

熔成钙镁磷肥的制造及其肥效的研究

〔日〕中川正男著 何熙曾译 侯德榜校

农业出版社

81.4.1
143

熔成鈣鎂磷肥的
制造及其肥效的研究

[日]中川正男著

何熙曾譯

侯德榜校

江苏工业学院图书馆
藏书章

农业出版社

内 容 提 要

本书介绍日本熔成钙镁磷肥的制造和使用情况。详细地叙述了日本使用磷矿石,适当配合蛇纹石、纯橄榄石、白云石等制造熔成钙镁磷肥的经验和方法。并通过多年大量的钵栽试验和田间试验,论证这种肥料的肥效和理化特性。可供农业科学工作者和化学工业工作者参考。

熔成钙镁磷肥的 制造及其肥效的研究

〔日〕中川正男 著

何熙曾译 侯德榜校

农 业 出 版 社 出 版

北京老钱局一号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 136 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

农业出版社印刷厂印刷装订

统一书号 16144.1472

1965 年 6 月北京制型

1965 年 7 月第一版

1965 年 7 月北京第一次印刷

印数 0,001—3,000 册

开本 787×1092 毫米

三十二分之一

字数 80 千字

印张 五

定价 (料六)六角五分

校 者 序

本书是日本中川正男先生对于熔成鈣鎂磷肥的試制和試驗的总结报道。中川先生在日本于 1949 年試制出“熔成苦土磷肥”，并用缺磷肥土壤（如田无的火山灰土及其他土壤）做了一系列的肥效試驗，因而观测到鈣鎂磷肥中所含的氧化鎂和二氧化硅对水稻等作物有其作用，并发现特别是二氧化硅，对水稻有防治“秋落”现象的作用。

鈣鎂磷肥是一个新的磷肥品种。它在我国 1954 年才开始研究，1958 年开始試生产。从 1958 年起，我国浙江省兰溪，江西省九江和樟树等处，先后試生产，但因生产技术未完全掌握，质量不稳定，加以研磨不够細，使肥效不显著，阻碍了推广。因此，鈣鎂磷肥在我国 1958—1961 三、四年中，因质量不能保证，施用不得法，各地农民曾反映肥效不好，未得到应有的发展。

在日本，鈣鎂磷肥是从 1949 年开始試驗和生产的。在世界，鈣鎂磷肥的历史也是很短的。在 1878 年，德国曾有雷南尼亚熔成磷肥的生产，但它是用純碱和磷矿粉来烧成的，用碱熔的方法溫度低，只須 1350°C 左右，但用蛇紋石、純橄欖石，特别是白云石，溫度須提高到 1470°C 左右。最初的一种熔成磷肥应首推湯馬斯碱性轉炉炉渣磷肥。它是由含磷高的生鉄，用

湯馬斯碱性轉爐煉鋼所得的副產爐渣，這在英、德等國是鋼鐵工業的副產品，含有效磷 10%，12%，13%，乃至 16—18% P_2O_5 不等。這均是枸溶性的磷肥（即這種肥料不溶于水，只能溶解於 2% 枸橼酸，即檸檬酸）或者枸橼酸銨的溶液。

相反地，過磷酸鈣（普鈣）是水溶性的，能溶於水，故在土壤內其肥效發生較快，也不須研磨至細末（其細度有 1—4 毫米）。因鈣鎂磷肥只是枸溶性的，對農作物發生肥效晚，一般肥效只表現於施肥後一個月或更晚，但到施肥後兩三個月時期，其肥效就能趕上或者超過過磷酸鈣。因鈣鎂磷肥不是水溶性的，故在水田里移動性小，不易流失，且不易為土壤中的鐵、鋁等溶解金屬離子所固結，成為不溶解的磷酸鋁或磷酸三價鐵，致失去其有效磷作用。因此，鈣鎂磷肥比過磷酸鈣的後效大，往往施一次鈣鎂磷肥，其後效可及第二、三熟（第二、三作）乃至第四茬作物。這是鈣鎂磷肥肥效的特點。因此，它最適宜於用作基肥，而過磷酸鈣因其肥效快，則適宜於用作追肥。所以，兩者配合使用最為合適，例如每畝用 30 市斤鈣鎂磷肥配入 10 市斤過磷酸鈣，至為恰當，使既有速效又有長效的磷肥作用。鈣鎂磷肥雖是碱性的，但無游离碱，故可與硫酸銨、硝酸銨、氯化銨等短時間混合使用，不導致氨（ NH_3 ）的損失。至於過磷酸鈣，因含有游离酸多，不宜大量用於拌種子，或用於沾秧根。這就不同於鈣鎂磷肥。鈣鎂磷肥用這些方法施肥，得到良好效果，且節約了肥料用量。經驗證明，鈣鎂磷肥與石灰氮混合施用也能發揮良好肥效。反之，過磷酸鈣就不宜與石灰混合使用。

鈣鎂磷肥的生產在日本多用电爐，間有用平爐的。日本當 1962 年共有十二家生產鈣鎂磷肥，其中有十家完全用电爐，一

家用电炉及平炉，另一家純用平炉。在我們中国則多用小高炉（由炼鉄小高炉改造的），也有用电炉，但平炉还在試驗中。一般說来，电炉产品的质量好，可达 20% 以上有效磷 P_2O_5 ；可用較低品位的磷矿石（含 24% 以上全磷 P_2O_5 ），即可制出合格的鈣鎂磷肥；且可用粉矿*。用小高炉能力大（一个 $13 M^3$ 小高炉年产即可达 3 万吨鈣鎂磷肥），可用白煤或 焦炭作燃料，并可用热风节约煤焦，故生产成本較低。

至于施用鈣鎂磷肥的作物多半是：水稻（早稻、晚稻、中稻）、油菜、大麦、小麦、甘薯、芋头、棉花等以及豆科作物（如大豆、豌豆、毛豆、蚕豆等）与豆科綠肥。我国农民通过实践經驗，发现用鈣鎂磷肥通过冬季豆科綠肥（如紅花草、金花草、紫云英、紫花苜蓿、苕子等等）及肥田蘿卜，到次年春季早稻播种之前，将这类豆科綠肥或肥田蘿卜，翻入田內，使早稻既得有磷肥又有氮肥及有机物质，得到大幅度的增产（每市斤鈣鎂磷肥可增产稻谷 3—5 市斤）。这样的“以磷增产”的科学施肥方法，为我国江西、浙江等省农民所发明，是施用鈣鎂磷肥极有經濟意义的方法。假如每亩水稻田于冬季培植綠肥用 40 市斤鈣鎂磷肥，到明春綠肥长成时 犁翻入地，然后栽插早稻秧苗，結果早稻除得到磷肥效益外，又得到每亩約合 35 市斤硫酸銨的氮肥效益。这样“以磷增氮”的方法起了重大作用，比单独施用鈣鎂磷肥或单独施用硫酸銨效果都优越。再者，鈣鎂磷肥对于飼草及綠化青草也有显著的效用。

本书譯述日本方面使用鈣鎂磷肥的农业試驗工作頗为詳

* 蛇纹石因含结晶水，故应先干燥，装入电炉，以免电缆接头腐蚀，这可结合粉矿烧結办理。

尽,但未包括“以磷增产”的方法的重要报道。另一方面,本书强调了钙镁磷肥比过磷酸钙肥效高。按我国农民的經驗,應該說,钙镁磷肥的后效比过磷酸钙好,但对当季的作物,钙镁磷肥的肥效(在同样的条件下)經常略逊于过磷酸钙(約合90%左右),有时比过磷酸钙增产多一点,但不是常見的。中川先生的試驗报道強調钙镁磷肥优于过磷酸钙(指对当季作物)不符合我国农民的經驗。

按我国江西、浙江等省农民的經驗,钙镁磷肥最好用于酸性土壤(pH在6.5以下的各种土壤)、缺有效磷的土壤和缺有机物的土壤(如新垦荒的丘陵旱地),低洼的返浆田、有冷泉的丘陵地区的冷浸田(或冷底田)、紅壤的結板田,以及一切含有效磷低的紅色、紫色、黄色酸性土壤。茲举各省典型数例于此:江西省的紅土壤、紅泥田、鱗泥田(南城、宁都等处);浙江省的白泥田(长兴等县);湖北省的崗地黃土(襄陽等县);皖南山区紅黃土;江苏省西南部的紅砂土、板浆白土;湖南省的酸性紅黃土、鴨屎泥(祁陽等县);广东省的赤土、紅黃土、鉄锈水田、咸酸田;四川省的黃泥田、紅泥土(眉山等县);广西僮族自治区的黃泥土(南宁、柳州等县);云南及貴州省的黃泥土、紫泥土;青海省川水地区的紅土。福建省有三分之一土壤缺磷,含全磷不到0.05%。即在我国北部也有不少这样酸性、缺有效磷的土壤,如黑龙江的白浆土;辽宁省棕黃土、淤泥土;河北省的黃土等等。据初步估計,我国約有3亿亩这样的土壤(不包括盐碱土,pH大于7.5,缺有效磷的,如河北省的滄县、蘆台等地)。我国农民一般需用磷肥較多,假如从小的限度計算,只說对这样的土壤每亩平均用40市斤钙镁磷肥,則3亿亩这样的

土地面积，需要年施鈣鎂磷肥六百万吨（这还不包括有些碱性、缺有效磷的土地，应施用过磷酸鈣的量），我国需要磷肥数量之大，由此可知！

我国农民对施用鈣鎂磷肥总结了以下的几条經驗：（1）早施比晚施好；（2）集中施（靠农作物根系施）比分施好；（3）用作基肥比用作追肥好；（4）用于豆科作物比用于其他作物好（除非用“以磷增氮”通过綠肥的方法）；（5）对小麦、油菜、棉花用于拌种好；（6）对水稻用沾秧根、塞禾兜等法好，且每亩只需 10—20 市斤左右鈣鎂磷肥，可以节省肥料。但无论用何种方法，鈣鎂磷肥的后效比过磷酸鈣强。若包括后效計算，則鈣鎂磷肥的肥效，的确比过磷酸鈣优越。但鈣鎂磷肥只是枸溶性的，发挥肥效慢，不如过磷酸鈣使秧苗回青快、发挥肥效早。

一般說来，用鈣鎂磷肥分枝早，但根瘤发育較晚、开花成熟期略迟，花期較长，但对下茬作物的成熟时期一般提前，子实飽滿，对土壤的总酸度和所含的活性鋁量大都降低，这又是与过磷酸鈣不同的一点。

在此应当指出，磷肥的性质与氮肥不同，并不是在所有的土地上磷肥均能发挥其肥效。这对鈣鎂磷肥尤有意义。鈣鎂磷肥用于含有效磷高的土壤，效果不显著；用作追肥，当季作物可能得不到效益；粒度过粗，撒在作物以外，不易为根系吸收，也不能发挥其肥效；用于非豆科作物，除非通过培植綠肥的方式或另加氮肥如硫酸銨之类配合使用，也不能大幅度地增产。所以农民习惯用鈣鎂磷肥一定要配合大量的厩肥、粪尿、植物堆肥（农家肥）堆沤 7—15 天，然后施用。总而言之，鈣鎂磷肥

的施用效果有种种关系：如(1)土壤性质关系(酸性、缺有效磷、缺有机物的土壤)；(2)农作物的对象(豆科作物、豆科绿肥、饲草或非豆科作物通过“以磷增氮”的方法)；(3)使用方法(集中施如沾秧根、塞禾兜等法)；(4)产品质量关系(含有效磷 P_2O_5 高低)；(5)产品粒度粗细关系(粗粒或细粉末)；(6)施用季节关系(季前或当季，早施或晚施)；(7)前茬作物关系(前茬作物对于磷 P_2O_5 的利用效率，对氮的积累情况)种种。除非掌握了这些技术，不能保证发挥磷肥肥效，得到应有的增产量。因此，推广钙镁磷肥的方法，除了严格控制其产品质量外，还须多注意巩固既得使用的经验，其中对于土壤性质与作物对象尤宜注意。钙镁磷肥应施在地表下 50—70 毫米深处，在作物根系密集部位与其密切接触。

按我国农民经验，土壤的全磷含量若在 $0.05\%P_2O_5$ 以下，则钙镁磷肥对这土壤的肥效特别显著；在全磷有 $0.05—0.10\%$ 范围，钙镁磷肥可能发挥一定的肥效。但若在 $0.15\%P_2O_5$ 以上，则钙镁磷肥对这土壤的作物增产不多，肥效不显著。

中川先生分钙镁磷肥为“粗粒”(—10 筛目)与“粉末”(—70 筛目)两种，但未说明通过 10 筛目与 70 筛目的百分率。我们推测他是指 100% 通过 10 筛目与 70 筛目的。他说明粗粒的钙镁磷肥在水稻田中肥料流失少，后效大，我们同意这个看法。因水稻对磷肥吸收能力大，而粗粒的钙镁磷肥后效大，故适用于水稻田(早稻、中稻、晚稻)是完全可以理解的。往往，钙镁磷肥对晚稻施用一次，继以种冬季小麦不另施肥，再继以明春栽插早稻又可少施肥或施少肥，其第二作的小麦与第三作的早稻均得到磷肥的效益(后效)，而第三作的早稻得到肥效

(吸收 P_2O_5 量) 竟比第二作的小麦还多。这就说明了水稻比小麦吸收磷肥能力强。但粗粒在旱地作物(如小麦、棉花、油菜等)在同样条件下, 是否与粉末的肥效一样, 似应进一步研究。为了要明了这一点, 特地提出这个意见以供我国农业科学研究工作者试验研究。

另一方面, 中川先生对熔成磷肥(钙镁)作出了这样详细而具体的报道, 并且处处以过磷酸钙为比较对象, 其间还有加入氮肥与钾肥作了复合肥料的试验, 其结果诚足供我国农业科学研究工作者参考, 因此特地译出这本书, 以便于国内参考。如果这书对我国农业科学研究工作者有所裨益, 则译述这书的初愿已偿。

侯 德 榜

1964年8月

日文原序

一般知道，磷酸肥料是农业生产的关键之一。

如何把磷酸的自然资源——磷矿石类作出最合理的处理，以适当的磷酸肥料形态，施于土壤供植物吸取，是农业永远持续发展所迫切希望解决的问题，特别在几乎没有天赋磷矿资源的日本，更加感到有此需要。

本书的写作是从1947年以来约9年间，在东京大学农学部进行研究试验的结果。如果能得到关心农业和肥料事业的人士，尤其对熔成磷肥有兴趣的各方人士的阅读，并给以毫不客气的批评，是非常欢迎的。(下略)

中川正男

1963年8月

目 录

緒 論	1
第一篇 熔成鈣鎂磷肥的制造及其有关 物理化学性质的研究	3
第一章 制造磷肥的基本研究	5
第一节 用碳酸鈉和鎂盐的比較实验	6
第二节 用氧化鎂和二氧化硅的实验	9
第三节 用含鎂岩石的实验	9
第四节 关于氧化鉄及氧化铝的影响的实验	12
第五节 考察有关熔成鈣鎂磷肥制法上的特征	13
(1)关于原料磷矿石	13
(2)关于副原料	15
(3)关于制品的有效磷含量	15
第二章 中等規模的制造实验	16
第三章 工业規模制造的試驗	19
附：使用名词的解释	19
第四章 熔成鈣鎂磷肥的物理化学性质	21
第一节 加热的变化	21
第二节 X 綫試驗	23
第三节 各种有效磷酸检定溶液溶解性能的比較	25
第四节 熔成鈣鎂磷肥各品种对土壤酸性的糾正	28

第五节	熔成鈣鎂磷肥品种在土壤里的消化	30
第二篇	熔成鈣鎂磷肥肥效鉴定的	
	栽培試驗的結果	33
第一章	发芽試驗	34
第二章	諾伊包尔幼植物法的試驗	36
第一节	各种磷肥的肥效比較試驗	37
第二节	熔成鈣鎂磷肥的細度試驗	38
第三章	水稻鉢栽試驗	39
第一节	供試的肥料、土壤及試驗方法	39
第二节	各种磷肥的肥效比較試驗	41
第三节	熔成鈣鎂磷肥的細度試驗	42
第四节	熔成鈣鎂磷肥施用量的試驗	44
第五节	关于难溶性磷肥的肥效研究	45
	附：关于徐冷鈣鎂磷肥的肥效	47
第四章	大麦鉢栽試驗	48
第一节	供試的土壤及肥料	49
第二节	田无土壤的試驗	50
第三节	小黑原土壤的試驗	53
第四节	大麦与水稻鉢栽試驗的比較和研究	54
第五章	各种作物的鉢栽試驗	56
第一节	小麦鉢栽試驗	57
第二节	蚕豆鉢栽試驗	59
第三节	油菜鉢栽試驗	62
第六章	熔成鈣鎂磷肥的后效	64
第一节	对水稻的后效	65
第二节	对大麦的后效	69

第七章	1948—1949年度在日本全国各地	
	对冬季作物所进行的試驗	73
第一节	鉢栽試驗的結果	74
第二节	田間試驗的結果	76
第三篇	关于熔成鈣鎂磷肥特性的	
	肥料学上的研究	80
第一章	关于磷酸特性的試驗	81
第一节	水稻的磷酸吸收过程	82
	(1) 1949年度的试验	82
	(2) 1950 年度的试验	85
	(3) 讨论	89
第二节	共用肥料的影响	92
	(1) 试验设计	93
	(2) 水稻生育状况	93
	(3) 稻谷和稻草的收获量	96
	(4) 收获物的组成	97
第二章	有关副成分的肥效試驗	101
第一节	明确氧化鎂施用于小黑原土壤的效果	101
	(1) 试验设计	103
	(2) 生育、收获量和茬地酸度	105
	(3) 各区收获物的组成及含量	109
第二节	山梨县秋落水田土壤里二氧化硅的效果	112
	(1) 试验设计	113
	(2) 试验结果	114
	(3) 讨论	119
第三节	明确二氧化硅的施用效果	120
	(1) 试验设计	121

(2)第一茬水稻的收获量及组成	121
(3)第二茬至第四茬水稻的收获量和组成	123
第四节 有关含有二氧化硅和氧化镁的矿物质	
肥料的实际意义的研究	128
全书摘要	135
参考文献	137

緒 論

一百多年前, 利比希 (Liebig) (1) (1844) 曾經試圖單用磷礦石或摻和適當的混合物質加以灼燒來制磷酸肥料。從那時起一直到今天有許多人提出過許多製造方法, 然而除了雷南尼亞 (Rhenania) (2) 外, 都失敗了。這些制法大多數採用氧化鈣 (CaO) (通稱石灰) 與氧化鎂 (MgO) (也稱為苦土) 或鹼性鹽類為混合材料的主要物質 (3), 而用含鎂物質的卻較少。尤其是以氧化鎂為混合材料, 明顯地與石灰區別開來, 分頭作研究試制的, 則完全沒有見到。

摩爾斯 (Morse) (4) (1903), 許累達 (Schröder) (5), 卜布 (Popp) (6) (1916) 都利用過氯化鎂, 但主要目的是在製造中利用高溫促成鎂鹽分解時所發生的鹽酸。越爾他斯 (Wolters) (7) (1903)、許利 (Scheele) (8) (1939) 將氧化鎂以硅酸鹽的形態, 康納爾 (Conner) (9) (1909) 及坂本 (10) (1931) 則以氫氧化物的形態來利用。他們都想把氧化鎂作為一部分石灰的代替物與石灰化合物一道混合來用。此外, 渡邊 (11) (1928) 將硅酸鎂與明礬石合用, 其主要目的在於使主要反應簡化。概括來說, 這些制法的主要目標似要將磷礦石的磷酸三鈣轉化為磷酸四鈣。

但是, 近來雅谷 (Jacob) (12) 的研究則認為: 今日世界上的主要磷礦石的磷酸形態, 並不是過去所想象的磷酸三鈣, 而是

含氟的磷灰石。这样就說明了上述各制法之所以失敗的緣故。

同时，作者想象到，不采取雅谷 (Jacob) 等所提出的那种除淨磷矿石中的氟素的办法，而只要以某种方法将磷矿石中的磷灰石的矿物結構加以破坏，就有可能使这矿石的磷轉变为对植物为可給态的养分。又推測到当加热灼烧制造磷酸肥料时，氧化鎂混合后可能与鈉盐的情况相似，而与石灰混合則具有完全不同的作用。

作者更考虑到，从現有資源来看，氧化鎂作为磷酸肥料制造的配合原料，比起純碱等会更便宜，何况氧化鎂是植物的必需养分，經常作为肥料来用，而且它的存在有利于磷酸被吸取(13—19)。因此，乃以氧化鎂为混合材料，研究成功加热制造磷肥的方法，并实现了“熔成鈣鎂磷肥”的工业化。同时曾更进一步研究熔成鈣鎂磷肥的肥料学特性，从而闡明了主要成分的磷酸和石灰、氧化鎂、硅酸盐的肥效特性，并結合日本的农业条件，証明了这个肥料品种的价值。这里所記載的就是全部研究試驗的結果。

此外还須申明，本著作的內容要旨，有許多是自 1948 年以来，曾經陸續在肥料研究所汇报上和日本土壤肥料学会会志上发表过的(20—32)。