

钾资源的地球化学背景及其开发利用

周 俊 朱 江 储国正 胡礼军

摘要：本文从我国可溶性钾资源严重匮乏的现状出发，分析阐明了钾的地球化学背景和资源的自然赋存，由此总结出改变我国钾肥短缺局面、开发利用潜在钾矿资源的几种有效途径。

关键词：钾资源；地球化学背景；含钾矿物与岩石；开发利用

中图分类号：TD859 **文献标识码：**A **文章编号：**1000-6532(1999)04-0036-05

The Geochemical Background of Potassium Resources and Its Exploitation

ZHOU Jun¹, ZHU Jiang¹, CHU Guo-zheng², HU Li-jun³

(1 Anhui Agriculture University, Hefei, China)

(2 Bureau of Geology and Mineral Resources of Anhui Province, Hefei, Anhui, China)

(3 Hefei Technology Seminary, Hefei, Anhui, China)

Abstract: Based on the status of the serious lack of the dissolvable potassium mineral resources in China, this paper elucidates the geochemical background of potassium and the occurrence of potassium mineral resources in nature, and thereout summarizes some of effective avenues of approach which can alter the situation of Chinese potassium fertilizer hard up, and exploit and utilize the potential potassium mineral resources.

Key words: Potassium resource; Geochemical background; Exploitation and utilization

钾肥生产在很大程度上依赖于钾矿资源，世界上大约90%的可溶性钾盐都用来制造钾肥。所以钾矿资源的拥有量和赋存状态直接决定着钾肥的生产和产量，对农业生产和发展至关重要。

1 我国钾资源状况及钾肥需求

世界钾矿资源十分丰富，迄今已发现较大的钾盐盆地有30多个，已探明资源储量约220.6亿t。由于资源丰富，当前世界钾肥生产能力明显过剩，总产量已远远超过总消

费量。主要生产国有前苏联、加拿大、德国、法国和美国，其中，前苏联和加拿大是世界上最大的钾肥生产国和主要出口国，其产量约占世界钾肥总产量的60%。

我国是农业大国，有15亿亩耕地，但长期以来钾肥产量很低。近年来，随着农业现代化建设的发展，钾肥消耗量也在不断提高，产需矛盾日益突出。与世界钾肥产量和耕地施钾水平相比，我国钾肥施用量远远不够，而且产不敷需、资源短缺。当今世界上一些发达国家耕地氮、磷、钾施用比例(按N P₂O₅ K₂O计算)为1 1 0.85，其中根据各国情况不同，以氮为1，磷的变化范围在0.33—1.12之间，钾的变化范围在0.33—0.89之间。而我国由于钾资源储备和生产都严重不足，长期以来仅为1 0.28—0.29 0.03—0.039。这已给我们这个农业大国带来了严重危害。由于“三要素”生产施用比例长期严重失调，导致缺钾范围日趋扩大^[1]，土壤物化性能变差，肥力锐减，土地退化，同时也使氮肥肥效下降，施肥成本上升。此外，还因缺钾而引起作物病变，如水稻生理性赤枯，不少农作物抗病虫能力减弱，出现早衰、退化等现象。因此，为了弥补不足，进入90年代以来，国家每年用于进口钾肥的外汇在4亿美元以上。据预测，若氮、磷、钾肥的比例按1 0.7 0.5的预期要求，我国钾肥的年需求量至少要750—800万t，而全国年产量仅为100多万t，占所需量的15%，缺口很大。为了摆脱依赖进口的被动局面，一方面应扩大找钾领域，拓宽找钾途径，寻找更多的钾资源；另一方面也需要在钾资源的开发利用方面多做工作，特别是新技术、新方法的研究应用。

2 钾的地球化学背景

钾在地球表层的平均含量为2.59%(克拉克值)，以各种形式存在于土壤、矿物、岩石、海洋和生物体中。由于粘土等对钾有一定的吸附能力，钾在风化剥蚀和迁移中，有99.8%会被土壤物质吸附或被陆地植物吸收，只有0.2%流入海洋。海水中钾的平均含量约0.4%。

2.1 钾在土壤中的赋存状态

钾在土壤中的赋存形式通常有三种，即水溶性钾、代换性钾和含钾矿物^[2]。

水溶性钾：是指能溶于水的钾盐或含钾盐类，以可溶盐形式存在于土壤或水溶液中，一般呈离子状态，能被植物直接吸收利用，但也容易随水流失，所以土壤中含量较少，不能满足植物生长发育的需要。

代换性钾：这是被土壤胶体粒子吸附的钾离子，此类钾在土壤中的含量较水溶性钾要多，也能被植物吸收利用，但仍达不到土壤钾总量的1%。

含钾矿物：主要是指原生含钾硅酸盐矿物和次生粘土矿物，土壤中钾总量的近90%是以这种形式存在的。这些含钾矿物不溶于水，需要经过风化，使含钾矿物分解，将钾释放出来，才能被植物吸收。如正长石、白云母、黑云母、伊利石以及其他水化云母系列矿物及其分解产物，都能通过风化作用而释放出钾离子作为土壤胶体表面吸附钾的补充，是代换钾的钾源储备。

2.2 原生钾和含钾矿物岩石

原生钾是指天然矿物岩石中所含有的钾元素，天然岩石中原生钾的平均含量见表1^[1—2]。

表1 常见天然岩石中钾(K)的平均含量(%)

岩浆岩石		沉积岩石	
岩石名称	含钾量	岩石名称	含钾量
超基性岩	0.004	页 岩	2.6
基 性 岩	0.83	砂 岩	1.07
中性岩(正长岩)	4.8	碳酸盐岩	0.27
酸性岩(富钙)	2.52	粘 土	2.5
酸性岩(贫钙)	4.2	土 壤	1.36(0.2—2)

由于某些成因常会形成一些富钾岩石，如：富钾页岩、富钾泥灰岩、富钾粘土岩、富钾火山凝灰岩、富钾泥板岩、钾微斜长石伟晶岩、碱性岩、酸性岩、明矾石化岩石等。岩石中的钾多数都是以含钾矿物的形式存在，常见含钾矿物有钾盐矿物和钾铝硅酸盐矿物，见表2^[2]。

表2 自然界中常见的含钾矿物

钾 盐 矿 物			钾铝硅酸盐矿物		
矿物名称	化学式	钾含量 K(%)	矿物名称	化学式	钾含量 K ₂ O(%)
钾石盐	KCl	52.5	正长石	K [AlSi ₃ O ₈]	16.5
光卤石	KCl · MgCl ₂ · 6H ₂ O	14.1	钾微斜长石	K [AlSi ₃ O ₈] ，常含不定量 Na ₂ O	16.5 ±
杂卤石	K ₂ Ca ₂ Mg [SO ₄] ₄ · 2H ₂ O	12.99	透长石	K [AlSi ₃ O ₈] ，常含不定量 Na ₂ O	16.5 ±
钾盐镁矾	KCl · MgSO ₄ · 3H ₂ O	15.7	海绿石	K _{<1} (Fe ³⁺ , Fe ²⁺ , Al ³⁺ , Mg ²⁺) 2—3	4.95
无水钾镁矾	K ₂ Mg ₂ [SO ₄] ₃	18.84		[Si ₃ (Si,Al)O ₁₀] × [OH] ₂ nH ₂ O	
钾镁矾	K ₂ Mg [SO ₄] ₂ · 4H ₂ O	21.32	白榴石	K [AlSi ₂ O ₆]	21.5
软钾镁矾	K ₂ Mg [SO ₄] ₂ · 6H ₂ O	19.41		Na [AlSiO ₄]	K [AlSiO ₄]

钾芒硝	$K_3Na [SO_4]_2$	35.28	霞石	在高温时形成 $Na [AlSiO_4]$ 与	分子含量变
钾石膏	$K_2Ca [SO_4]_2 \cdot H_2O$	23.81		$K [AlSiO_4]$ 固熔体连续系列	化于5%—20%
钾硝石	KNO_3	38.62	金云母	$KMg_3 [AlSi_3O_{10}] [F, OH]_2$	7—10.3
绿钾铁盐	$2KCl \cdot FeCl_2 \cdot 2H_2O$	25.1	白云母	$KAl_2 [AlSi_3O_{10}] [OH]_2$	11.8
钾铁盐	$3KCl \cdot NaCl \cdot FeCl_2$	28.81	黑云母	$KLi_{1.5}Al_{1.5} [AlSi_3O_{10}] [OH, F]_2$	6.18-11.43
硼钾镁石	$KMg_2B_{11}O_{19} \cdot 9H_2O$	K_2O 7%			

2.3 钾资源的自然赋存

自然界中可作为农用肥料的钾资源有可溶性钾矿和难溶性钾矿两大类。可溶性钾矿是指含可溶性钾盐的钾矿床，如以上表2钾盐矿物栏内的钾石盐、光卤石等钾盐矿物多为可溶性钾矿，特别是氯化物型矿物的可溶性最好，其次有硫酸盐型和硝酸盐型矿物等，可溶性钾矿中的钾一般都比较容易析出或提取，是重要的天然钾源，也是目前生产钾肥的主要矿原。

难溶性钾矿是指那些主要由难溶性含钾矿物或岩石组成的钾矿，这些难溶含钾矿物通常以硅酸盐或铝酸盐形式存在，如钾长石类、似钾长石物类、海绿石、白榴石、霞石、云母类矿物，以及含钾长石砂岩、某些火山岩、火山凝灰石等。难溶性含钾矿物岩石的特点是分布广泛，资源丰富，如果能引进或开发出适当的加工技术和工艺方法，或在开发加工其他矿产品时进行综合开发利用，将能大大地丰富我国的钾肥资源，长期以来严重缺钾的状况可望得到解决或缓解。这在国外已有成功先例，我国也见有综合利用火山凝灰岩开发出氮钾复合肥的报道。开发和综合利用难溶性钾矿资源确实是解决我国钾肥短缺的可选途径之一。

3 钾资源的开发利用

3.1 寻找和开发新的钾矿资源

我国从60年代以来，一直在农业较发达的东部地区进行勘探找钾工作，但寻找氯化物型可溶性钾矿的成果不大。继而转向西部地区，先后在新疆罗布泊地区和青海柴达木盆地发现了十分丰富的钾盐资源。其中新疆罗布泊的钾盐矿床多与石盐伴生或是以石盐为主的共生矿床，钾盐累计地质储量在3100万t以上，其他除大量石盐外，还伴生有锂、硼、溴、碘等元素。含钾矿物主要有杂硝矾、光卤石、钾盐镁矾、杂卤石等。

青海柴达木盆地的钾矿资源主要为可溶性钾盐(氯化钾)，已探明储量累计达3亿多

t, 这些钾矿资源若有40%得以开发利用, 就基本可以满足我国目前对钾肥的需求。但该矿区钾盐矿层多、品位低、分布零散, 而且多数埋藏较深, 若单独开采则效益不大。如何进行大规模开发利用, 目前尚存在一些地质技术方面的难题。鉴于此, 开展柴达木盆地钾盐资源开发利用研究是非常必要的。

3.2 液态钾矿的开发和综合利用

要尽快扭转我国钾肥资源短缺的状况, 除要继续在有找钾远景区寻找可溶性钾矿资源外, 还应转变观念, 开阔思路, 扩大领域和开辟找钾的新途径。如将固液相找钾结合起来, 积极开展液态找钾工作, 以及尽可能对液态钾资源进行综合利用。所谓液态找钾就是寻找地下富钾卤水, 如四川盆地地下就广泛分布有富钾卤水, 而且品质优异、资源丰富、利于开发, 是我国开展液态找钾工作的有利地区, 开发利用前景极为广阔。

从海水中提取钾^[2]或利用盐场晒盐后排放的富钾苦卤制造钾肥也是一个重要途径。利用盐场晒盐后排放的10t苦卤即可制取1t富钾多元素复合肥, 而且方法简便, 利用吸附剂吸附苦卤中的钾, 即可制取高效复合肥。盐场晒盐后排放的苦卤通常都作为废水排掉, 既占用土地, 又污染环境。对其进行综合利用既可减少环境污染, 同时也可部分缓解我国严重缺钾状况。

3.3 活化土壤中的含钾矿物

如前所述, 土壤中的钾99%是以难溶含钾矿物形式存在的, 这部分钾并不能直接被植物吸收利用。如今已发现某些微生物能够分解这些难溶含钾矿物, 并有人经分离筛选, 培育出能活化土壤中矿物钾的硅酸盐细菌菌群, 将其制成菌剂, 即可像肥一样施入土壤中。该菌剂施入土壤后, 可以活化土壤中的钾以及磷、硅、铁等元素, 同时还会产生多种有益的生物活性物质。人们习惯将这些能够活化土壤中钾等有益元素的硅酸盐菌体制剂称之为生物钾肥。试验表明^[3]: 使用生物钾肥, 农作物的增产幅度与工业钾肥几乎相等, 而其成本只相当于生产工业钾肥的20%, 与化肥相比, 还具有不破坏土壤结构、不污染环境、使用简便等优点。经20多种农作物的大田试验和推广试用, 使用生物钾肥可使水稻平均每亩增产46kg, 玉米45kg, 小麦44kg, 皮棉10.89kg。瓜、果、蔬菜增产幅度也多在20%左右, 且整齐度、着色、含糖量等均优于对照。在工业钾肥奇缺的我国, 生物钾肥无疑为改变我国土壤缺钾开辟了一条新的途径。

不仅土壤中大部分难溶含钾矿物可以通过活化而被利用, 就是某些含钾粘土或含钾岩矿中的钾元素也可以通过活化而利用^[3-4]。我国不少严重缺钾地区都有着丰富的含钾粘土和含钾岩矿资源有待开发, 如贵州铜仁、遵义等地区就发现有层位稳定、分布广泛的含钾粘土和含钾岩矿, 储量达到千万t以上, 如能合理开发, 可望缓解贵州及周边地区土地缺钾问题。研究证明: 可以采用活化方法将含钾粘土或岩矿中的矿物钾活化为植物能够吸收的有效钾。活化方法可以采用生物方法, 也可以采用化学方法。贵州农业部门和地质部门结合, 已经找到了有效的活化方法和活化剂, 并开发出可利用率于农作物的矿物钾粉肥, 经施用试验, 效果较好^[4]。

3.4 利用难溶性钾矿石制造钾肥

传统生产方法一般是从可溶性钾矿石中提取钾或直接以钾盐矿物为原料制造钾

肥。但我国可溶性钾矿资源储量少，而且分布极不平衡，多集中在西部，如新疆的罗布泊和青海的柴达木盆地，而农业发达的腹地和东部地区却十分贫乏。相对来说，难溶性钾矿资源却比较丰富，而且分布广泛，引进和开创新的加工和提取技术，开发利用难溶性钾矿资源生产钾肥或在矿产综合利用中制取钾肥是解决我国钾肥短缺的有效途径。近年来逐步研究应用含钾相对较低的矿物岩石制取钾肥，如钾长石砂岩、明矾石、霞石正长岩等，已取得了一定的成果。如：

(1)从钾长石中提取钾或直接将钾长石煅烧后粉碎成钾长石矿物粉——钾肥粉，便可直接作为钾肥撒入田间。此外也可以在钾长石的综合利用中回收可溶性钾制造钾肥。(2)从明矾石中提取钾或在综合利用中获得钾肥。明矾石是含水的钾、铝硫酸盐矿物，用还原热解法可从中获得钾肥(K_2SO_4)。我国的明矾石矿产资源比较丰富，而且从明矾石综合利用中提取钾肥已有比较成熟的技术和工艺，潜力很大。(3)利用绿豆岩制取氮钾肥。绿豆岩是一种富钾高硅的凝灰岩类含钾岩石，因呈黄绿色豆粒状而得名。广泛分布于四川盆地及西南地区，系火山灰沉积而成，氧化钾含量达6.10%—12.54%，可以开发为钾肥，经试用增产效果显著。

作者单位：周 俊 朱 江(安徽农业大学，安徽 合肥 230036)

储国正(安徽省地矿局，安徽 合肥 230036)

胡礼军(合肥工业技术学校)

[参考文献]

[1] 王云、魏复盛，等编著.土壤环境元素化学 [M] .北京：中国环境科学出版社，1995，367—371

[2] 徐邦梁编著.农肥矿产 [M] .北京：科学出版社，1980，1—40

[3] 邱源松，等.含钾岩体与硅酸盐菌剂的肥效 [J] .土壤，1998，30(5)：261—262

[4] 周恩湘，等主编.土壤地质 [M] .北京：地质出版社，1993，18—21

收稿日期：1999-02-10。