

第一节 肥料在农业持续发展中的作用

一、肥料使用的进展及其在农业生产中的作用

中国是一个历史悠久的传统农业国家，在几千年的农业生产中，农田养分的投入主要依靠有机肥。直到1949年，中国使用的肥料资源中，还几乎百分之百都是有机肥。随着工业发展和技术进步，化肥的施用逐年增加。70年代以来，化肥使用量进入了快速增长时期。到80年代以后，化肥投入量的比重已超过有机肥，到1995年，中国化肥施用量已占当年农田养分投入总量的67.8%（李家康，1999）。

中国的化肥使用，大体经历了三个阶段：即60年代前的氮肥施用阶段；60年代的氮、磷肥施用阶段；70年代以后中国南方进入氮、磷、钾肥配合的平衡施用阶段。

近年来中国化肥生产和进口增加较快。用量由1980年的1269万t增加到1998年的4086万t，平均每年增加157万t，年增长率12.4%。目前，中国化肥的生产总量和施用量均已占世界的第一位。与肥料特别是化肥施用量增长的同时，中国粮食生产在逐年增加。自1949至1997的四十多年间，粮食增加了4.4倍，人均粮食由1949年的250kg增至400kg。1995—1997年连续三年农业丰收，1996年粮食总产量已突破50000万t。

纵观整个粮食生产和化肥施用的历史，全国粮食总产量和化肥总消费量之间基本上存在着正相关关系，化肥已成为影响粮食生产的最主要的因素之一。据有关部门统计，在粮食增产的诸因素中，肥料的贡献率为32%，高于灌溉（28%）、种子（17%）、农机（13%）等因素。

肥料的作用还远不止于对当季作物的增产作用。施肥增加了生物产量，大量根茬留在土壤里。收获的秸秆增多，秸秆中养分含

量也增多，扩大了土壤有机质和有机肥来源。

投入农田的化肥，在当季作物收获后，都有相当数量残留于土壤中，供后季作物利用。更为重要的是，连续多年合理施肥的结果，提高了土壤肥力。一些发达国家，长期以来重视了肥料的投入，因此土壤的贮备态和有效态养分均达到了很高的水平，为作物的高产、稳产创造了条件（参见下节）。中国不同肥料的投入还不平衡，但有些元素的土壤肥力状况随着肥料投入的增加而得到了显著改善。根据鲁如坤（1998）的计算，在近 50 年中投入耕地的磷肥（ P_2O_5 ）已高达 1 亿 t 之多。考虑到当季利用率和后效以 50% 被作物吸收计，则实际累积在土壤的磷约在 5000 万 t P_2O_5 以上相当于每公顷积累 375 kg P_2O_5 ，以 5%~10% 转化为有效磷形态，则全国土壤有效磷水平和 1949 年相比应提高 4~8 mg · kg⁻¹。

中国大部分耕地开垦年代久远，利用强度高，土壤肥力一般偏低。建国以来，进行得很有成效的低产田改良及现在农业部推行的“沃土计划”都把施肥当作其中的一个主要措施。

此外，还要看到，只有施肥等措施配合得当，良种的增产潜力才能发挥。在这方面 奚振邦（1998）作了很好的阐述。现代作物育种的一个基本目标是培育能利用大量肥料养分的作物新种，以增加产量，改善品质。因此，高产品种可以认为是对肥料的高效应品种。实质上，高产品种是能吸收利用更多的养分，并将其转化为产量的品种。例如，以德国和印度的各自的小麦良种与地方种相比，每 100 kg 产量所吸收的养分量基本相同，但良种的单位面积养分吸收量是地方种的 2~2.8 倍，单产是地方种的 2.14~2.73 倍。因此小麦育种家 N. E. Borlaug 一再强调，肥料对于以品种改良为突破口的“绿色革命”具有决定性意义。

中国杂交稻的推广也与肥料投入量密切相关。据湖南农科院土肥所报告，常规种晚稻随施肥量的增加单产变化不明显，而杂交晚稻（威优 6 号）则随施肥量的增加而增加了养分吸收量，单产也相应提高。每公顷产量 稻谷 + 稻草 的养分吸收量 杂晚较常晚多

吸收 $N_{21} \sim 54\text{kg}$, $P_2O_5 1.5 \sim 15\text{kg}$, $K_2O 19.5 \sim 67.5\text{kg}$ 。因此,肥料投入水平成为良种良法栽培的一项核心措施。

二、肥料需求展望

(一) 未来粮食生产面临的艰巨任务

到 2030 年,我国人口将进入最高峰,达 16 亿。中国每年食物需求量几乎占世界总生产量的 $1/4$ 。因此“谁来养活中国”的问题是关系到中国乃至世界生存发展的重大问题,已引起世人普遍的关注。

在今后相当长的一段时期内,人均粮食消耗仍会处于消费结构快速转换和消费水平快速增长的时期。也就是说,到 2030 年,人民的生活水平显著改善,人均耗粮将会达到一个新的水平。根据中国科学院国情小组的调查,1995 年北京、上海、天津三大城市的人均粮食消费量已达到 483kg 。若以此作为全国人均粮食在 2030 年的消费水平,我们的粮食总产应突破 7700 亿 kg 。若以较低水平的 450kg 计算,其总产也要达到 7200 亿 kg 。若以人均粮食占有量 400kg 计,那时粮食总产应达到 6400 亿 kg 。若粮食总产要达到 7200 亿 kg 的目标,在保持现有耕地面积不变的情况下,粮食单产要比现在增长 47% 。若增加到 6400 亿 kg ,粮食单产也要增长 31% 。

要实现下世纪粮食生产目标,保障粮食安全,还面临着许多困难和挑战。

首先农业资源人均占有水平低,人口与资源的矛盾日趋尖锐。中国人均耕地只有世界平均水平的 $1/3$,人均水资源只有世界的 $1/4$,今后还有继续减少的趋势。

就耕地来说,随着经济建设的发展,各业用地需求量剧增,近 10 年每年减少 36万 hm^2 ,人均耕地数量逐年下降。人均耕地占有量由 0.09hm^2 下降到 0.08hm^2 ,今后人增地减的矛盾将长期存在。

中国耕地还存在严重的退化问题。由于农业资源的不合理利

用乱砍滥伐、盲目开垦、过度利用及资源浪费等)已经导致了严重的生态问题。据初步估计全国土地退化的面积约占全国耕地总面积的 60%以上。

此外,农业生产基础设施薄弱,生产手段落后,抵御自然灾害的能力较差。中国农户生产规模较小,经营分散,容易加剧粮食生产的波动。

当然,实现中国粮食安全也具有潜力。除了开发后备资源,加大科技进步,提高耕地复种指数,提高资源利用率,规模经营等方面尚有潜力外,培肥土壤,改造中低产田,提高单位面积产量尚有很大的潜力。中国现有耕地中 2/3 是中低产田,粮食每公顷只有 3000kg~5000kg 比高产田低 50% 以上,通过采取综合措施改造中低产田,可以大幅度提高粮食的单产水平。因此,中国要在有限的耕地上保障粮食安全,必须主攻单产的提高。

(二) 肥料供应和使用上存在的问题

在肥力普遍偏低的土壤上,增施化肥是提高产量,实现 21 世纪粮食安全保障的一个重要措施,但中国在化肥供应上仍存在一些问題。

1. 化肥生产总量仍然不足

近 50 年来中国化肥的生产发展迅速。但是和农业对化肥日益增长及平衡供应养分的需要相比,仍有很大的差距。

首先是化肥生产量与需求的矛盾。国产化肥只能满足需要量的 70%左右,每年进口化肥约一千万吨,耗外汇三十多亿美元。因此需加大国内投入增加化肥产量。

国内的生产量加上每年的进口量,按 1.33 亿 hm^2 计算,1997 年中国每公顷耕地平均施用化肥 299kg 按播种面积 2.08 亿 hm^2 计算,每季作物的每公顷化肥施用量仅为 191.4kg 在世界上属中等水平,低于日本等国的施用水平。

在计算化肥的耕地面积平均用量时,果园、茶园、桑园、橡胶园等未包括在耕地面积内。经济作物化肥用量已迅速增加到占化肥

用量的 30%~40%。根据阎鹏的资料表明,山东省化肥用量已居全国第一位。1997年山东省的化肥施用总量分配的情况是,粮食作物用肥占 58.9%、果树用肥占 12.5%、蔬菜用肥占 28.7%。根据马奇文等的调查,山东省从 1981年到 1996年以来粮食作物投肥所占比例下降,蔬菜瓜类和果树上升,但投肥绝对数量均增加,所增加的养分大约 50%投到粮食作物,25%投到蔬菜瓜类,20%投到果树。根据戚光的资料,即使粮食作物用肥比例大的吉林省,“七五”和“八五”期间粮食作物用肥分别也只占化肥总量的 81.3%到 83.1%。

以上说明,用于经济作物的化肥总量在增加。看来,我们通常以历年来特别是近年来化肥总量与粮食产量相比较绘出的曲线图和求得的相关系数是不够确切的,因为用于粮食作物上的肥料并没有这么多。

今后除了粮食作物提高单产和经济作物的进一步发展需要增加肥料供应外,还应看到今后在经济林木、速生林木、苗圃、畜牧和水产业的某些方面对化肥需求的增长。

2. 养分比例和品种结构还需进一步调整

1997 国产化肥的氮磷钾比例 ($N : P_2O_5 : K_2O$) 为 1 : 0.31 : 0.013 加上当年进口,施用化肥的氮磷钾比例,不含复合肥时为 1 : 0.32 : 0.14。含复合肥时磷的比例提高。施用化肥中磷的比例已基本满足,而钾的比例仍然偏低,故在今后需要重点解决钾肥问题。

国产化肥高浓度产品产量仅占 48.5%。国产化肥的平均浓度(养分含量)为 27% 离国际上平均 40%的养分含量相差甚远。化肥的复合化不够。1997年三元复合肥及复混肥实物产量为 636.6 万 t 占化肥总量的 7.69%。在当前氮肥已基本满足需要的情况下应大力发展高浓度的磷钾肥以及专用复混肥生产。

3. 肥料效益不高

化肥已成为农民生产投资中最大的物质投资,化肥支出占全

部生产性投资的 50% 以上。当前用好肥料，发挥肥料的_{最大}效益，并减少农业施肥所带来的污染，需要迫切解决下面几个问题。

1) 提高氮肥利用率，减少氮肥损失及环境污染

目前我国化肥的当季利用率氮约为 30%~35%，磷约为 10%~20% 钾约为 35%~50%。我国的化肥利用率低于世界发达国家 10~15 个百分点，如何提高化肥利用率，特别是氮肥的利用率，近年来已引起广泛的关注。

我国农田土壤普遍缺 N，增加氮肥投入是发展农业生产的关键措施之一。我国的 N 肥增长很快 到 1998 年已达 2234 万 t。对促进我国农业生产的发展发挥了重要作用。但是氮肥利用率低，损失大的问题较为突出，增产效用没有得到充分发挥，而且还引起了一些环境问题。

大田中氮肥的损失率估计为 45% 左右。损失的氮素大部分进入地表水和地下水。使湖泊、水库水质的富营养化问题日趋严重，特别是长江中下游密集型农业地区。地下水的污染状况也令人担忧，如北京郊区十年间地下水硝态氮的浓度增加了近 2 倍。地下水硝态氮增多的主要原因，是由于氮素化肥的大量使用。研究结果表明 在地表水 湖泊等 中 硝态氮的污染氮素化肥占了 50% 以上，如太湖流域的地表水污染。

氮素损失产生的另一危害是，大气中氧化亚氮排放量增加。

氮肥施用过多，也使蔬菜硝酸盐含量增加，不少城市有蔬菜硝酸盐含量超标的报告，有的还很严重。

氮肥利用率低，也给经济上带来很大损失。我国每年所施用的 2000 多万 t 化肥 N 中 损失的数量约达 900 多万 t N 相当于尿素 1900 多万 t。如果按每吨尿素售价 2000 元计 共折合人民币 380 多亿元，可见经济损失之严重。

提高氮肥利用率的措施有以下几个方面：

(1) 氮肥的宏观分配要合理。目前沿海各省、城市周围，老商品粮基地施肥量过高，而边远地区施肥量低。地区间 N 肥施用量

极不平衡，一些低产地区的 N 肥施用量很低，每季作物每亩 (0.067hm^2) 只有 $3\sim 5\text{kg}$ 但在一些高产高肥地区 有的每季作物已达到 $18\sim 20\text{kg}$ 太湖地区水稻在 20kg 以上。一般，每季作物施用 $10\sim 12\text{kg}$ ，已能达到比较高的产量水平。

(2) 改进施肥技术。已提出或尚在研究中的技术很多，如氮肥的适宜施用量，施用时期和施用方法，合理的水肥综合管理技术，平衡施肥技术等。

(3) 对肥料本身进行改性，开发更适应作物生长需求的新型肥料，如缓释肥料。

(4) 利用植物营养分子生物学技术，选育具有营养高效型的作物品种。

通过各种办法，希望能使氮肥的利用率提高 10% 以上。

重要的是在施肥的指导思想上应贯彻‘高质、高效、高产、低耗、无污染’的目标。

2) 深化有机肥应用技术研究，加强有机肥与化肥的配合施用，提高农田养分再循环能力

有机肥在改土、培肥上的重要作用人人皆知。有机肥料与化学肥料配合施用是我国施肥技术的基本方针，是我国传统的施肥制度。但是近年来随着农村劳动力的转移 劳动工值的上升 农民增积有机肥的积极性不高，有机肥增积量减少，施用量下降。就秸秆而言，其中直接还田的约占 10% 左右 用作饲料‘过腹还田’的大约 25% 用作燃料的 30% 用作工业用的少于 5% 因而有 30% 以上秸秆剩余，在经济发达地区剩余量高达 $70\%\sim 80\%$ 。一些大城市的垃圾、粪便基本无出路。

有机肥料是我国农业中的一项重要的养分资源，忽视有机肥料的利用，不仅是资源的浪费，而且还将污染环境。

作物从土壤中吸收养分，一部分随粮食移走，但粮食消费以后的排泄物仍然可以还田，另一部分养分存在于作物秸秆中，可直接还田或过腹还田，这样可使从土壤中移走的大部分养分再回到农

田，以实现肥料资源的高效循环利用。虽然这种循环不可能百分之百将养分回收，但可以大大减少化肥的投入，同时也可以减少有机肥处理不当和化肥过量施用带来的污染问题。

有机肥的处理利用，还存在着很多技术问题，这也是影响有机肥使用的原因之一。如粪肥的无害化处理和利用，城市垃圾和污泥的无害化处理，秸秆综合利用技术，秸秆的快速腐熟技术等。这些技术问题的深入研究和解决将会促进有机肥料的应用。

在有机肥的使用方面，国外的某些观点值得商讨。本世纪以来一些发达国家的有机农业或生态农业的倡导者在经营自己的有机农场时绝不施用化学肥料，怕化学肥料产生污染，而完全放心地施用包括家畜排泄物和农业废料在内的有机农肥。事实上，不适当地施用有机肥和有机肥资源管理不当可以产生某些严重的生态风险，如导致地下水硝酸盐污染和地表水体的富营养化，加剧农田氧化亚氮和甲烷排放，引起农产品尤其是蔬菜中硝酸盐的积累等。单独施用有机肥，靠农业有机物中养分的再循环利用，也不能达到稳产高产的目的。

3) 建立和健全有技术支撑的农化服务体系，大力推广平衡施肥等先进施肥技术

一般说，作物的生长发育受环境中保证程度最低的那个因素的限制。合理的施肥应该是既能满足作物对各种养分的充分需要又能有适宜的比例。均衡地或平衡地供应作物必需的各种营养元素的施肥原则称平衡施肥。

平衡施肥是科学施肥技术的核心，因土因作物，按一定配方生产的复混肥是推广平衡施肥的最佳载体。

近年来，广大的农业科研和推广工作者在平衡施肥的试验研究和推广中做了大量工作，也取得了很大成绩。但由于我国农户的耕地面积小而分散，农民文化技术水平不高，农化服务体系还没有建立或健全起来 加上肥料的生产、销售、使用相脱节 因此目前农民的施肥还存在较大的盲目性。科学施肥技术到位率低，根据江苏

省的统计 按科学施肥的只占 15%左右。

由于没有农化服务体系的建立和运行，在科学施肥的研究与应用方面已积累的许多宝贵经验，不可能有效地推广，众多单项技术也不能因地制宜地加以优化组装推广。

目前世界发达国家都建立了各种农化服务组织，尽管名称不同 形式不一 但都是为农民提供各种生产服务、技术服务、物资供应、销售服务等。从土壤养分测定和作物养分需求分析，到提出肥料配方，根据配方进行肥料的生产 and 销售，一直到施用方法的推荐等，已经形成了比较完备的服务体系。这些经验值得我们借鉴。

因此 我国必须加快建立和健全农化服务体系 做好“测、配、产、供、施”一条龙全程系列服务。首先要建立和改善现有各级的农化服务体系，并逐步形成服务产业化集团，这是实施技物结合的组织保证。五个环节 必须环环紧扣 不能脱节 以县级为单位统一测土 提供配方 以乡和村建立配肥站 生产掺混肥 统一供肥 这样可以节约能源，减少流通环节，降低成本，避免假冒伪劣化肥坑农，便于农民买到适用的配方肥料和掌握科学施肥技术。

显然，农化服务体系必须有过硬的技术依托。要了解当地作物的养分吸收比例和需肥规律，了解土壤的供肥特性和肥料效应，根据轮作体系特点，并同时考虑不同肥料品种的搭配，建立计算机施肥专家系统，实现特定区域内真正的平衡施肥。

总之，农化服务体系是科学施肥技术得以推广的桥梁和纽带。近年来，随着农村经济的发展，农村迫切需要建立社会化服务体系 农民也要求搞好“测、配、产、供、施”一条龙服务。

第二节 钾肥生产、使用和供需前景

一、世界钾盐生产概况

(一) 世界钾碱资源

地壳中钾元素含量丰富(平均含钾 2.35%)居元素的第七位。主要含在长石、白云石、花岗岩和片麻岩中。这些难溶性含钾矿物的开采利用,理论上可行的,但耗能太大。海水中平均含钾约 0.038% 海洋中钾的储量达 $120 \times 10^{12} \text{t}$,尚无直接利用的价值。其他来源如地表或地下卤水,数量有限。来自其他工业(铝氧、水泥、制糖等)副产的钾肥数量极少。

钾肥工业的主要原料是由海水蒸发而沉积的可溶性钾盐矿,包括钾石盐、无水钾镁矾、钾盐镁矾和光卤石等。钾石盐($\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$)含 K_2O 6%~38% 无水钾镁矾($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$)含 K_2O 22.6% 钾盐镁矾($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)含 K_2O 18.9% 光卤石($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)含 K_2O 17.0%(原化工部科技情报所,1992)

世界钾碱资源比较丰富,已探明的工业储量在 $200 \times 10^8 \text{t K}_2\text{O}$ 以上。据估计世界总资源将超过 $1400 \times 10^8 \text{t}$ 其中以加拿大的萨斯喀彻温为最多,约占世界总资源的 2/3。

根据 J.K.Syers 的报导(1998)已知高质量的钾矿储量(即在目前或接近市场价格下可以开采利用的)为 $9 \times 10^9 \text{t} \sim 20 \times 10^9 \text{t}$ 。总资源达到 $150 \times 10^9 \text{t K}_2\text{O}$ (即由于费用或其它限制因素不能在现在的价格下开采,但以后有可能)。因此世界持续很多世纪会有高质量的钾资源。这与磷的情况形成了鲜明的对比,矿质岩的平均 P_2O_5 含量由 1980 年的 32.7% 下降至 1986 年的 29.5% 高质量的磷矿资源消耗得很快。

另据美国地调局估计,1998 年世界钾盐储量 $840 \times 10^8 \text{t K}_2\text{O}$,

1997年钾盐产量为 2353 万 t K_2O , 即使按世界钾盐产量年均增 1.5% (高预测方案) 现有探明储量亦可保证年限高达 120 年。世界钾资源主要分布在加拿大、俄罗斯、德国 钾盐储量分别为 44 亿 t、28 亿 t、7.5 亿 t 与我国毗邻的泰国、老挝也有丰富的钾盐资源, 对我国利用国外资源有重要意义 (何贤杰等, 1999)。

(二) 世界钾盐的生产和消耗

1861 年德国建立了世界上第一座生产氯化钾的工厂。随后, 法、美、苏、加等相继发现了巨大的钾盐矿床 从而使钾盐的生产得到迅速发展。到 1944 年 已有 5 个国家生产钾盐, 总年产量约 $300 \times 10^4 t K_2O$ 直到 1963 年才超过 $1000 \times 10^4 t$ 。但至 1972 年的不到十年间就跃增到近 $2000 \times 10^4 t$, 是世界钾盐产量增长最快的时期 (谢建昌 1994)。

目前世界上共有 13 个国家开采钾盐, 主要是开采钾石盐及少量光卤石。

1995/1996 年, 世界钾肥生产和出口主要集中在加拿大等 8 个国家 (表 2-1), 它们的生产总量占世界的 92.3% 出口量占 94.5%。钾肥生产量最多的 4 个国家依次是加拿大、德国、俄罗斯

表 2-1 世界钾肥生产和消耗的主要国家 1995/1996)

Table 2-1 The world's major countries producing and consuming fertilizers

生产量 % Production %		消耗量 % Consumption %	
加拿大 Canada	35.4	美国 U. S. A.	23.3
德国 Germany	14.5	中国 China	14.7
俄罗斯 Russia	12.4	巴西 Brazil	8.0
白俄罗斯 Byelorussia	12.3	法国 France	7.1
以色列 Israel	5.8	印度 India	5.5
约旦 Jordam	4.7	马来西亚 Malaysia	3.4
美国 U. S. A.	3.7	德国 Germany	3.1
法国 France	3.5	英国 Britain	2.3
共计 Total (%)	92.3		67.4
世界总量 World total amount ($10^6 t$)	22.7		21.1

和白俄罗斯。消耗量依次为美国、中国、巴西和法国。世界生产的钾肥有 80% 是通过国际贸易来分配的。中国的钾肥生产量只占世界的 0.34% 而消耗量占 14.7% 可见中国钾的资源短缺 主要依赖进口。

1997 年 世界钾盐生产的六大生产国 (加拿大、独联体、德国、美国、以色列和约旦) 的钾盐产量约占世界总产量的 90%。它们占世界总产量的百分率, 分别为 35.6%、26.2%、13.4%、5.9%、5.7% 和 3.4%。

1998 年, 世界主要钾肥公司的钾肥生产量列于图 2-1。

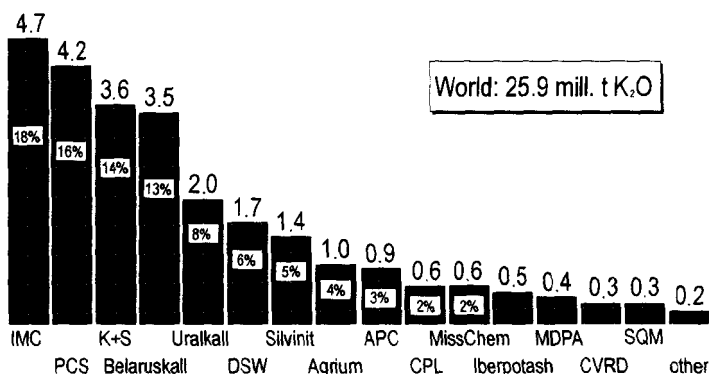


图 2-1 1998 年世界各钾盐生产者的钾肥生产量 (10⁶t K₂O)

Fig. 2-1 World potash production 1998 by producers in million t K₂O(K+S)

图 2-1 中生产者的全称或所在国家如下: IMC; 国际矿业和化学公司 (美国); PCS; 萨斯喀彻温钾肥公司 (加拿大); K+S; 钾和盐公司 (德国); Belaruskall; 在白俄罗斯; Uralkali, Silvinit; 在俄罗斯; DSW; 死海公司 (以色列); Agrium; 在美国 APC; 阿拉伯钾肥公司 (约旦); CPL; 在英国 Miss-chem; 密西西比化学公司 (美国) Iberpotash 在西班牙; MDPA; 阿尔萨斯矿业公司 (法国); CVRD; 在巴西 SQM; 化学和矿业协会 (智利)

从 1988—1997 年世界钾盐生产量和消费量的变动情况 (表 2-2) 可以看出, 生产和消费深受世界经济状况和农业生产需求的影响。

表 2-2 世界钾盐生产量和消费量 (10⁴t K₂O)

Table 2-2 World's production and consumption of potash

年份 year	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
生产 production	3188.1	2931.4	2737.3	2619.1	2410.1	2034	2261.0	2423.1	2327.9	2535.0
消费 Consumption	2785.5	2677.8	2433	2297.1	2040.1	2000	1910	2100	2260	2460

1988年世界钾盐消费量达到高峰值 2785.5 万 t K₂O (下同) 后,1989年以来随着世界性的经济萎缩而不断下降,1994年达到 1910 万 t 谷底。这一数字仅为 1988年峰值的 68.6%。钾盐消费量下降的主要原因是东欧和前苏联地区政体剧变后爆发的严重经济危机,造成该地区农业生产荒废,需求急剧下滑。这对世界钾盐生产和消费格局产生了重大影响。以前苏联为例,1987年该地区钾盐消费量达到创纪录的 705.2 万 t 占世界总消费量的 26% 比消费量居世界第 2 位的美国要高 56.3% 前苏联解体后,该地区钾盐消费量急剧下降到 1994 年的 200 万 t 仅为 1987 年最高消费量的 28.4% 在世界总消费量中的比重也随即下降至 1994 年的 10.5% 比 1987 年下降 15.5 个百分点。消费量的急剧萎缩导致生产量急剧下滑。1987—1994 年期间,前苏联钾盐产量由 1088.9 万 t 急滑至 1993 年的 470 万 t,6 年间产量下降 56.8% 在世界钾盐总产量中的比重也 由 36.3% 下降到 23.1% 下降了 13.2 个百分点。从此以后,前苏联在世界钾盐生产和消费体系中的地位便一落千丈,而加拿大取而代之,成为世界钾盐生产第一大国。世界钾盐消费量下降的另一重要原因是,西欧各国受农业政策的影响以及有关肥料使用的环保法规的限制,钾肥消费量有了较大减少。到 1994 年以后,随着世界经济恢复性增长,钾盐的消费量才有所回升,1997 年达到 2460 万 t 但仍比高峰的 1988 年低 11.7% (何贤杰,1999)。

但是，在前苏联和西欧钾肥消耗量下降的同时，亚洲一些国家，特别是中国的需求量仍在继续增长。

(三) 世界钾盐的供需前景

1999—2003年世界钾盐供需平衡预测列于表 2-3。世界钾盐生产能力是过剩的，以 1999 年预测为例，1999 年钾盐生产能力为 $36.29 \times 10^6 \text{t}$ 实际生产量 $30.90 \times 10^6 \text{t}$ 即只占生产能力的 85%。当年的钾肥需求量为 $22.35 \times 10^6 \text{t}$ 占生产能力的 62% 占实际生产量的 72%。钾肥需求量加上非肥料用量（工业用）占生产能力的 67%，占实际生产量的 80%。当年的钾肥剩余量占生产量的约 17% 直至 2003 年钾盐生产能力仍将过剩。

表 2-3 世界钾盐供需平衡预测(10^6t)

Table 2-3 Prediction of balance between potash supply and demand in the world

	1999	2000	2001	2002	2003
生产能力 Capacity	36.29	36.46	36.60	36.73	36.99
实际生产量 Production capacity	30.90	31.18	31.32	31.46	31.71
非肥料用量 Non fertilizer use	2.23	2.23	2.23	2.23	2.23
可用于肥料量 Available for fert.	27.75	28.02	28.16	28.29	28.53
肥料需求量 Fertilizer demand	22.35	22.92	23.52	24.10	24.72
肥料剩余量 Balance	5.4	5.1	4.6	4.2	3.8
肥料剩余量占生产量的 % % of prod, capacity	17	16	15	13	12

随着钾肥用量的逐年增加，钾肥剩余量占生产量的百分率有所下降。根据预测自 1999 至 2003 年在钾盐实际生产量增加不大的情况下，钾肥剩余量占生产量的百分率将由 17% 下降至 12%。

根据估计自 1995 至 2000 年，各种肥料的需求均会有所增

长 钾增长约 13%。估计世界钾肥消耗量平均年增长约 2%~4%。

二、中国钾矿资源

由于农业生产对钾肥的需求在日益增长，因此人们对国内钾矿资源状况很关心，现简介如下。

广义的钾资源，主要包括钾石盐 (KCl)、各种含钾盐类如钾盐镁矾 ($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)、光卤石 ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、杂卤石 ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_2 \cdot 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 等以及各种不溶性钾资源如明矾石、钾长石、含钾砂页岩等。但是真正在工业上可供大规模开发利用的 主要是钾石盐和光卤石 (统称钾盐)

(一) 固体可溶性钾矿资源

全世界 90% 以上的钾肥，都是以含钾的氯化物、硫酸盐及它们的复盐加工制成的。中国地域辽阔，成盐地质时代多。除志留纪和二叠纪外，均有蒸发盐类形成，食盐盆地分布也较广泛。找钾工作从 50 年代后期开展以来，虽已先后在青海、云南、四川、湖北、山东、河南、陕西、广东、新疆等省区含盐盆地发现不少含钾线索，但真正已找到可供工业开发利用的钾矿资源却很少。青海察尔汗盐湖是中国最大的钾矿资源基地，云南江城思茅的钾矿储量也不算大。因此严格地说，中国固体可溶性钾矿资源至今并未取得实质性的突破，其找矿前景不容乐观。主要在于中国钾矿资源成矿的条件不够理想，找钾工作难度大，找钾研究的深度和广度不够 (林耀庭，1994)

(二) 盐湖钾矿资源

中国是世界上盐湖资源最丰富的国家之一，西北地区的青海、新疆、西藏、内蒙古等省区形成了中国盐湖的主要发育区。中国盐湖以数量多、类型全、资源丰富、富含稀有元素而著称于世。钾的储量占中国已探明总储量的 98% 以上。

盐湖钾矿资源，除在内蒙古、西藏等现代盐湖中也有少量伴生外，99% 以上的储量分布在青海省柴达木盆地，保有储量 (截

止 1996 年底 总计为 4.43 亿 t(其中固体钾盐矿围 0.22 亿 t),工业储量为 1.46 亿 t(其中固体钾盐储量为 0.11 亿 t)(马培华, 1999)

据另一报导(何贤杰等,1999)地处柴达木盆地的察尔汗盐湖拥有可利用钾盐储量 3600 万 t KCl 是中国最大的钾盐矿区。国家于 1986 年开始在察尔汗投资兴建青海钾肥厂。一期工程设计年产 KCl 20 万 t,已于 1993 年底竣工投产。钾肥厂主要利用卤水矿。卤水经天然蒸发沉淀出光卤石,采用冷水分解→浮选→洗涤的工艺流程生产 KCl。二期工程设计规模为年产 KCl 80 万 t 将引进以色列冷结晶加工技术,并与以色列联合发展公司和死海工业有限公司合资建设。

(三) 硅酸盐矿物和岩石

地壳含钾约 2.35%,硅酸盐矿物和岩石中有不少是含钾较高的。钾长石在我国储量极大,分布很广。但利用这种不溶性的含钾岩石生产钾肥是世界性的难题。

国内外早已开始研究由钾长石生产钾肥问题,两次世界大战期间 还曾出现两次研究高潮 先后研究了热法(焙烧、煅烧、熔炼、熔融—挥发)、酸法、碱法、盐法、等离子法、电解法、微生物法、综合利用法等,但能用于工业生产的成果至今尚无。

解放后,我国十多个省、市对钾长石制钾肥表现出高度的积极性,进行了大量的试验研究工作,取得了不少技术进展。但在目前具体条件下,绝大部分方法在技术经济上还是过不了关。据报道,一些综合利用类的方法,尤其与热法结合的方法,可能有工业化前景(田改仓1994)。

最近郑达兴(1999)报导,我国含钾岩石十分丰富,含钾岩石是指以海绿石、伊利石为主要含钾矿物的碎屑类、泥质类和火山凝灰质类岩石。包括海绿石砂岩,海绿石伊利石粉砂质页岩,海绿石伊利页岩,伊利石粘土岩和中酸性、酸性凝灰岩等。它们属层状结构云母类不溶性钾矿资源,在我国分布广泛,储量丰富。据有关资料

初步统计，可作为农用的含钾岩石已探明的储量，折合 K_2O 约 50 亿 t。

傅平秋等 (1999) 在贵州省对含钾岩石在农业上的应用作了大量研究，认为含钾岩石经“活化法”（即在含钾岩石中加入具针对性的“活性剂”处理所得的“产品”）其有效 K_2O 为 3%~5%，还含有有效 Si、Ca 和微量元素，并开始在一定规模上进行示范试验和推广使用。

(四) 其它液态钾矿资源

深层的地下富钾卤水、含钾热卤水、含钾油气田水、海水苦卤等液态钾矿的开发和回收利用，虽有一定的开发前景，但产量有限，不能作为钾肥主要来源。

中国已探明的可溶性钾矿工业储量只占世界的 0.5%。钾肥生产量仅占世界产量的 0.6% 左右，而 1995 年消耗量占世界的 13%。总之，我国钾矿资源缺乏，从目前情况看，我国钾盐资源远景不容乐观。

专家们提出的我国 2000 年对钾的需求量约占届时世界预期消耗量的 27%。青海钾肥厂扩建完成后，预计可年产 80 万 t 氯化钾 (48 万 t K_2O)，可以缓解我国缺钾的问题，但这也只能满足近期需要量的 1/10 左右。即使在国内发现新的钾矿，一般从发现到开采也需要十多年之久。因而我国农业缺钾的矛盾将在相当长的时期内存在。

三、中国钾肥的使用现状和需求前景

(一) 钾肥使用进展

回顾 50 年来我国化肥的使用情况，可以看到我国钾肥应用的发展过程。在 70 年代前，基本上没有矿质钾肥供应。70 年代中期以来，氮、磷肥用量大幅度增长，而钾肥用量仍然很少。如广东省 1979 年矿质钾肥销售量按每公顷耕地计算，仅有 12kg，浙江省仅 7.5kg。自 80 年代初开始，钾肥用量逐步增加，氮磷钾比例 (N :