

中加钾肥合作研究在辽宁的 15 年

雷永振, 邱卫文, 王祥珍, 赵凯, 张满珍, 张保烈, 孙芙英

(辽宁省农业科学院土壤肥料研究所, 辽宁 沈阳 110161)

中图分类号: S143.3

文献标识码: B

自 1988 年以来, 在中华人民共和国农业部的统一协调下, 辽宁省农业科学院土壤肥料研究所参加了以中国农业科学院土壤肥料研究所(加拿大钾磷研究所驻北京办事处)牵头的中加国际合作项目。自那时起持续至今已达 15 年, 本文力图对这一长期研究工作在辽宁省的进展情况作一简要、概括的总结。

1988 年 11 月, 加拿大国际发展署(CIDA)项目官员 K. F. Nielsen 博士访问了辽宁省农业科学院, 揭开了辽宁省农业科学院土壤肥料研究所参加中加国际合作项目的序幕。后来由于形势的变化, 原定于 1989 年由中加两国政府间签定的协议未如期履行。而由加拿大钾磷研究所(PPI/PPIC)、加拿大钾肥出口公司(CANPOTEX)和加拿大国际发展署赞助, 1989~1992 年应用土壤系统研究法, 以最高产量研究(MYR)和最佳经济效益产量研究(MEY)为主。1993 年两国政府正式签定协议, 启动中加农学三期(为期 5 年)的北方钾肥研究项目。辽宁省农业科学院土壤肥料研究所承担的任务是重点研究辽宁省主要土壤类型钾素状况和分布、土壤钾的释放、肥料钾的吸收与固定及其对植物的有效性; 观察钾在其它元素配合下的增产效应以及钾在改善作物品质和增强抗逆性方面的作用。采用适宜品种、合理密度、最佳经济施肥量及配比和补充缺乏的中微量元素达到平衡施肥, 结合其它农业技术创高产, 从中总结出适合当地的高产高效综合农业技术措施, 向农民推荐。

1999 年在对农学三期项目总结的基础上, 着手新项目的准备工作, 并于 2000 年又启动了为期

5 年的中加农学四期合作项目—中国持续农业发展中的土壤养分与肥料管理(NMS)。主要应用 GIS 技术和土壤养分系统研究法, 深入开展土壤养分状况、空间变异规律和影响因子的研究。在进行一系列调查、试验和示范的基础上, 形成适合当地条件的土壤养分管理和精准施肥技术, 并通过宣传推广工作向其它地区扩展, 该项研究正在执行中。

1 钾肥是平衡施肥中的重要养分元素

在植物生长所必需的多种元素中, 钾与氮、磷一起称为大量元素。但钾与氮和磷等不同, 它不会成为植物的化学结构成分, 植株内大部分钾均以可溶态存在于细胞液中。钾可促进植物根系生长, 增强茎秆, 活化酶类, 调节植株张力, 促进糖分和淀粉的运输及蛋白质的合成, 还可预防疾病, 增强植株的抗逆性等。另一方面, 钾可以改善谷物和饲料作物的物理品质, 增强作物的色泽、耐储性及适口性, 故钾也有“品质养分”之称。

过去认为中国北方土壤不缺钾, 除了特别的喜钾作物外, 一般作物不需要施钾肥。辽宁省农业生产在相当长的历史中, 作物生长以施农家有机肥为主, 单产水平较低。20 世纪 50 年代开始试用氮素化肥, 20 世纪 60 年代始用磷肥, 促进作物单产逐渐提高。20 世纪 70 年代科技人员也曾省内进行过为数不多的钾肥试验, 增产效果不明显。因此, 在七、八十年代, 农民施用化肥还是以氮、磷肥为主。这一时期, 又逐步普及吸肥能力强的高产新品种或杂交种, 使作物产量大幅度地提高。如水稻、玉米、小麦、高粱、大豆单产分别从

1978 年的 5 500、4 200、1 400、3 600 和 1 000 kg/hm², 增加到 1990 年的 7 000、6 000、3 900、4 600 和 1 200 kg/hm²。产量的提高对土壤养分的耗竭也随之增加。与此同时, 由于有机肥施用量逐渐减少, 秸秆还田也不普遍, 相反, 高浓度的氮磷化肥用量有增无减, 而钾肥绝对用量增长缓慢(全省氮、磷、钾肥实物施用量分别从 1978 年的 147.4、57.0、1.4 万 t 增加到 1990 年的 196.7、73.5、2.5 万 t), 逐渐造成土壤养分供应失调。谢建昌先生认为, 钾肥施用不足一直是中国肥料施用不平衡中最突出的因素, 导致土壤钾素亏缺加剧, 严重影响化肥利用率的提高和农业的可持续发展^[3]。

从 1993 年至 1998 年, 我们在沈阳东陵区草甸土和苏家屯区水稻土上, 分别以玉米和水稻为指示作物连续 5 年进行田间定位试验的结果表明, 在草甸土布置的 4 个处理, 即不施肥、施 NP 肥、施 NPK₁(低量钾)、施 NPK₂(高量钾), 土壤钾素(K₂O)盈亏分别为 -558.1、-606.7、-142.6 和 +231.8 kg/hm², 而水稻土钾(K₂O)盈亏则为 -395.5、-496.8、-295.1 和 +116.5 kg/hm²。可见不施钾, 尤其在施 NP 化肥的情况下不施钾肥, 将加速土壤钾的耗竭, 只有在施高量钾的情况下, 耕地土壤钾素才扭亏为盈。

2 辽宁省钾肥合作项目取得的科研成果

辽宁省钾肥国际合作研究项目开展以来, 重点研究了辽宁省主要耕地土壤(草甸土、棕壤、水稻土、褐土和风沙土)钾素含量, 评价了不同土类供钾能力; 在分析大量土壤样品的基础上, 绘制了钾素状况区域分布图。结果表明, 辽宁省主要耕地土壤速效钾平均含量, 除了辽西地区的褐土含钾量(92.8 mg/ml)超过临界值(78 mg/ml) 19.0%外, 其余的草甸土、棕壤、水稻土和风沙土均低于临界值的 10.3%~30.5%。5 个土类速效钾含量依次为: 褐土>草甸土>棕壤>水稻土>风沙土。从区域分布看, 以辽西的锦州市、朝阳市及沿渤海湾的营口市和盘锦市土壤速效钾含量为最高; 其次为辽北地区, 而辽南的大连市和辽东的丹东市为最低; 辽宁中部地区的沈阳市、鞍山市和东部山区的抚顺市居中。在此基础上, 结合钾素状况区域分布图, 可为辽宁省合理施用钾肥和实施补钾工程提供科学依据。

通过试验研究, 摸清了主要作物的吸钾规律, 明确了在高产条件下, 主要粮油作物的钾肥肥效及其合理施用技术。(1)玉米。揭示了玉米吸钾有两个高峰期, 第 1 个在 12 叶期, 第 2 个在吐丝至完熟期, 且第 1 高峰期单株日均吸钾量比第 2 个高峰期高 1.2 倍。如果玉米生育前期土壤缺钾, 后期追补会影响产量。在肯定玉米施钾肥增产 8.8%~48.5%的情况下, 根据其需钾特性, 明确了在施 N 150~180 kg/hm²、P₂O₅ 75~90 kg/hm²、再配施 K₂O 90~180 kg/hm² 即可增产增收。(2)水稻。研究表明, 水稻营养生长期需钾量特别多, 到孕穗后期较少。如吸钾量由分蘖始期的占总吸钾量的 3.6% 猛增到分蘖盛期的 13.6%, 到孕穗前达到 91.4%。据此, 水稻钾肥应在苗期施足。从水稻不同部位含钾量看, 茎>叶>根>籽实。水稻施钾肥能促进其对钾素的吸收, 增强抗逆性, 增产幅度 13.9%~20.9%。在高产条件下, N、P₂O₅、K₂O 比例应为 1:0.43:0.36。(3)高粱。与玉米相似, 高粱生育前期需钾量大, 后期较少。如拔节期, 根、茎和叶中钾素含量分别为 1.5680%、2.4274%和 2.1950%, 到成熟期分别下降到 0.7325%、1.3675%和 0.5835%。高粱施钾增产幅度 8.5%~10.6%。在高产条件下, 钾肥应全部基施, 其 N、P₂O₅、K₂O 比例以 1:0.50:0.75 为好。(4)小麦。经试验, 小麦施钾肥增产幅度 6.0%~34.3%。在 N、P 水平相同基础上, 施钾肥(K₂O)超过 113 kg/hm² 时, 增产幅度下降。其适宜的 N、P₂O₅、K₂O 比例为 1:0.52:0.42。(5)大豆。大豆对钾反应敏感, 施钾肥能使其吸钾高峰提前。据试验, 在施少量 N 的条件下, 单独施 P 或 K 增产效应不佳。而施 P₂O₅ 75~120 kg/hm², 再配施 K₂O 75~90 kg/hm², 既增产又增收, 增产幅度 13.5%~25.1%。其 N、P₂O₅、K₂O 比例为 1:1.3:1.9。(6)花生。花生需钾量仅次于 N 肥, 而高于 P 肥。在整个生育期间, 花生吸钾速率苗期慢, 进入开花期逐渐加快, 到成熟期下降。花生施钾肥增产幅度 4.0%~36.0%。在施 N 60 kg/hm²、P₂O₅ 130 kg/hm² 条件下, 施 K₂O 90 kg/hm² 效果最好, 其 N、P₂O₅、K₂O 比例为 1:2.0:1.5。(7)向日葵。施钾能促进向日葵干物质的积累量, 其干物质积累有两个

高峰期,即苗期至现蕾期、现蕾至开花期。向日葵不同生育阶段植株氮、磷和钾含量皆叶>茎>根。向日葵施钾肥增产幅度 14.1%~28.6%。定量钾肥以基施和追施各半效益最佳,追肥期以现蕾前 7 d 左右为宜。(8)马铃薯。马铃薯是喜钾作物,据试验,施钾比不施钾的增产 21.3%,效益增加 18.5%。施钾肥能增加块茎的淀粉和维生素含量、并提高耐贮性和商品性。

3 辽宁省钾肥推广应用取得的经济效益

在试验研究过程中,由辽宁省农业科学院土壤肥料研究所牵头,将省内 28 个县(市、区)农业技术推广中心土肥站组成协作网,按统一方案,有组织、有计划地开展钾肥试验、示范和推广工作。据统计,仅从 1993 年至 1998 年的 5 年期间,累计推广应用钾肥面积 183 万 hm^2 ,增产粮食 94 500 万 kg,累计纯增效益 73 213 万元。在国内外有关杂志和论文汇编中刊登有关论文 24 篇。另一方面,由于钾肥的试验、示范、宣传推广工作深入人心,得到了广大农户、政府官员的认可,“控氮、节磷、补钾”也充分体现在辽宁省 20 世纪 90 年代化肥实际消费中(图 1)。1990 年辽宁省化肥 N 、 P_2O_5 、 K_2O 用量分别为 57.4、13.2 和 1.1 万 t,其比例为 1:0.23:0.02;而后的 10 年间, N 逐年略

有增加、 P_2O_5 稳中有降、钾则逐年上升,到 2000 年 N 、 P_2O_5 、 K_2O 用量分别为 66.7、11.1 和 8.3 万 t,其比例为 1:0.17:0.12。在氮磷肥用量基本平稳的情况下,钾肥增长了约 7 倍。与此同时,复合肥料(按纯养分量计)也从 1990 年的 9.7 万 t 发展到 2000 年的 23.7 万 t,其中也含有一定比例的钾。根据 1993 年到 1998 年北方地区进行的大量田间钾肥试验结果,在东北每 kg 氧化钾平均增产春玉米 15.3 kg、稻谷 10 kg、大豆 3.4 kg;在华北每 kg 氧化钾平均增产夏玉米 7.8 kg、稻谷 17.7 kg、小麦 5.9 kg、花生 5.3 kg、皮棉 1.8 kg。算经济账,每投入 1 kg 氧化钾,会有高几倍、甚至 8、9 倍的回报。可见,近十多年钾肥用量的持续稳定地增长是有充分科学依据的。进口钾肥也比进口粮食合算。

辽宁省土壤肥料研究所主持完成的“辽宁省主要土类供钾潜力及钾肥效果研究”和“辽宁省主要粮油作物钾肥肥效及其经济高效施用技术研究”分别于 1996 年和 1999 年获辽宁省科技进步三等奖;辽宁省农业科学院土壤肥料研究所作为主要协作单位完成的“北方土壤供钾能力及钾肥高效施用技术研究”分别于 1999 年获农业部科技进步一等奖和 2001 年国家科技进步二等奖。

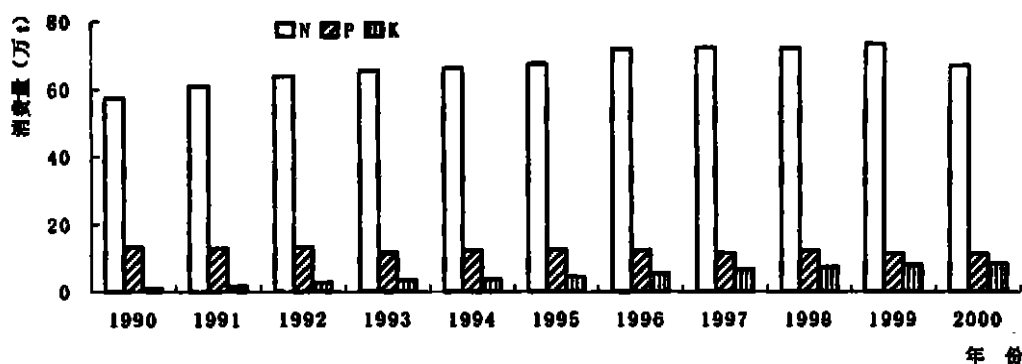


图 1 20 世纪 90 年代辽宁省 NPK(纯养分量)化肥消费情况统计图

4 开展中加国际合作项目的其它收获

4.1 有利于更新观念

在合作研究的初期阶段,有的国人认为,加拿大政府赞助我们搞钾肥试验,就是为了向我国推销钾肥,带有明显的商业动机,谨防被利用。随着我国改革开放的不断深入,市场经济的日益发展,尤其是加入 WTO,人们的观念发生了很大的变化。加拿大是一个钾矿资源非常丰富的国家。相

反,到目前为止,我国可供工业开发利用的钾矿资源很少,察尔汗青海钾肥厂一期工程竣工后,年生产 KCl 只有 20 万 t,远不能满足国内需要。加拿大政府赞助我们搞钾肥试验,在科学依据的基础上,进口一定数量质量合格、价格合理的钾肥是必要的。即使没有外国赞助,我们也要立项从事这方面研究工作,最终也要进口钾肥,合作研究只不过是加速这一进程而已。科技是贸易的先导已被

人们所称道。另一方面, 在我们还只注重作物产量的时候, 加方就强调效益标准, 尤其是关注农户是否能从平衡施肥中获利, 这是钾肥在中国推广应用的根本动力。由此, 加方于 1988 年 11 月、1990 年 8 月和 1992 年 9 月分别在印度、日本和中国举办了三次作物高产、高效学术研讨会。在 1992 年 9 月于北京召开的第三届国际作物高产、高效学术研讨会后不久, 国务院于 9 月 25 日作出了《关于发展高产、优质、高效农业的决定》, 标志着我国农业生产进入了一个新阶段。

4.2 加速先进技术的普及应用

合作研究一开始加方就注意先进技术手段的应用。1989 年 5 月在湖北省武汉举办“土壤养分系统研究法”学习班, 由加拿大钾磷研究所聘请美国国际农业服务公司主任亨特博士(A. H. Hunter)主讲; 系统研究法使对土壤养分的丰缺能充分考虑多元素的交互作用、土壤对投入养分元素的吸附作用、排除各种可控和不可控因子的干扰、获得正确的土壤信息, 为肥料试验奠定好的基础。1991 年、1992 年和 1993 年分别在北京和广州、北京和武汉、北京和沈阳举办“肥料经济学”讲习班, 由国家农业部和加拿大钾磷研究所联合邀请加拿大萨斯卡切温大学农经系 Murray Fulton 教授讲课。肥料是各项农业物资投入中占比例最大的一项, 也是见效快、经济效益高的一项, 多年来, 科技人员在合理施肥方面做了大量的研究工作, 但肥料应用的经济学分析是一个薄弱环节。Fulton 教授重点讲解了市场经济、最大利润与最高产量、存在限制因素情况下的利润优化和项目分析与贴现等, 这些内容在各省试验研究的总结报告中都加以运用。1995 年 3 月在北京举办了“信息技术在土壤养分管理和农业中的应用”计算机网络培训班。由国家科技部韩德乾副部长作了信息技术及其在农业中的应用前景的报告, 聘请了北师大、计算机所等单位的教师讲授计算机网络和 Internet、网络技术及其应用等。今天“上网”几乎是每个微机必备的功能, 而 7 年前, 在沈阳的电信部门还未开展这项业务, 我们只能通过东大北国数据库才能拨号上网。2001 年 4 月和 2002 年 4 月加拿大钾磷研究所北京办事处又连

续两次举办“中加合作信息技术”培训班, 聘请加拿大滑铁卢大学 Douglas 教授主讲 GIS 在土壤养分管理中的应用技术, 并花费巨资购买相应的软件供研究应用。应该说, 中加钾肥合作研究项目, 使全国参加协作的人员在这一研究领域处于领先地位。

4.3 加速人才培养与交流

合作研究项目不仅聘请国内外专家在国内举办各种培训班, 而且还安排项目人员出国培训。辽宁省农业科学院土壤肥料研究所先后选派两名年青的科技干部分别于 1994 年到加拿大萨斯卡切温大学和 2001 年到滑铁卢大学进修。期间, 完成了“阳离子交换树脂膜的吸附特性及在土壤常规分析中的应用”等论文和学习 GIS 技术在土壤养分管理中的应用。合作项目既要求老中青科技人员的结合, 又强调要有女科技人员参加, 以示男女平等。在项目执行的 15 年中, 一些起开路先锋作用的老同志陆续退休了; 一些年青同志成长起来, 壮志雄心、再攀高峰; 新一代青年科技工作者的加入, 则使队伍中高学位的比例剧增。自 1988 年加入 PPI/PPIC 中国项目部, 并于 1989 年以来一直任中国项目部主任、多次来过辽宁的 Sam Portch 博士 2002 年已 65 岁, 即将退休。就用他不久前说的话来结束本文吧。他说: PPI/PPIC 中国项目部由当时的一位博士(指 Portch 本人和他的前任)扩展到目前的七位博士(指 PPI/PPIC 北京办事处、武汉办事处、成都办事处工作人员), 强烈地显示出了 PPI/PPIC 对中国和中国农业发展的重视。过去的 15 年我很高兴能在中国工作。中国同仁们的合作取得了很大的成就, 这对我来说是很好的回报。过去的 15 年中国的迅速发展, 使大多数人民明显受益。我去过中国很多地方(我去过所有的省、很多市和地区, 有些不止一次), 能有机会见识到中国农业及其它方面的快速发展是我难忘的经历。

参考文献:

- [1] 谢建昌, 周建民. 钾与中国农业[M]. 天津: 河海大学出版社, 2000.
- [2] Sam Portch. PPI/PPIC 中国项目部的变动[J]. 高产施肥, 2002(3): 29.
- [3] 辽宁省统计局. 辽宁统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001.