 20 万公顷,有些地方已成为农村主导产业。2000 年仅明光市绿豆的种植将接近历史最大播种面积,约 0.7 万公顷。但是该地区花生和绿豆的单产低,花生在 150 公斤/亩徘徊,明光绿豆只有 100 公斤/亩左右,因此,揭示这些作物的低产原因,发展平衡施肥技术,对于提高产量,增加农民收入,具有重要价值。

2 花生、绿豆低产的原因

大量的调查和研究结果表明,土壤营养条件和施肥不合理是皖中花生和绿豆低产的主要原因。该地区地形起伏,表土冲刷严重,土壤有机质和氮素含量低。其他矿质养分含量虽然比一般为高,但有效供给能力差。如土壤全 K_2O 含量一般在 15-20 克/公斤,但速效 K 含量多在 100 毫克/公斤以下,低的只有 40-60 毫克/公斤。传统的种植和施肥模式以小麦或油菜—水稻为主,只施用氮磷肥,不施钾肥,导致土壤肥力下降,主要植物营养元素供应不平衡。花生和绿豆



花生平衡施肥与缺钾生长情况对比(马成泽提供)

等旱杂作物,多为接茬种植,经常是急播种不施肥,仅靠中耕调控土壤潜在养分供给,因

而产量很低。目前，种植面积虽然在迅速扩大，但农田土壤肥力状况没有改善，传统种植和施肥习惯无法提高生产力。因此，积极试验推广平衡施肥技术，是该地区花生和绿豆增产增收的关键。

3 平衡施肥试验的效应

自 1999 年起，我们与 PPI/PPIC 合作在安徽省中部的肥东县和明光市分别进行了花生和明光绿豆的平衡施肥试验。花生试验的结果表明：在氮磷供给相对充足的条件下，氧化钾施用量在 15 公斤/亩以内，随着施 K 水平提高，花生的株高、侧枝长、干物质积累量均增加，尤其是在种



马成泽教授在田间比较平衡施肥(右手)与习惯施肥(左手)处理下,绿豆生长的差异(马成泽提供)

子中干物质积累增加最为显著。氧化钾施用量在 15 公斤/亩时产量最高，达 362 公斤/亩，比只施氮磷不施 K 的处理增产 14%，纯收益也最大，达到 925 元/亩，比仅施 NP 多收入 115 元/亩。

但当施 K 量达到 15 公斤/亩以上时，产量不再增加，并随着施钾量的增加而下降，纯收益也相应的减少（表 1）。从明光绿豆的试验结果看出，在氮磷供给相对充足的条件下，施钾量在 6 公斤/亩以下的范围内，绿豆产量和纯收益均随着施钾量增多而增产的趋势；施钾量为 6 公斤/亩时，生物累积量、单株结荚数和千粒重均最大；增产幅度为 12.5%，纯收入为 319 元/亩，比只施氮磷净增收 26.7 元/亩。在不施氮的条件下，足量的磷钾配合施用，也会得到很好的产量及纯经济效益。但当施钾量超过 6 公斤/亩时，产量下降，纯收益也随之减少（表 2）。

表 1 不同施肥处理的花生产量结构和增产效果

处理	单株荚果数		单株荚果重 克	实际产量 公斤/亩	增产 %
	总果数	饱果%			
N ₁ P ₅ K ₀	4.3	10.9	3.5	36.7	—
N ₁ P ₅ K ₅	3.0	13.3	10.0	30.0	0.5
N ₁ P ₅ K ₁₀	10.2	15.2	15.0	31.7	4.2
N ₁ P ₅ K ₁₅	4.3	14.6	10.7	38.3	0.0
N ₁ P ₅ K ₂₀	2.1	16.0	7.8	34.3	1.7
N ₁ P ₅ K ₁₅	1.5	13.3	3.3	35.7	1.8

表 2 不同施肥处理明光绿豆的产量及经济收益

处理	单产, 公斤/亩	增产%	纯收入 元/亩	增收, 元/亩
$N_{2.5}P_{51}$	88.2	-	29.2	-
$N_{2.5}P_{51}$	91.7	4.5	30.0	7.8
$N_{2.5}P_{51}$	88.0	12.5	31.9	26.7
$N_{2.5}P_{51}$	77.0	7.8	29.1	4.9
$N_{2.5}P_{51}K_2$	92.1	-1.5	23.3	-5.9
$N_0P_5K_6$		12.9	32.2	37.0

注：NPK 下标代表施肥量（公斤/亩）。

以上结果表明，皖中岗地花生和绿豆施用钾肥有较大的增产和增收潜力，适量的 NPK 配合施用比只施用 NP，可以获得较高的产量和更好的经济收益。据此可以初步确定该两种作物经济性状最佳、产量较高、经济收益最好的氮磷钾配合施用方案，在当前花生和绿豆扩大种植中推广应用，以支持当地的农业种植结构调整推动农业发展，帮助农民致富。



马成泽教授与陈防博士在明光市绿豆田（马成泽提供）



研究人员在绿豆试验田中观察记载(马成泽提供)

小麦、红薯作物的高产平衡施肥

孙克刚¹ 王英¹ 焦有¹ 杨占平¹ 汪立刚¹ 吕爱英¹ 宋江春² 段广印³
 1 河南农科院土肥所 郑州 450002. 2 南阳市农业科学研究所 3 兰考县农业局



孙克刚先生

河南省是我国农业大省，位于北亚热带向暖温带过渡地带，气候和土壤条件适合种植多种粮食与经济作物。全省小麦播种面积 7000 多万亩，居全国第一位。1991 年来，与加拿大钾磷研究所及其北京办事处，加拿大钾肥公司合作，应用土壤养分状况系统研究法，基本上摸清了不同土壤类型，作物高产的土壤养分限制因子。并在一部分产棉区进行了高产平衡施肥技术的试验示范，取得了良好的社会、经济效益。

近年来，河南省为了实现 2000 年增产粮食 40 亿公斤的目标，加大科技成果推广力度，要求选用高产良种及其配套技术。因此，进行粮、棉、油作物的高产平衡施肥及其配套技术的研究，并推广已成熟的高产平衡施肥技术。

1. 材料与方

1.1 试验 安排在兰考县和南阳市两地。兰考为砂质潮土，供试作物为小麦。南阳为砂姜黑土，供试作物为红薯。两地土壤理化性状见表 1。试验方案设计采用农民习惯施肥作对照，比较在氮磷肥施用基础上钾肥不同用量的增产收效(表 2)。小区面积 20-25m²，重复三次，随机排列。

表 1 供试土壤类型与养分状况, 养分单位: $\mu\text{g}/\text{ml}$

地点	作物	土类	pH	OM%	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Cu	Fe	B
兰考	小麦	潮土	7.6	0.19	0.1	97.2	31.3	1142	135	7.3	1.2	7	2.2	13.7	0.28
南阳	红薯	砂姜黑土	8.3	0.86	8.0	4.4	96.6	32.9	3.81	0.5	0.94	2.56	1.25	7.1	0.47
i 界值					50.0	12.0	78.2	400	121	12.0	2.0	5.0	1.0	10.0	0.2

表 2 试验方案处理内容, 单位: 公斤/亩

处理号	小麦			处理号	红薯		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	0	1	2.5	5.0	0.0
2	10	8	0	2	2.5	5.0	2.5
3	10	8	6	3	2.5	5.0	5.0
4	10	8	9	4	2.5	5.0	7.5
5	10	8	12	5	2.5	5.0	10.0
6	10	6	9	6	2.5	4.0	5.0
7	10	6	0	7	2.5	4.0	7.5

1.2 示范 在上述两地进行试验方案的同时，还进行了大面积钾肥示范工作，要求以不施钾的为对照，观察施钾示范的增产增收效果，每个示范点至少能代表 1125-2250 亩以上。

2. 试验结果与经济效益分析

2.1 红薯试验

2.1.1 效应方程的建立：根据施钾水平和作物产量建立了钾肥与产量的效应方程： $Y_{\text{红薯}} = 957.42 + 30.21X - 1.5155X^2$ ，相关系数 $R=0.996$ ， F 值为 120.0。

2.1.2 最佳产量和最高产量施钾的确定：根据效应方程求出最高产量施钾量为 10 公斤/亩，红薯产量为 1108 公斤/亩。但是，要取得最佳经济产量时，则施钾量为 9.5 公斤/亩，产量依然可达到 1108 公斤/亩，为最有效益。

2.1.3 经济效益分析：由表 3. 看出随着钾肥用量的增加，红薯产量一直在增加，当钾肥用量达 10 公斤/亩时，产量也达到最高 1112 公斤/亩，产值也为最大 1667 元/亩，利润也可达到最高 1560 元/亩。从方差分析结果看当钾肥用量为 10 和 7.5 公斤/亩时，产量之间差异不显著，即处理 5、7、4 三个处理。因此，红薯生产要求的氮磷钾的比例应为 100:80-60:120-90 最适宜。

表 3 钾肥对红薯产量的影响与经济效益分析

处理	施肥量			红薯产量	增产		产值	成本	利润
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		kg	%			
1	2.5	5.0	0.0	954d	-	-	1433	23.7	1407
2	2.5	5.0	2.5	031c	77.8	8.18	1547	29.6	1520
3	2.5	5.0	5.0	069b	115.7	12.15	1607	35.4	1567
4	2.5	5.0	7.5	093ab	139.1	14.59	1640	41.2	1600
5	2.5	5.0	10.0	112a	158.1	16.57	1667	47.0	1620
6	2.5	4.0	5.0	067b	113.8	11.93	1600	35.4	1567
7	2.5	4.0	7.5	097a	143.2	15.03	1647	41.2	1607

注：单位 施肥量与产量为公斤/亩；产值，成本与利润为元/亩。市场价格(元/公斤)：N 2.83, P₂O₅ 3.33, K₂O 2.33 红薯 1.5。

2.2 小麦

2.2.1 小麦施钾效应方程的建立：根据施钾水平和作物产量建立了钾肥与产量的效应方程： $Y_{\text{小麦}} = 371.66 + 6.234X - 3435X^2$ ， $R=0.793$ ， $F=0.848$ 。

2.2.2 最佳产量和最高产量施钾量的确定：根据效应方程求出最高产量施钾量为 9.1 公斤/亩，小麦产量为 400 公斤/亩。最佳经济产量施钾量为 6.3 公斤/亩，小麦产量为 384 公斤/亩。



河南农业研究人员在田间采样纪录，右一为孙克刚先生，右二为金继运博士(刘荣乐提供)

2.2.3 不同施肥水平所形成的群体结构和小麦产量：从表 4 看出，小麦施入不同量的 N、P、K，对分蘖有着不同的影响。不同处理的群体结构也不同。越冬期群体和返青期的分蘖总数，基本上是随着 N、P 用量的增加而提高。而拔节期的有效分蘖数则是与钾肥的使用成正相关。在基本苗接近一致的情况下，没有施肥的对照区，越冬群体每亩仅为 38.6 万株，而其他处理的群体都在 40 万株以上。这一结果的形成，不仅是每亩增施 10 公斤纯氮的作用，同时还带有磷肥的参与作用。由越冬返青两个时期不同处理的群体大小说明，在一定范围内，磷肥施入多，分蘖多，群体大。各处理的有效分蘖数来看，则是每亩施入 8 公斤磷肥的处理高于每亩施 6 公斤的处理。所有施磷肥的处理，都高于没施磷肥的对照区。除此，四个施钾的处理，其有效分蘖数，都高于另外三个不施钾的处理。同时也显示出，有效分蘖数随着施钾量增加而提高。

小麦每亩成穗的多少，来源于前期群体大小和营养的供应情况。前期分蘖过多，群体大，施肥多，营养成穗数逾高，相反则低。表中数字说明，N、K 无机肥料对提高小麦成穗数作用大，效果明显，穗粒数最多的处理 $N_{10}P_6K_0$ 为 40.4 个，较最少的对照区高出 7.2 个。

穗粒数的多少，在同等养分情况下要取决于成穗的多少。成穗数少，穗粒数较多。成穗数多，穗粒数相应减少；千粒重最高的处理为 $N_{10}P_6K_9$ ，较对照区的 42.99 克高出 0.98 克。 $N_{10}P_8K_0$ 和 $N_{10}P_6K_0$ 两处理的千粒重虽较对照分别减少 1.47 和 1.69 克，这是因对照区的成穗少，穗粒数少的缘故所致。再则，所有施钾的处理，千粒重较不施钾的处理高。说明施用钾肥对增加小麦千粒重有效果。

表 4 施钾对小麦主要经济性状的影响

处理	施肥量			成穗数 (万头)	穗粒数 (个)	千粒重 (克)	基本苗	越冬期群体	返青期分蘖总数	拔节期有效分蘖
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O							
1	0	0	0	17.84	33.2	42.99	20.24	38.65	44.64	24.42
2	10	8	0	22.49	40.1	41.52	20.38	44.67	68.27	31.26
3	10	8	6	25.16	35.6	43.37	21.52	43.02	69.46	34.64
4	10	8	9	25.68	36.5	44.60	20.08	44.26	70.10	35.57
5	10	8	12	25.73	34.4	44.61	21.27	43.82	71.59	35.98
6	10	6	9	24.86	38.4	44.97	22.34	42.79	64.40	32.66
7	10	6	0	21.68	40.4	41.39	19.96	42.32	61.83	30.83

注：基本苗、越冬期群体、返青期分蘖总数、拔节期有效分蘖单位为万株/亩

2.2.4 不同施肥水平的产量结果与经济效益分析：各处理施肥种类和数量的不同，所表现的产量结果也不同见表 5。产量居第一位的处理为 $N_{10}P_6K_9$ ，产量为 427 公斤/亩，较产量最低的对照区，每亩增加 187 公斤，增产 78%。处理 $N_{10}P_8K_9$ 产量较对照增加 173 公斤/亩，增幅 72%，居第二位。

由处理 $N_{10}P_6K_9$ 、 $N_{10}P_8K_9$ 产量结果说明，在足量钾肥参与的情况下，每亩施 8 公斤磷肥比施 6 公斤磷肥减产。由 $N_{10}P_6K_0$ 和 $N_{10}P_8K_0$ 两处理的产量结果看，在不施钾肥的情况下，每亩施 8 公斤磷肥比施 6 公斤磷肥增产，另由处理 $N_{10}P_6K_0$ 与对照(空白)相比，前后产量的差为 133 公斤，增产高达 56%。在 $N_{10}P_6K_9$ 和 $N_{10}P_6K_0$ 两处理进行比较时，N、P 相偕，可产量较后者增收 67 公斤，增幅明显，增产幅度大。

处理 $N_{10}P_6K_9$ 较对照每亩增加效益 155 元。居所有处理首位。处理 $N_{10}P_8K_9$ 每亩净增效益居第二。由各处理的效益情况表明，小麦氮磷钾最适施用量为 10:6:9 (处理 6)。

表5 钾肥对小麦产量的影响与经济效益分析

处理	施肥量			小麦	产量		产值	成本	利润
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		kg	%			
1	0	0	0	240b	-	-	288	0	288
2	10	8	0	373a	133	56	448	55	393
3	10	8	6	387a	147	61	464	69	395
4	10	8	9	413a	173	72	496	76	420
5	10	8	12	392a	152	63	470	83	388
6	10	6	9	427a	187	78	512	69	443
7	10	6	0	360a	120	50	432	42	390

注:单位 施肥量与产量为公斤/亩;产值,成本与利润为元/亩. 市场价格(元/公斤): N 2.83, P₂O₅ 3.33, K₂O 2.33 小麦 1.2。

3. 示范效益与效益分析

1999年在兰考, 南阳两地进行了钾肥示范对比, 供试作物为小麦和红薯, 其示范田的增产效果与经济效益分析见表6。从表可知, 兰考县小麦钾肥示范田增产幅度为5.9%, 每亩的纯收入为412元。南阳红薯增产幅度14.8%, 纯收入为1509元/亩。

表6 主要粮、棉、油、菜作物施钾示范效应与效益

作物	地点	施肥量(公斤/亩)			产量(公斤/亩)	增产情况			纯收入(元/亩)	示范田面积亩
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		公斤/亩	%	Kg/kg K ₂ O		
红薯	南阳	2.5	5	0	900	-	-	-	-	-
	南阳	2.5	5	7.5	1033	133	14.8	17.8	1509	45
小麦	兰考	10	8	0	353	-	-	-	-	-
	兰考	10	8	8.3	407	53	15.1	5.9	412	60

注:单位 施肥量与产量为公斤/亩;产值,成本与利润为元/亩. 市场价格(元/公斤): N 2.83, P₂O₅ 3.33, K₂O 2.33 小麦 1.2。



河南大田中, 钾肥对小麦的增产试验(金继运提供)

平衡施肥对鄂北岗地水稻生产的影响

顾玉成

鲁剑巍 万运帆

湖北省农科院鄂北开发团 武汉 430064 湖北省农科院土肥所 武汉 430064



顾玉成先生

鄂北岗地是湖北省仅次于江汉平原的产粮大区。长期以来，由于一直认为该地区土壤不缺钾，所以在粮食生产中有重氮磷肥、轻钾肥的施肥习惯，导致了土壤中养分平衡失调，给“两高一优”农业生产带来不良影响。为此，我们在鄂北岗地产粮大县襄阳县开展了水稻平衡施肥的试验示范工作，以期通过补充钾肥来大幅度提高杂交水稻产量，提高种粮效益。

1. 材料和方法

1.1、土壤类型及养分状况

示范田土壤类型为鄂北岗地典型土壤黄褐土，经测试，土壤有机质含量为 2.03%，有效氮为 120.4—100.4 毫克/公斤，有效磷为 18.1 毫克/公斤，有效钾为 52 毫克/公斤。表明该地区土壤有机质含量中等偏高，氮磷含量中等，钾含量偏低。

1.2、处理及施肥量

示范田总面积 103.6 亩，其中随机设置三个核心试验示范区，面积 7.6 亩。每个核心小区分设三个处理：平衡施肥 (N 12-P₂O₅ 8-K₂O 8 公斤/亩) 不施钾肥 (N 12-P₂O₅ 8-K₂O 0 公斤/亩) 和当地农民习惯施肥。其余示范田均为平衡施肥。所用氮肥为碳酸氢铵，磷肥为过磷酸钙，钾肥为红色氯化钾，追肥使用尿素。田间管理采用当地习惯做法。

2. 结果与讨论

2.1、平衡施肥对水稻生长有明显的影响

由表 2 可知，平衡施肥由于增加了钾肥的施用量，无论株高、分蘖数、剑叶长宽、千粒重等指标，均优于其它两个处理。说明以增施钾肥为主的平衡施肥技术对水稻生长是十分有益的。

表 1 平衡施肥对水稻生长的影响

	平衡施肥	不施钾肥	习惯施肥
株高 (cm)	111	111	111
分蘖数	8.6	7.2	7.4
穗长 (cm)	24.7	22.7	22.5
剑叶长 (cm)	31	27.5	29
剑叶宽 (cm)	1.80	1.69	1.64
每穗粒数	121	120.5	121
空壳率 (%)	3.62	3.68	3.83
千粒重 (g)	27.4	26.2	26.1

2.2、平衡施肥对水稻产量的影响

表2表明，三个处理中平衡施肥处理亩产均高于其它两个处理。较不施钾肥处理增产49.3公斤/亩，增产幅度为7%；较习惯施肥增产50.6公斤/亩，增产幅度为7.2%。

在相同管理水平条件下，采取平衡施肥措施能促进水稻生长，增强植株抗性，并可大幅度的增加产量，提高农民收入。根据测算，在不改变当地习惯管理水平的情况下，平均每亩施13公斤氯化钾，即可增产粮食50公斤，增收50元以上。除去成本，每亩净收入超过31元。

表2 平衡施肥对水稻产量的影响

处理	平衡施肥 (公斤/亩)	不施钾肥 (公斤/亩)	习惯施肥 (公斤/亩)
小区 I	693 (100)	631 (91.0)	659 (95.1)
小区 II	710 (100)	662 (93.3)	649 (91.3)
小区 III	708 (100)	671 (94.7)	652 (92.1)
平均	704 (100)	654 (92.9)	653 (92.8)

注：括号内为各别的小区或平均栏内相对百分产量。

2.3、结论

试验示范结果表明，鄂北岗地的土壤有着缺钾和养分不平衡的问题。一些作物要达到高产的目标，特别是杂交水稻等需肥量大的作物，必须要注意平衡施肥，特别是钾肥的施用量。采取平衡施肥的措施后，杂交水稻增产增收，效果明显。在示范区内所显示最适宜的施肥比例为： $N:P_2O_5:K_2O=100:68:64$ ，并以每亩施N12公斤左右为好。

襄阳县目前常年杂交稻种植面积近30万亩，如全面推广平衡施肥技术，则可增收粮食1500万公斤，新增纯收入938.1万元，经济效益将会十分显著的。鄂北岗地如能在杂交水稻全面推广平衡施肥技术，将对该地区粮食“两高一优”生产带来巨大的推动作用。

湖北省农科院党委书记陈德贵在襄阳县伙牌镇平衡施肥示范田与农技员一同插秧(鲁剑巍提供)



西藏农业简介

关树森

西藏自治区农科所 拉萨

西藏地势高峻，是青藏高原的主体，素有“世界屋脊”和地球“第三极”之称，平均海拔 4000 米以上。该区共有土地面积 122.84 万平方公里，耕地 523 万亩，占土地面积的 0.31%，主要农区在雅鲁藏布江中下游；牧草地 9.69 亿亩，占 56.7%；林地 1.07 亿亩，占 6.27%。

一、西藏的自然条件

1、西藏主要农区冬无严寒、夏无酷暑、日温差大，适宜很多农作物生长

大部分地区七月份平均气温低于 17⁰C，农区大于 0⁰C 的活动积温在 2600~3100 度之间。低海拔区种植水稻、棉花、花生、芝麻、鸡谷等喜温农作物，主栽青稞、小麦、油菜、玉米、豌豆，其次为土豆、蚕豆、皮大麦，蔬菜等。春季气温上升缓慢，秋季下降平缓，播种的期限幅度很大，有利于安排劳力、畜力和精细整地。冬季极端最低气温在-10 至-16⁰C。西藏日温差较大，多在 12-16⁰C 之间，有利于农作物光合产物的积累和高产。

2、日照时数多，太阳辐射强，光能资源丰富，且雨热同步，水资源丰富

西藏光照充足，拉萨、日喀等地年日照时数为 2939~3249 小时，总年辐射为 7712~7761 兆耳/平方米。农作物生长季节日照时数为 2315~2417 小时，占全年的 71%~82%，辐射量为 6091~6629 兆耳/平方米，占全年的 78%~86%。6-9 月光、热、雨同步，年平均经流量达 48 亿立方米，约占全国年水资源总量的 16%，居全国各省市、自治区的首位，为农作物生长提供了良好的条件。春小麦最高单产达 985 公斤/亩，油菜 411 公斤/亩。

3、耕地资源丰富，分布海拔垂直跨度大

西藏有宜农耕地 680 万亩，人均耕地 2.8 亩，比全国多 1.3 倍。分布在 3500~4100 米之间的耕地占 60.8%，4100 米以上的占 22.2%，2500~3500 米之间的占 11.4%，2500 米以下的占 5.6%。耕地土壤海拔垂直跨度之大（610~4795 米）乃世界之最。



关树森先生在田间工作情景（涂仕华提供）

二、西藏农业特点

1、立体性突出

西藏高原境内高山耸立，江河贯穿，切割深度大，地势高差悬殊，表现出农业生产的多层次分布及立体特点。全区最高点是西部的珠穆朗玛峰（海拔 8848 米），最低点是东南部雅鲁藏布江的出境处（海拔 100 米），两者相差 8700 米。巨大的高差伴随温度、降水的变化，形成了农业生产和生物的多样性。海拔低于 2300 米的地区种植水稻、玉米、大豆、黍、稷、鸡谷等喜温作物，并有冬春小麦、冬春青稞、油菜、豌豆等喜温凉作物，一年两熟；海拔 2300~3000 米地区，有冬春小麦、冬春青稞、油菜、豌豆，一年两熟或两年三熟；海拔 3000~3800 米地区，种植春青稞、冬麦、豌豆、油菜，一年一熟；海拔 3800~4100 米的地区，种植春青稞，春小麦、豌豆、油菜，一年一熟；4100~4300 米地区，有春青稞、春小麦、豌豆、油菜等早熟品种，一年一熟；4300 米以上多为纯牧地区。

2、农作物分布海拔高

因西藏高原特殊的自然环境，不仅使农业呈主体变化明显，而且作物分布海拔高，如冬小麦在世界最高的南美安第斯山区分布上限在 3660 米，而西藏的林周县分布上限在 4320 米，高 660 米，油菜在尼泊尔境内分布限为 3430 米，而在西藏的文部境内海拔 4700 米仍能种植并正常成熟。

3、广种薄收、耕作粗放，生产潜力大

西藏耕地资源丰富，人均耕地 2.8 亩，户均耕地 15 亩以上，劳动力人均种地 7~15 亩以上。但目前区内机械化程度低，多用耗牛耕地，顺犁沟撒种，科学技术推广滞后，田间管理落后。在施肥上科技含量较低，很少施肥或施肥量很低，区内只有氮磷肥销售，且多为有啥施啥，用量随意。田间灌水是挨户轮流灌溉，造成猛灌和用水时间冲突。2000 年全区粮食播种面积 523 万亩，总产 91 万吨，平均亩产 175 公斤左右，最高亩产达 700 公斤左右，生产潜力很大。



西藏农民在田间午餐（涂仕华提供）

三、西藏生产发展的限制因素

1、科技专业人才缺乏

全区藏民族人口约 220 万人，中等文化程度以上的人占千分之一，大专生占有数不足万分之一。科技干部奇缺，例如全西藏土肥专业人员不足 20 人，实际从事土肥工作的仅有两名。农业科研及农技推广工作非常困难。

2、牧业基础差

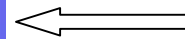
西藏的畜牧业主要靠 4000 米以上的自然草场，人工牧场很少。因海拔较高，气候变化大，畜牧业受自然因素约束很大。在暴风雪多的年份，牧业受到的经济损失严重。

四、西藏的农业发展及前景

西藏农科院已与农牧学院合并，成立了“西藏农林科技大学”。得到国家保证经费投入，同时农科成果转化实行企业管理。会将一部分经费和创收，改善一般教育，扩大农业教育面。并增进农牧林业生源，培养农业专业人才。

加强耕地、光能、雨、热资源的开发和利用，特别是在年积温 3000⁰C 以上的农区选择早熟作物品种进行套种、复种，变一年一熟为两熟（即禾谷作物 - 季经济作物/豆科饲草）。提高种植指数及提高耕地、光、雨、热资源的有效利用率，迈向良好的生态、经济、社会效益的持续农业目标。

西藏有雅鲁藏布江、金沙江、沧江、怒江四大江，拉萨河、年楚河、尼洋河等二十多条河，可开发的水利资源丰富。如能开发，可供给农业上灌溉和发电，创造良好的经济和社会的效益。



农业科研人员在田间工作情景，左起关卫星先生、关树森先生、侯亚红女士及次卓嘎女士（涂仕华提供）

迁址启示

在与湖北省农科院三年的成功合作之后，加拿大钾磷肥研究所(PPI/PPIC)中国项目部武汉办事处负责人陈防博士已决定将办事处由湖北省农科院迁往中国科学院武汉植物所。

新办公地址：湖北省武汉市武昌磨山，中国科学院武汉植物所，邮编 430074。



电子邮件: fchen@ppi-ppic.org 或 fchenppi@public.wh.hb.cn
电话另行通知

PPI/PPIC 钾磷肥研究所/加拿大钾磷肥研究所
中国项目部办事处及联络人 网址: www.ppi-far.org

香港

雪厂街 24-30 号
顺豪商业大楼 5B 室
鲍哲善博士 (粤桂)
王家骧博士 (闽赣琼台)

北京

中关村南大街 12 号
中国农科院土壤肥料研究所
邮编 100081
金继运博士, 刘荣乐先生, 梁鸣早女士
(华北、东北、西北地区)

武汉

武汉市武昌磨山
中国科学院武汉植物所
邮编 430074
陈防博士 (鄂湘皖苏浙沪)

成都

静居寺路 20 号
四川农科院院部
PPI/PPIC 成都办事处
邮编 610066
涂仕华博士 (云贵川渝甘藏)