

我国钾长石土壤调理剂的发展现状与问题分析

孙蓊锋, 王旭, 侯晓娜, 刘红芳, 保万魁

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要:以钾长石为代表的非水溶性钾矿资源开发, 对于补充我国钾肥供需缺口, 降低对外依存度, 保障农业用肥安全具有重要意义。近些年来, 随着我国耕地质量问题日益凸显, 以钾长石为主要原料生产制备矿物源土壤调理剂, 逐渐探索出一种较好的资源开发利用模式。本文总结了目前我国市场上登记有效的钾长石土壤调理剂产品发展现状, 梳理分析了该类产品的原料、生产工艺、技术指标及其农用效果, 探讨了与行业发展相关的政策支持、产品和技术创新、标准体系建设等问题, 并提出了有关建议。

关键词:钾长石; 土壤调理剂; 发展现状; 问题及建议

中图分类号: S156.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6257 (2018) 04-0001-07

1 我国的钾矿资源开发利用情况

钾矿资源通常分为可溶性钾矿和非水溶性钾矿资源两种。我国的钾矿资源比较匮乏, 尤其是可溶性钾盐资源更为有限。2013年, 我国探明的可溶性钾盐资源储量约为10.05亿t, 主要分布于青海柴达木盆地和新疆罗布泊地区, 少量分布于云南、山东、四川、甘肃等地^[1]。从世界范围来看, 我国的可溶性钾盐资源仅占世界总储量的2.2%^[2], 钾盐资源属于我国非常紧缺的非金属矿产资源之一^[3], 2016年已被列入国家战略性矿产目录^[4]。据中国钾盐(肥)行业协会的统计数据, 2015年我国的资源性钾肥产量9520kt(以KCl计), 进口钾肥总量9400kt(以KCl计), 表观消费量为16700kt(以KCl计), 钾肥自给率约为57.0%。近年来, 在钾盐资源储量有限的情况下, 以青海盐湖工业股份有限公司等为代表的国内企业通过关键设备和技术创新升级, 不断提高可溶性钾矿资源的开采利用效率, 极大提升了我国钾肥行业的竞争力, 使我国的钾肥自给率从过去不足20%逐步提高到了约60%^[5]。然而, 即便如此, 我国的钾肥行业总体安全形势仍然不容乐观, 尤其是在国际钾矿资源垄断程度不断提高的今天, 如何保证我国农业用钾的战

略需要仍是当前面临的主要问题。

与可溶性钾矿资源不同, 非水溶性钾矿资源无论在世界范围还是在我国储量都非常丰富。20世纪初期, 美国、英国、加拿大等国掀起了利用非水溶性钾矿生产制备可溶性钾肥的热潮, 但随着美洲许多大型可溶性钾矿陆续被发现, 相关研究逐渐减少并处于停滞状态^[6-7]。在我国, 非水溶性钾矿资源分布广泛, 资源储量丰富。其中, 钾长石就是含钾量较高、分布最广、储量最大的非水溶性钾矿。钾长石(KAlSi_3O_8)是一种富含钾、硅、钙等矿质元素的架状结构硅酸盐, 是3种同质多象变体——透长石、正长石和微斜长石的总称^[8]。其储量大于1000亿t, 按 K_2O 计量(折纯)应大于100亿t^[9], 主要分布于我国的安徽、内蒙古、四川、新疆、山西等地。20世纪50年代以来, 我国即开始对非水溶性钾矿资源进行研究利用, 实现了一定程度的规模化、工业化生产。然而, 早期的开采利用主要是利用钾长石提取制备可溶性钾肥, 这在一定程度上对我国农业用钾起到了有益的补充, 但并未真正摸索出一条非水溶性钾矿资源高效利用的途径。因此, 在稳定开发可溶性钾矿资源外, 加快开发非水溶性钾矿资源就具有了非常重要的战略意义^[10]。

2 我国的钾长石土壤调理剂发展情况

2000年以来, 我国农田土壤在经历长期高强度开发使用后, 很多地区土壤中、微量元素的“缺乏”状况日益凸显。因此, 基于钾长石富含钾、

收稿日期: 2017-09-27; 最后修订日期: 2017-10-15

基金项目: 国家重点研发计划项目课题(2016YFD0201303)。

作者简介: 孙蓊锋(1977-), 男, 天津市蓊县人, 助理研究员, 硕士, 主要从事肥料和土壤调理剂的研究。E-mail: sunjifeng@caas.cn。

硅、钙等多种中、微量元素的特点，以其为主要原料开发制备出如钾硅钙肥^[11]等矿质肥料产品，在行业内逐渐发展起来。据中国钾盐（肥）行业协会对“钾硅钙肥”的统计数据，2015 年我国钾硅钙肥生产企业有 9 家，产能为 560 kt/年（实物量），较 2014 年增长了 19.15%，产量为 69.6 kt，较 2014 年增长了 45.0%^[1]。而近些年来，随着我国很多农田土壤出现严重的酸化、盐渍化、重金属污染等问题，以钾长石为主要原料生产制备的矿物源土壤调理剂，因其兼具较好的土壤改良效果，同时又可补充土壤中不断流失的矿质元素，得到了较快发展。据农业部网站公告信息^[12]，我国首个钾长石土壤调理剂产品于 2008 年获得农业部登记许可，而 2010 年之后登记产品数量逐渐增多。截至 2017 年 7 月，登记有效的钾长石土壤调理剂产品数量总计 32 个，详见表 1。总之，根据不同渠道的信息均显示，我国的非水溶性钾矿资源开发行业规模虽不大，但已呈现出较好的发展前景和较快的发展势头。

表 1 钾长石土壤调理剂历年登记产品数量

年份	登记审批产品数量（个）	年份	登记审批产品数量（个）
2008	1	2015	5
2010	1	2016	11
2012	4	2017	3
2014	7		

3 钾长石土壤调理剂的主要原料、生产工艺和技术指标

以下对目前我国市场上登记有效的全部 32 个钾长石土壤调理剂产品的主要原料、生产工艺和技术指标等方面信息^[12]进行统计分析。

3.1 主要原料

从表 2 数据可以看出，目前我国市场上的钾长石土壤调理剂产品所用主要原料包括钾长石、白云石、石灰石、生石灰、麦饭石、沸石、磷矿石、贝壳粉、处理碱渣、石膏、轻烧镁、碳酸钙 12 种。除钾长石外，选择白云石、石灰石作为原料的产品数量最多，其比例分别达到了 59% 和 56%；部分产品选择生石灰、麦饭石和沸石作为原料；个别产品采用了磷矿粉、贝壳粉、处理碱渣和石膏等作为原料。

表 2 钾长石土壤调理剂所用主要原料

原料名称	涉及产品数量（个）	原料名称	涉及产品数量（个）
钾长石	32	磷矿石	1
白云石	19	贝壳粉	1
石灰石	18	处理碱渣	1
生石灰	3	石膏	1
麦饭石	3	轻烧镁	1
沸石	2	碳酸钙	1

从表 3 数据可以看出，我国企业主要采用“钾长石 + 白云石 + 石灰石”、“钾长石 + 白云石”、“钾长石 + 石灰石”、“钾长石 + 生石灰”4 种不同矿石原料进行配伍生产制备土壤调理剂，其所占比例达到了 70% 以上。因此，目前我国企业主要采用的技术方案显而易见，产品主要原料及其配伍形式相对清晰和明确，不过，这也反映出了市场上该类产品存在一定的同质化问题。

表 3 钾长石土壤调理剂原料配伍情况统计

分类	涉及产品数量（个）	比例（%）
钾长石 + 白云石 + 石灰石	11	34
钾长石 + 白云石	5	16
钾长石 + 石灰石	4	13
钾长石 + 生石灰	3	9
钾长石 + 白云石 + 麦饭石 + 沸石	2	6
其它	7	22
样本总数	32	100

3.2 生产工艺

钾长石的化学性质极稳定，除氢氟酸外，常压常温下几乎不被酸、碱所分解^[8,13]。其中，所含的钾、钙、硅等养分不能直接为植物吸收利用，即使在大自然的长期作用下，也只有极少部分会缓慢风化^[14]。因此，必须采取一定工艺进行处理，将其中非水溶性成分转化为可溶性或枸溶性成分，方可作为肥料或土壤调理剂使用。

钾长石提钾或活化工艺很多^[15-21]，大致包括高温煅烧法、水热化学反应法、氢氟酸分解法和微生物分解法等，而高温煅烧法和水热化学反应法是目前生产制备钾长石土壤调理剂的主要工艺。（1）高温煅烧法：将钾长石与白云石、石灰石或生石灰等

配料在一定温度（1 300 ~1 500 ℃）下进行焙烧而成。煅烧法是比较常用的解钾方法之一^[22]，目前我国有较多企业采用这种工艺。（2）水热化学反应法：在相对较低的温度条件下，通过水热化学反应将钾长石中的钾、硅和铝转变为可溶性成分。刘善科等^[23]在温度 190 ℃、反应时间为 13.6 h 和水固比 3:1 条件下，取得钾溶出率 70% 以上的结果。相对于高温煅烧法，此工艺降低了生产成本和能耗，简化了工艺流程，目前我国已有企业采用此法进行工业化生产。（3）氢氟酸分解法^[24]：采用氢氟酸或浓硫酸 + 氟化钠等与钾长石反应获得可溶性钾。该工艺的反应体系具有强腐蚀性，且产生四氟化硅等气体污染物排放，属较少采用的工艺。（4）微生物分解法^[25]：采用胶质芽孢杆菌（*B. mucilaginosas*）等解钾细菌转化钾长石中的钾元素，使其转化为植物可吸收利用态。该工艺技术流程短、实施过程绿色环保，但存在硅酸盐细菌的菌种培养周期较长，繁殖能力和生命力对环境要求高，释钾能力低等缺点^[26]，尚有很多未解决的问题。

3.3 技术指标

钾长石理论上含 K₂O 16.9%、SiO₂ 64.7%、Al₂O₃ 18.4%。天然钾长石矿则一般含 K₂O 9% ~ 14%、SiO₂ 50% ~ 65%、Al₂O₃ 12% ~ 18%，密度 2.56 ~ 2.58 g/cm³，莫氏硬度 6.0 ~ 6.5，熔点 1 200 ~ 1 400 ℃^[27-28]。对目前我国登记有效的钾

长石土壤调理剂产品主要技术指标进行统计分析（表 4），可以总结出以下几点：（1）绝大多数产品的氧化钾（K₂O）含量达到 4.0% 以上，所占比例达到了 84%。（2）产品中氧化钙（CaO）含量主要集中在 20.0% ≤ CaO < 30.0% 和 CaO ≥ 30.0% 的范围内，所占比例分别达到了 53% 和 34%，并且其中 83% 的产品氧化钾（K₂O）含量达到 4.0% 或以上。（3）产品中氧化镁（MgO）含量主要集中在 4.0% ≤ MgO < 10.0% 范围内，所占比例达到了 69%，而 25% 的产品无氧化镁含量指标，并且其中 83% 的产品氧化钾（K₂O）含量达到 4.0% 或以上。（4）产品中二氧化硅（SiO₂）含量主要集中在 20.0% ≤ SiO₂ ≤ 30.0% 和 10.0% ≤ SiO₂ < 20.0% 范围内，所占比例分别达到了 69% 和 28%，并且其中 84% 的产品氧化钾（K₂O）含量达到 4.0% 或以上。

此外，根据已经发布实施的农业行业标准《土壤调理剂 通用要求》（NY/T 3034 - 2016）^[29]、《土壤调理剂 磷、钾含量的测定》（NY/T 2273 - 2012）^[30]和《土壤调理剂 钙、镁、硅含量的测定》（NY/T 2272 - 2012）^[31]中相关规定，钾长石土壤调理剂中钾、钙、镁、硅应分别以氧化钾（K₂O）、氧化钙（CaO）、氧化镁（MgO）和二氧化硅（SiO₂）计，且上述项目的检测均采用 0.5 mol/L 盐酸浸提后测定。

表 4 钾长石土壤调理剂主要指标含量范围及其产品数量

项目	产品数量（个）	K ₂ O 含量							
		无钾指标	≥2.0%	≥3.5%	≥4.0%	≥5.0%	≥6.0%	≥8.0%	≥24.0%
		3	1	1	19	2	4	1	1
无钙指标	1	0	0	0	0	0	0	0	1
12.0% ≤ CaO < 20.0%	3	0	0	0	3	0	0	0	0
20.0% ≤ CaO < 30.0%	17	1	1	0	10	1	4	0	0
CaO ≥ 30.0%	11	2	0	1	6	1	0	1	0
无镁指标	8	0	0	1	4	1	1	0	1
4.0% ≤ MgO < 10.0%	22	3	1	0	13	1	3	1	0
10.0% ≤ MgO < 20.0%	2	0	0	0	2	0	0	0	0
无硅指标	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SiO ₂ < 10.0%	1	0	0	0	1	0	0	0	0
10.0% ≤ SiO ₂ < 20.0%	9	0	1	0	7	1	0	0	0
20.0% ≤ SiO ₂ ≤ 30.0%	22	3	0	1	11	1	4	1	1

除氧化钾、氧化钙、氧化镁、二氧化硅指标外，钾长石土壤调理剂产品技术指标还明确规定了 pH 值范围，以利于指导农户进行产品选择和施用。

从表 5 可以看出，该类产品 pH 值指标均属碱性范围，且很多产品碱性还比较强，最高 2 个产品的 pH 值范围达到了 11.0 ~ 13.0。

表 5 钾长石土壤调理剂 pH 值范围及其产品数量

pH 值范围	产品数量 (个)	pH 值范围	产品数量 (个)
7.5 ~ 9.5	3	10.0 ~ 12.0	7
8.0 ~ 10.0	1	10.5 ~ 12.0	2
8.5 ~ 10.5	2	10.5 ~ 12.5	2
9.0 ~ 11.0	4	11.0 ~ 12.0	1
9.5 ~ 11.5	6	11.0 ~ 13.0	2
10.0 ~ 11.5	2		

4 钾长石土壤调理剂的农用效果研究

以钾长石为主要原料生产制备的钾长石土壤调理剂,亦或称钾硅钙肥、钾硅钙镁肥等,其本质上均是一种富含钾、钙、镁、硅等元素,以及很多其它中、微量元素的缓溶性、碱性矿质产品。从近年来的研究和应用结果来看,施用该类产品不但可以补充农田土壤流失的矿质元素,减少其它化学肥料的施用,而且还可以起到调节土壤酸碱性^[32]、提高土壤胶体性能和离子交换能力、改善土壤结构和微生态环境的作用。其兼具肥料养分供应和土壤改良作用,显示出了较好的经济效益和环境效益。

(1) 关于土壤改良效果研究。蒙园园等^[33]利用钾长石、白云石和石灰石等合理配伍后,经高温焙烧而制得弱碱性土壤调理剂,施入 0.5 ~ 2 g/kg 土壤调理剂培养 60 d 后,土壤 pH 值由 4.98 提高到 5.04 ~ 5.42,交换性铝下降 37.40% ~ 68.90%,吸附态羟基铝含量稍有增加,但毒害性铝和活性铝总量分别降低了 5.37% ~ 9.50% 和 4.33% ~ 12.08%,并且提高了土壤中交换性钙、镁、钾和有效硅的含量。石林等^[34]采用天然矿物钾长石与脱硫灰等物料,经混合、焙烧等一系列工艺步骤,生产制备出一种富含钾、钙、硅等营养成分为主的弱碱性(pH 值 9.41 ~ 9.80)重金属钝化剂。该钝化剂在广东韶关地区的重金属污染土壤上施用后,重金属 Pb 的钝化效果达 42% ~ 50%,Cd 的钝化效果达 7% ~ 46%。钾长石土壤调理剂具有重金属污染土壤修复功能^[35-39],主要在于其具有疏松多孔的外观特征,有较高的离子交换能力和吸附性能,其可变电荷表面对重金属离子具有吸附、解吸、沉淀等作用。此外,通过调整土壤酸碱性,也对降低土壤中重金属的生物有效性和可迁移性发挥了重要作用。

(2) 关于肥料增产效果研究。刘建明等^[40]采用“半湿固态加压蒸养工艺”将硅酸盐岩石中的钾、磷、钙、镁、硅、铁、硼等矿质元素整体活化

为能被植物吸收的有效养分,生产制备钾长石土壤调理剂。其在福建泉州市永春县开展的芦柑试验,经 2007 ~ 2008 年连续两年施用后,柑橘增产率达 6.0% ~ 17.5%;而在 2015 年四川省眉山市的柑橘试验中,施用该土壤调理剂 3 个月后原本出现的柑橘黄叶病,改善效果十分显著,新生树叶转绿,坐果正常。郭碧花等^[41]采用含钾硅酸盐岩石与石灰石煅烧生产制备的富钾、硅多元复合物,在酸性土壤上施用后具有显著的增产效应。其盆栽试验结果显示,处理与对照相比水稻籽粒产量增加 28.3%。此外,水稻对硅、钾、钙、镁等营养元素的吸收量明显提高,增加了植株体内各养分元素的含量水平。王建康等^[42]验证了大田试验条件下施用硅、钙、钾、镁肥的作用效果。其试验结果显示施用后显著提高了甘蔗产量 6.6% ~ 17.4%;蔗糖含量、茎长、节长、茎粗等随处理用量增加呈增加趋势。此外,蔗田土壤 pH 值提高了 0.09 ~ 0.80。赵风兰等^[43]通过田间小区试验和室内分析,研究了硅、钾、钙、镁肥在黑龙江垦区寒地水稻上的施用效果。其结果表明,施用硅、钾、钙、镁肥使水稻抽穗期和成熟期比对照提前 1 ~ 2 d,能明显提高水稻抗病、抗寒和抗倒伏能力。雷锋文等^[44]在 900 ℃ 下添加活化剂对钾长石进行煅烧处理,并通过盆栽试验和田间试验证明,施用活化钾肥的玉米产量略高于施用氯化钾处理,说明活化钾肥效果不亚于氯化钾。鄢海印等^[45]通过摇瓶培养和盆栽试验,对化学、生物及化学-生物联合不同方法活化钾长石的效果进行了比较,其结果显示采用化学、生物方法处理钾长石后,在玉米上的肥效可以达到硫酸钾水平。此外,甄卫军等^[46]研究发现,利用钾长石、工业级碳酸钠等原料,经煅烧、溶解、过滤等步骤制备的浸出液,可以促进小麦幼苗细胞分裂和生长,尤其对幼苗期根系生长促进作用显著。

从上述结果来看,施用钾长石土壤调理剂对柑橘、甘蔗、水稻、玉米等诸多作物都产生了较好的增产增效作用,尤其是对于酸化土壤和重金属污染土壤还可起到一定改良作用。钾长石土壤调理剂与尿素、磷酸铵或复合肥料等大量元素肥料按比例混合后作为底肥施用,可一定程度减少或替代其中钾肥和中、微量元素肥料的投入。通常情况下,推荐钾长石土壤调理剂大田作物用量为 300 ~ 1 200 kg/hm²,推荐经济作物用量为 1 200 ~ 2 250 kg/hm²,但需因地制宜,视具体情况优化方案,以取得最佳

的施肥或改土效果。目前, 该类产品在我国的华南、华东和西北等很多地区的苹果、柑橘、枣等经济作物, 以及水稻、玉米和小麦等大田作物上有了更广泛的推广和使用。

5 问题与讨论

5.1 行业发展需要国家政策支持与引导

加快开发我国非水溶性钾矿资源的意义重大, 然而, 近些年的行业发展却显得不尽如人意。虽然尚无权威机构的统计数据, 但粗略估算我国采用非水溶性钾矿生产制备矿物源土壤调理剂的产能规模尚不足百万吨, 总体上处于规模小、散乱和略显无序的发展状态。2016 年以来, 随着我国陆续取消化肥行业在燃气、电价、运输、税收和信贷等方面的诸多优惠政策, 化肥行业正步入化解过剩产能和转型升级的艰难阶段。因此, 非水溶性钾矿资源的开发必将面临同样的不利情况, 行业的进一步发展面临着严峻的考验。然而, 以钾长石为主要原料生产制备矿物源土壤调理剂, 目前已逐渐形成了一种较好的资源开发利用模式。钾长石土壤调理剂的合理使用不但可以提供丰富的矿质元素, 保障农作物产量和品质, 同时还可以改善农田土壤质量, 起到减肥增效和土壤改良的双重效果。2010 年之后, 正是由于我国土壤改良市场巨大的需求拉动, 以钾长石、石灰石等生产制备矿物源土壤调理剂的发展速度才越来越快。因此, 现阶段希望政府主管部门能够出台一些差异化优惠政策, 扶持处于发展初级阶段的土壤调理剂产业, 引导我国非水溶性钾矿资源的开发利用, 也将对促进我国化肥行业转型升级不无裨益。

5.2 行业发展需要企业加强产品和技术创新

我国对于开发利用非水溶性钾矿资源一直在不断探索, 从早期单一提取制备可溶性钾肥, 到逐步研发生产缓溶性矿质肥料产品, 再到综合利用非水溶性钾矿资源生产制备矿物源土壤调理剂, 已然找到一条较好的资源开发利用模式。然而, 虽有不错的发展空间并呈现较好的发展势头, 但是业内企业却普遍感觉市场艰难。究其原因, 一方面土壤调理剂在我国现阶段农业生产中的推广和使用, 仍需要一个循序渐进的被认知和被接受的过程; 另一方面从本文对钾长石土壤调理剂的主要原料、生产工艺和技术指标等分析来看, 市场上该类产品质量虽不算很多, 但呈现出产品技术单一、同质化的问

题^[47], 而这则必将随着市场竞争的愈加激烈更加凸显出来。应该看到, 行业发展的空间是巨大的, 现阶段真正缺少的不是市场空间, 而是能够切实解决问题、有实效的好产品。2015 年, 我国的土壤修复市场规模已经超过 400 亿元, 2020 年更将达到 1 500 亿元^[48]。土壤改良在我国正方兴未艾, 优质的土壤调理剂产品一定具有广阔的发展空间和潜在的巨大经济价值。因此, 企业唯有着眼于我国农业生产的实际需求, 准确定位产品研发方向, 不断加强产品和技术创新, 开发出有竞争力的产品或技术, 才能赢得广阔的市场。

5.3 行业发展需要完善技术标准体系

2012 年, 由国家化肥质量监督检验中心 (北京) 牵头制定的《土壤调理剂 磷、钾含量的测定》(NY/T 2273-2012)^[30] 和《土壤调理剂 钙、镁、硅含量的测定》(NY/T 2272-2012)^[31] 标准颁布实施。这两项标准适用于钾长石土壤调理剂中主要养分含量的测定, 其颁布实施对于该类产品的质量控制和评判起到了重要作用。2016 年, 由中国农业科学院农业资源与农业区划研究所牵头制定的《土壤调理剂 通用要求》(NY/T 3034-2016)^[29] 标准颁布实施。该标准则填补了长期以来我国土壤调理剂行业产品类标准的空白, 建立了土壤调理剂的分类及命名、原料、指标和限量等方面的基本规则。然而, 相对于产品和市场的快速发展, 配套的技术标准体系建设仍然显得滞后, 除需要建立更多必要成分的检测标准外, 对于土壤调理剂产品而言, 功能性指标或效果的检测和评价亟待建立, 因此, 标准化工作仍将任重道远。

6 展望

非水溶性钾矿资源的开发利用有助于弥补我国钾肥供应不足, 从保障我国农业用肥安全角度而言更具有战略意义。面对未来我国土壤改良巨大的市场空间, 以钾长石为主要原料生产制备土壤调理剂, 在非水溶性钾矿资源综合利用方面已然迈出了重要一步。未来, 如果国家能够出台差异化政策支持, 鼓励和引导企业进行产品和技术创新, 瞄准我国农业生产的现实需求, 相信非水溶性钾矿资源开发必将迎来越来越广阔的发展空间。

参考文献:

- [1] 元昭英, 谢鹏飞, 张琳琳. 2015 年我国钾肥行业运行情况及

- 2016 年发展预测 [J]. 化肥工业, 2016, 43 (3): 66-68.
- [2] 马鸿文, 杨静, 苏双青, 等. 富钾岩石制取钾盐研究 20 年: 回顾与展望 [J]. 地学前沿, 2014, 21 (5): 236-254.
- [3] 姬海鹏, 徐锦明. 利用钾长石提钾的研究进展 [J]. 现代化工, 2011, 31 (1): 30-33.
- [4] 白佳鑫, 余延双. 全球钾矿资源的生产勘探与开发分析 [J]. 中国矿业, 2017, 26: 1-4.
- [5] 吕海波, 马彦平, 刘全昌. 贡献 4000 万吨钾肥之后: 盐湖股份为何“走出钾” [DB/OL]. 中国农资导报网, (2017-08-07) [2017-09-07]. <http://www.nzdb.com.cn/hy/173625.jhtml>.
- [6] 国外从钾长石中提取钾盐和制造钾肥的研究概况 [J]. 化工矿山技术, 1973, (S1): 1-82.
- [7] 陈建, 马鸿文, 张盼, 等. 氯化钙助剂分解钾长石制备氯化钾研究评述 [J]. 化工进展, 2016, 35 (12): 3954-3963.
- [8] 聂铁苗, 马鸿文, 刘贺, 等. 水热条件下钾长石的分解反应机理 [J]. 硅酸盐学报, 2006, 34 (7): 846-850.
- [9] 汪家铭. 不溶性钾矿制取矿物钾肥及综合利用研究进展 [J]. 化学工业, 2014, 32 (1): 25-28.
- [10] 王俊, 刘辉, 张俊涛, 等. 不同理化处理对钾长石中钾的促释效果研究 [J]. 土壤通报, 2012, 43 (2): 451-454.
- [11] 刘阳, 张西兴, 庞世花. 利用白云石和钾长石制备钾钙肥的研究 [J]. 磷肥与复肥, 2015, 30 (11): 9-12.
- [12] 农业部种植业管理司. 农业部肥料登记公告 [EB/OL]. (2017-07-27) [2017-07-27]. <http://zzys.agri.gov.cn/feiliao.aspx>.
- [13] 刘佳因, 申晓毅, 翟玉春. 钾长石综合利用工艺研究 [J]. 矿产综合利用, 2015, (6): 25-28.
- [14] 胡波, 韩效钊, 肖正辉, 等. 我国钾长石矿产资源分布、开发利用、问题与对策 [J]. 化工矿产地质, 2005, 27 (1): 25-32.
- [15] 钮旭光, 华秀英, 何随成, 等. 硅酸盐细菌解钾活性的研究 [J]. 土壤通报, 2005, 36 (6): 950-963.
- [16] 李甲亮, 李学平, 李乐梅. 水培条件下玉米幼苗利用钾长石作钾源的研究 [J]. 土壤通报, 2011, 42 (6): 1457-1460.
- [17] 黄珂, 王光龙. 钾长石低温提钾工艺的机理探讨 [J]. 化学工程, 2012, 40 (5): 57-60.
- [18] 郑云霞. 钾长石提钾过程研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2013.
- [19] 马明, 翁兴媛. 利用钾长石矿泥制钾钙肥 [J]. 硅酸盐通报, 2012, 31 (3): 749-752.
- [20] 汪碧容, 石林. 利用钾长石热分解制钾硅复合肥研究 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39 (21): 12744-12746.
- [21] 黄理承, 陈太平, 韩效钊, 等. 用低碳经济理念发展钾长石提钾技术 [J]. 安徽化工, 2010, (S1): 76-78.
- [22] 刘杰, 韩跃新, 印万忠, 等. 难溶性钾矿资源制备钾肥研究现状及展望 [J]. 有色矿冶, 2005, 21 (增刊): 172-174.
- [23] 刘善科, 韩成, 刘建明, 等. 水热法从钾长石中提取钾、硅、铝的实验研究 [J]. 矿物学报, 2009, (3): 321-326.
- [24] 邓强, 余红林, 胡万明, 等. 难溶性钾矿资源综合利用途径及展望 [J]. 现代矿业, 2013, (2): 138-140.
- [25] Zhang Z D, Huang J, He L Y, et al. Distinct weathering ability and populations of culturable mineral-weathering bacteria in the rhizosphere and bulk soils of *Morus Alba* [J]. Geomicrobiology Journal, 2015, 33 (1): 39-45.
- [26] 王晓丽, 高洪, 周萍. 难溶性含钾矿石中提钾技术的研究进展 [J]. 广州化工, 2015, 43 (4): 12-13, 24.
- [27] 沈延彬. 钾长石综合利用技术研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2016.
- [28] 张成强, 郝小非, 胡宏杰. 钾长石矿差异化利用技术研究 [J]. 化工矿物与加工, 2015, (10): 25-29.
- [29] NY/T 3034-2016, 土壤调理剂 通用要求 [S].
- [30] NY/T 2273-2012, 土壤调理剂 磷、钾含量的测定 [S].
- [31] NY/T 2272-2012, 土壤调理剂 钙、镁、硅含量的测定 [S].
- [32] 李荣. 利用钾长石(类)资源开发肥料(土壤调理剂)肥效试验 [C] //中国无机盐工业协会钾盐(肥)行业分会第七届年会, 2012.
- [33] 蒙园园, 石林. 矿物质调理剂中铝的稳定性及其对酸性土壤的改良作用 [J]. 土壤, 2017, 49 (2): 345-349.
- [34] 石林, 尹鹏. 钾钙硅肥对土壤金属 Pb 和 Cd 的钝化效果研究 [C] //第三届重金属污染防治及风险评估研讨会, 2013.
- [35] Jeong H Y. Use of potash feldspar for bathroom interior; Korea, KR20020062531 [P]. 2001-01-22.
- [36] 李季, 黄益宗, 胡莹, 等. 改良剂对土壤 Cu 形态转化及其生物可给性的影响 [J]. 环境工程学报, 2016, 10 (4): 2057-2063.
- [37] 王学刚, 王光辉, 刘金生, 等. 矿区重金属污染土壤的修复技术研究现状 [J]. 工业安全与环保, 2010, 36 (4): 29-31.
- [38] 蒙冬柳, 宋波. 沸石在重金属污染土壤修复中的应用进展 [J]. 吉林农业, 2011, (3): 200.
- [39] 王儒富, 徐光域, 廖碧蓉, 等. 钾长石生产植物生长必需的活性硅钙镁钾硫肥 [J]. 四川化工, 2013, 16 (6): 29-32.
- [40] 刘建明, 刘善科, 翟媛媛, 等. 钾硅钙矿物肥在柑橘上的应用 [J]. 农资与市场, 2016, (16): 67-69.
- [41] 郭碧花, 余贵芬, 魏朝富, 等. 富钾硅多元复合物的生物有效性研究 [J]. 土壤通报, 2003, 34 (2): 128-132.
- [42] 王建康, 李小玲, 陈海宁, 等. 硅钾钙镁肥对甘蔗产量品质及经济效益的影响 [J]. 甘蔗糖业, 2016, (4): 42-45.
- [43] 赵凤兰, 侯怀恩, 刘彩玲, 等. 硅钾钙镁肥在黑龙江垦区寒地水稻上的施用效果 [J]. 河南农业科学, 2010, (11): 57-62.
- [44] 雷锋文, 符颖怡, 廖宗文, 等. 降温煅烧活化钾肥的研制及肥效试验 [J]. 磷肥与复肥, 2017, 32 (4): 9-11.
- [45] 鄢海印, 刘可星, 廖宗文, 等. 化学及生物活化钾长石的释钾效果比较 [J]. 华南农业大学学报, 2013, 34 (2): 149-152.
- [46] 甄卫军, 孙金陆, 张历, 等. 钾长石制备液体钾肥对小麦种子萌发及幼苗生长影响研究 [J]. 农业科技通讯, 2014, (4): 53-56.

- [47] 李慧. 土壤调理剂产业亟待技术整合与规范 [DB/OL]. 光明网, (2017-03-06) [2017-09-07]. http://epaper.gmw.cn/gmrb/html/2017-03/06/nw.D110000gmrb_20170306_3-10.htm.
- [48] 高畅. 鸿达兴业打造土壤改良一体化产业链 进军万亿市场空间 [DB/OL]. 新华网, (2017-03-06) [2017-09-07]. http://news.xinhuanet.com/fortune/2017-03/06/c_129502245.htm.

Analysis on the present situation and problems of potash feldspar soil conditioner in China

SUN Ji-feng, WANG Xu, HOU Xiao-na, LIU Hong-fang, BAO Wan-kui (Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081)

Abstract: The development of insoluble potash feldspar mineral resources, represented by potash feldspar, is of great significance to supplement the gap between supply and demand of potash fertilizer in China, and it can reduce the dependence on foreign countries and ensure safety fertilizer amount in agriculture. In recent years, with the increasing question on quality of cultivated land in China, the preparation of mineral soil conditioner by potash feldspar has gradually formed a better resource development and utilization pattern. This paper summarized the current status of the development of potash feldspar soil conditioner products registered in China's market and the main raw materials, production technology, technical indexes and agricultural effects of these products, and discussed the policy support related to the development of the industry, product and technological innovation, standard system construction and other issues, put forwarded the relevant suggestions.

Key words: potash feldspar; soil conditioner; present situation; problems and advice

《中国土壤与肥料》 征稿简则

《中国土壤与肥料》1964年创刊,是农业部主管、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所和中国植物营养与肥料学会主办的全国性专业科技期刊。为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、中国农业核心期刊、RCCSE中国核心学术期刊。被中国科学引文数据库(CSCD)核心库、中国学术期刊综合评价数据库、CBST科学技术文献速报(日)、中国学术期刊文摘、CA化学文摘(美)、CABA农业与生物科学研究中心文摘(英)等收录。以促进土肥学科的发展为宗旨,加快成果转化、推动技术进步为目标。面向科研、教学和生产实践。主要刊登土壤资源与利用、植物营养与施肥、农业水资源利用、农业微生物、分析测试、环境保护、生态农业等方面的新理论、新技术、新产品的试验研究成果与动态。辟有专家论坛、专题综述、研究报告、分析方法、研究简报等栏目。读者对象为农业科研、教学、推广、环保及肥料生产、经营部门的科技、管理人员及农民技术员。

来稿要求和注意事项:

1. 文稿请按“科技论文编写格式”撰写。要求论点明确、层次分明、数据可靠、图表清晰、文字精炼、标点准确,有关数据进行统计分析。
2. 研究论文要有中、英文摘要和关键词。摘要中要含有论文的重要数据。
3. 量和单位及符号采用国家法定计量单位,符合国标对科技期刊的要求,不再使用N、M、ppm、rpm、亩、目等。土壤的磷、钾养分含量需用P、K计算,肥料的磷、钾养分含量用 P_2O_5 、 K_2O 计算。
4. 图、表要有自明性,不要求英文标注。表格采用三线表格式,图一律为黑白图,不要边框、背景和网格线。
5. 参考文献只列出直接引用并已公开发表的文章、著作等。按正文中出现的先后排序(顺序编码制)。文献序号加方括号,在引用处以上标方式标注。中文文献不要求列英文注释。文献作者只写前3人姓名,超过3人后面加“等”,3人之内全部列出。英文文献作者姓名姓前、名后,姓第1个字母大写,名用大写字母缩写(大写字母后不加点)。
6. 在首页脚注位置,标注基金项目、第一作者简介以及通讯作者姓名和信箱。
作者简介: 姓名(出生年-),性别,民族(汉族可省略),籍贯,学位,职称,研究方向。E-mail。
7. 以word格式、A4纸型排版,通过本刊网站远程稿件处理系统在线投稿,并可查看稿件处理进程及录用情况。
8. 文稿著作权属于作者。文责作者自负,本编辑部为保证文稿的规范和精练,可对内容进行必要的修改、删节。作者如有不同意见可在来稿中注明。
9. 文稿请勿一稿多投。论文经初审通过后收取审理费并送专家评审。论文一经录用,确定刊期后收取稿件处理费;刊出后付给作者稿酬,并赠送2本当期期刊。论文刊出后同时以网络方式发布。

地址:北京市中关村南大街12号(100081)中国农业科学院农业资源与农业区划研究所《中国土壤与肥料》编辑部

电话:010-82108656 传真:010-82106225 网址:<http://chinatrfl.alljournal.net.cn> E-mail:trfl@caas.cn