

提高肥料利用率研究初报*

——包裹型复肥及其应用

张宝林 侯翠红*

(郑州工学院化工系 450002)·

摘 要: 鉴于国内外肥料利用率普遍较低的现实, 提高肥料利用率的研究已引起人们的广泛关注。新型缓释性肥料——包裹型复合肥将提高肥料利用率的工作向前推进了一步。本文介绍了包裹型复肥的生产工艺、产品类型、肥效以及几种主要作物生长过程中对肥料需求的曲线。提出了为进一步提高肥料利用率, 生产与作物生长相适应的全含量肥料对包复肥的新要求。

关键词: 肥料利用率、包裹肥料 缓释肥料 一次性全含量肥料

中图分类号: TQ440.2

1 概 述

中国是世界人口最多的国家(据1%人口抽样调查, 1995年10月底我国人口已达12亿), 而耕地面积仅为土地总面积的10%左右, 人均耕地面积0.08公顷^[1], 相当于美国耕地面积的1/6。为了在占世界6.8%的耕地上养活占世界20.8%的人口, 发展化肥工业、加速农业的发展, 一直受到政府的高度重视。我国的氮肥工业, 总生产能力已达2500万吨氮。1992年生产尿素1600万吨, 碳酸氢铵5000万吨, 还有一定数量的硝酸铵、氯化铵、硫酸铵等。全国已有700多个过磷酸钙和钙镁磷肥厂, 已经建成或在建的大、中、小型磷铵厂、重钙厂有100多个, 今年全部投产后, 生产能力将达到880万吨 P_2O_5 (以1992年全国过磷酸钙平均含 P_2O_5 13.8%、钙镁磷肥含 P_2O_5 15.70%、磷酸一铵含N11%、 P_2O_5 42%计)。我国的钾肥工业比较薄弱, 1992年生产KCl11万吨(以 K_2O 计), 另外进口一批钾肥弥补不足。

但是, 施肥量的增加与粮食产量的增长是非线性的, 存在“施肥的报酬递减规律”。尤其在近年来, 人们已经发现, 由于长期施用化学肥料, 易造成土壤板结, 有机质及保肥能力下降, 肥料养分利用率低以及造成水源和空气的污染等问题。因此, 如何提高肥料养分的利用率, 减少施肥量已引起人们的广泛关注。

2 包裹型复肥开发的必要性

2.1 科学施肥的需要

*参加研究工作的还有:王好斌 张文辉 汤建伟 孙以中 何大超 李 平 范秀山 段平
王光龙 许秀成等

收稿日期: 1995-10-30

农业生产条件千差万别, 各地土壤、气候、作物特点及耕作制度都不相同, 而农业的施肥也逐步由盲目施肥和经验施肥走向科学施肥, 要求根据作物, 养分比例和用肥水平, 做到少投资、多收入, 提高劳动生产率。因此, 能一次提供多种营养成分的复合肥料是科学施肥和经济施肥的需要, 也是当代农业发展的趋势。

所谓科学施肥, 就是要协调土壤、肥料、作物三者之间的关系。其内容包括施肥的品种、数量、方法、时间等许多技术问题。总的目的是以土壤为基础, 作物为对象, 提高肥料利用率为目的, 确定合理的养分比例、肥料用量和施肥方法。例如, 粉状碳铵和粒状尿素作水稻基肥, 表施时, 氮利用率为 17~28% (碳铵接近下限, 尿素接近上限), 损失高达 47~70%。采用深施或与有机肥混施时, 利用率可提高到 26~38%。研究工作表明, 氮、磷、钾及其他元素肥料施用比例合适, 能使作物对氮的利用率提高约 17%。在水稻上单施磷肥, 磷素利用率为 14%, 氮磷以合适比例配合施用, 其利用率可提高至 30%。而包裹复肥的开发, 其配料的基点, 首先是符合作物对各养分的需求, 采用相应的粘结剂和工艺方法达到的。

2.2 提高肥料利用率, 势在必行

国内外对肥料利用率, 尤其是对氮肥的利用率进行了大量的研究和测定。肥料施入土壤后, 其养分元素去向见表 1。

表 1 土壤中肥料营养元素去向(%)⁽²⁾

肥料养分	植物吸收	土壤固定	淋溶损失	逸入大气
N	40-50	10-20	3-10	20-30
P ₂ O ₅	10-20	80-90	0-3	0
K ₂ O	45-50	40-50	3-10	0

我国的土壤工作者对肥料施于土壤后的利用情况组织了大量的测定分析, 结果表明, 氮肥利用率大致在 25~40%。不同地区、不同作物上田间试验测定氮肥利用率的结果见表 2。

表 2 主要作物对化肥氮的利用率⁽²⁾

作物	肥料	试验数	试验地点	氮利用率(%)	
				平均	变幅
水稻	硫酸铵	385	江苏、	34	30-70
	碳酸氢铵	18	上海、江苏、宁夏、	33	22-39
	尿素	125	宁夏、河南、江苏、浙江、江西、安徽、上海、广西	38	22-62
三麦	硫酸铵	168	江苏、	28	23-31
	碳酸氢铵	28	宁夏、山东、山西、江苏、上海、	30	16-38
	尿素	58	甘肃、宁夏、河南、北京、山东、江苏、浙江、四川、上海	41	9-72

可以看出氮肥施用后, 只被作物吸收利用了约 1/3。

而磷肥的第一季利用率大致为 5~25%, 低于氮肥, 其中水稻 8~20%、小麦 6~26%、玉米 10~23%、棉花 4~32%。

在我国南方的缺钾土壤上, 钾的利用率约为 40~60%。

发达国家, 其氮肥利用率略高于我国, 美国 1970 年利用¹⁵N 示踪技术测定, 作物吸收为 30~70%, 结合进土壤有机质 10~40%, 各种途径损失 15~40%。独联体和东欧国家利用¹⁵N 示踪测定田间试验结果为利用率 40%。

对于热带地区,肥料利用率低的问题更为突出,例如,在哥斯达黎加,受火山灰影响的冲积土上进行的试验表明,三年中在种植五季玉米期间,氮和钾的损失分别达施入量的 65% 和 50%,施入的磷大部分已与铁、铝离子反应而被固定。秘鲁的试验表明,土壤的反复干湿会造成氮的严重损失,此时尿素的利用率只有 20—30%^[4]。

大量事实反映出肥料利用率较低的普遍问题。它不仅对世界能源造成极大浪费,同时导致对环境的污染。因此,不少国家都提出相应对策。例如,荷兰、罗马尼亚等国开展“施肥限量”的研究工作,拟定出各预测年份的“施肥限量”;日本、韩国有计划的关闭、出售一部分化肥装置,而转向生产高附加值的新兴产业。同时,围绕提高肥料利用率的问题,人们广泛开展了缓释和控制释放肥料的研究。针对氮肥的缓效,出现了一系列合成有机氮肥如脲甲醛、异丁叉二脲、丁烯叉二脲等,合成无机氮肥如磷酸铵镁等和各种包膜肥料。如美国的 Osmocote、日本的 Nutricote 和法国的 Platacote 以及包硫尿素等。近年来,日本又研制出一系列不同释放速率的缓释复合肥料^[5];尽量使得肥料养分的释放同作物不同生长阶段的需肥相适应,从而提高肥料利用率,减少施肥工时。如 100 天释放 80%N 素的包膜复肥(LP-100),140 天释放 80%N 素的包膜复肥(LP-400),由速效的氯磷铵与 70 天释放 80%的 M 型肥料、120 天释放 80%的 L 型肥料组合成的 15-15-15 型包膜复合肥料(UCKLL555)等。

2.3 结合国情,开发研究

根据中国的资源情况和施肥习惯,面对农业对复合肥料的要求日趋增长的现实,为解决肥料养分利用率较低的问题,我们在对国内外资料研究的基础上,研究并开发出新型缓释性复合肥料—包裹型复肥。

3 系列包裹型复肥的研制

3.1 我国原料现状及选定

我国化肥生产由于政府的重视,得到了迅速的发展。目前,其总产量已仅次于美国居世界第 2 位,国内化肥产品品种构成见表 3,进口情况见表 4。

表 3 国内化肥品种构成 1990 年

品 种		产 量 (万 t)	占本品种 %	备 注
氮 肥	(NH ₄) ₂ SO ₄	10.4	0.7	全部以 N 计
	NH ₄ NO ₃	57.9	4.0	
	(NH ₂) ₂ CO	488.6	33.4	
	NH ₄ Cl	38.8	2.7	
	NH ₄ HCO ₃	848	57.9	
	NH ₃ ·H ₂ O	8.9	0.6	
	其 他	11.1	0.8	
	合 计	1463.7		
磷 肥	SSP	290.03	70.5	全部以 P ₂ O ₅ 计
	FMP	97.5	23.7	
	DAP+MAP	11.95	2.9	
	合 计	411.6		
钾 肥		4.6		以 K ₂ O 计
总 计		1879.9		

表4 我国化肥进口情况 1991年

名 称	实物量(万 t)	名 称	实物量(万 t)
尿 素	700.51	氯化钾	243.22
硝酸铵	49.38	硫酸钾	42.37
重过磷酸钙	24.84	氮钾复合肥	58.59
氮磷钾复合肥	165.08	总合计	1822.15
磷酸二铵	538.20		

可以看出, 在我国的基础肥料构成中, 氮肥主要为尿素、硝酸铵和碳酸氢铵; 磷肥为过磷酸钙、钙镁磷肥, 磷铵的比重较小; 钾肥的产量较低, 主要来自于进口。而进口肥料中, 尿素、磷铵和氯化钾是主要的, 占进口肥总量的81.33%, 因此, 我们选定原料为:

- 氮肥原料: 以尿素为主, 辅以硝酸铵、部分碳酸;
- 磷肥原料: 过磷酸钙、钙镁磷肥为主, 辅以磷铵。部分品种为磷矿粉;
- 钾肥原料: 氯化钾为主, 特殊要求时, 用硫酸钾。

3.2 包裹型复肥的生产工艺

包裹型复肥不同于国内外的包膜肥料, 其基本思路是以肥料包肥料, 制取适于不同作物, 具有不同缓释性能的复合肥料。即以速效颗粒肥料为核心(如尿素、硝酸铵、重钙、磷铵、钾肥), 以磷肥、钾肥或磷矿粉等为包裹层, 据不同地区和作物的需要, 在包裹层中加入微肥及其螯合剂、氮肥增效剂、植物生长调节剂、农药(杀虫剂、除草剂)等物质, 以无机酸复合物、缓溶剂为粘结剂包裹而成的一种植物营养复合体。调节包裹层的组成、厚度和粘结剂, 可制成各种类型的专用肥料, 其工艺过程见图1。

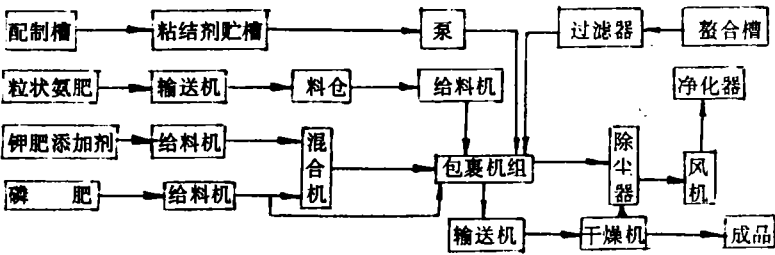


图1 包裹型复肥工艺流程

可以看出, 整个工艺过程可以分为6个部分:

- ①原料的预处理及其供应;
- ②粘结剂的配制及输送;
- ③速效颗粒肥料的供应与包裹;
- ④包裹肥料(半成品)的干燥、冷却和筛分;
- ⑤成品的包装和入库;
- ⑥尾气及环境保护处理。

3.3 包裹肥料的主要系列

- ①尿素——钙镁磷肥系列包裹复肥。主要生产总养分(N+P₂O₅+K₂O)25~35%的产品;
- ②尿素——过磷酸钙系列包裹复肥。此系列要先有一个类似传统法中氨化预处理的过程, 从而保证生产过程的稳定, 同时制出含有一定量的有机质和腐植酸的腐植酸类包裹复肥, 主要产品为中、低品位含量;
- ③尿素——钙镁磷肥—磷铵系列。主要生产中、高品位的包复肥或彩色专用复肥, 品位

一般为 30~45%;

④尿素——磷矿粉系列。此系列要选用合适的磷矿粉代替磷肥而作为磷源,利用合适的粘结剂制成的一种包复肥,又称部分酸化一步法复肥,主要生产中国、低品位的复合肥料,其突出优点是可有效降低生产成本。

4 包裹型复肥的应用

4.1 包裹复肥的农化效果

据中国农科院土肥所利用¹⁵N 示踪技术进行的测定,包裹复肥中氮的利用率较单一尿素要高 35%,较混配肥料高 7.77%。同时在中国的南方、北方不同土质和气候条件下进行了大田应用测定。

①在中国南方——江西、广东的农田试验

江西、广东地处亚热带、高温多雨。试验田为红壤地, pH 值 5.28~5.71。试验作物为早稻、晚稻、花生、甘蔗、大豆、小麦和蚕桑,沙田柚,其结果见表 5、6、7。

表 5 包复肥在江西地区的肥效⁽⁶⁾

作物	肥料	1987 Kg/ha	1988 Kg/ha	平均 Kg/ha	增产 Kg/ha	%
早 稻	混合肥	5218.3	5050.0	5124.0		
	包复肥	5468.1	5315.0	5391.6	267.6	5.22
大 豆	混合肥料	739.5				
	包复肥	885.0			154.5	20.89*
晚 稻	混合肥	4717.5	5835.0	5277.0		
	包复肥	4950.0	6105.0	5527.0	251.3	4.76
花 生	混合肥		2722.5			
	包复肥		2854.5		132.0	4.85
小 麦	混合肥		13g/盆			
	包复肥		14g/盆		1g/盆	6.87
谷 子	混合肥		7.0g/盆		1.1g/盆	15.9**
	包复肥		8.1g/盆			

*: 种植早稻后残效。 **: 种植小麦后残效。

表 6 包复肥对桑树的肥效⁽⁷⁾

处理	小 区 试 验			大 田 试 验		
	平均株高 (cm)	株片叶数 (个)	桑叶亩产 (Kg)	平均株高 (cm)	株片叶数 (个)	桑叶亩产 (Kg)
包复肥	102.5	52	1064	143	62	1414
混配肥	102.5	47	1050	133	60	1337
空 白	82	35	770			

注: 株高及叶片数均为 1992 年 10 月 19 日测定结果。

表7 包复肥对沙田柚的肥效⁽⁷⁾

处 理	株施肥量 (Kg)	株幼果数 (个)	落果数 (个)	座果率 (%)	畸形果数 (个)
包复肥	1	36	4	88.9	2
混配肥	1	43	15	65	6

②在中国北方——山东、河南等地的试验。

山东、河南地处暖温带半湿润气候区，夏季炎热多雨，冬季寒冷干燥，大多为石灰性潮土，系黄淮海地区的主要土壤类型。分别对玉米、小麦、谷子、芝麻、大豆、西瓜等作物进行试验测定，其结果见表8、9。

表8 包复肥在河南对小麦、西瓜的肥效

作物	处理	产量(kg / ha)	增产率(%)	1%养分元素,增产量 (kg)
小麦*	空 白	3285	100	
	尿素+普钙	5636	171.5	
	DAP+尿素+K ₂ SO ₄	5070	154.3	
	SSP+尿素+K ₂ SO ₄	5591	170.2(100)	
	三元包复肥	5825	177.3(104.3)	
西瓜**	空 白	19500		
	进口二铵(18-46-0)	41400		22.8
	进口复肥(15-15-15)	35400		23.6
	三元包复肥(13.8-6.3-10)	32100		27.9

*：以等养分进行肥效试验

**：以等原肥施用量进行肥效试验

表9 包复肥在山东及黄河流域的肥效

作 物	肥 料	1987 年 kg / ha	1988 年 Kg / ha	平均 Kg / ha	增产 Kg / ha	%
玉 米	掺混肥	5127	6865.5	5996.5		
	包复肥	5412	7189.5	6301.1	304.8	5.08
小 麦	掺混肥	4680		4680		
	包复肥	4971		4971	291	6.20
谷 子	掺混肥	3515.5	1950	2731.5		
	包复肥	3835.5	2145	2989.5	258	9.40
芝 麻	掺混肥	635.5	874.5	754.5		
	包复肥	714	1000.5	856.5	102	13.50
大 豆	掺混肥	1788	1305	1546.5		
	包复肥	2220	1890	2055	508.5	32.90

③ 在国外的应用

包裹型复肥系一种新型缓释性肥料⁽⁸⁾，其价格远低于国外的缓释肥料。因此有利于在大田作物上推广应用。该技术成果除列入国家科委推广计划，除在国内推广应用外，已开始在国内外推广本技术及其产品。

包复肥产品已批量出口新加坡、马来西亚、印度尼西亚、澳大利亚等国, 同时与多国建立起友好关系。受国家科委委托两次举办国际研讨班进行推广本技术, 受到与会国专家、学者及有关人员的关注。出口至国外的产品, 除外观得到普遍赞誉外, 肥效也得到肯定。新加坡代表正在对几个国家的应用情况写出报告, 澳大利亚的初步报告表明, 包复肥在澳大利亚环境条件下, 在甘蔗和可可上的效果均很好。如在甘蔗上, 包复肥可使甘蔗增产 $12\text{t}/\text{ha}$ 。

4.2 用于开发适合作物生长的一次性全含量肥料

从植物生理学角度来看, 一种理想的肥料应当能以大小合适的速度和浓度向土壤溶液释放养分, 使作物生长过程中不同生长阶段对各养分的要求与肥料中各对应养分的释放相适应。这就是适合作物生长的一次性全含量肥料。这样就提出了两方面的问题: 一方面要研究和确定一定条件下的作物吸肥规律, 另一方面就要制造与吸肥积累规律相一致的肥料, 即不同缓释速率的肥料或控制释放肥料。

不同作物以及同一种作物在达到不同产量时在不同地区的情况是不一样的。例如, 高产冬小麦、玉米、棉花的营养吸收情况, 见图 2~7⁽⁹⁾。可以看出不同作物不同产量要求时, 不同生育期内对肥料养分的要求差别很大。因此, 要满足此方面的要求, 就需制出不同控制释放条件, 不同缓释速率的缓释肥料。不同基型, 不同缓释性能的包复肥将成为其最基本的组成。

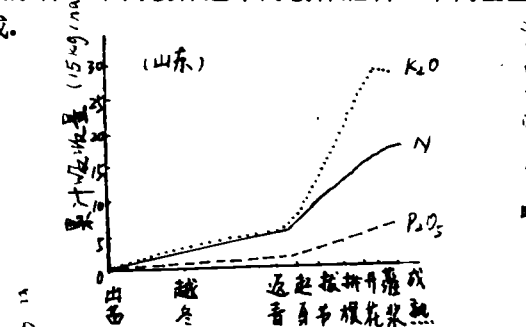


图 2 高产小麦($7740\text{kg}/\text{ha}$)营养吸收特性

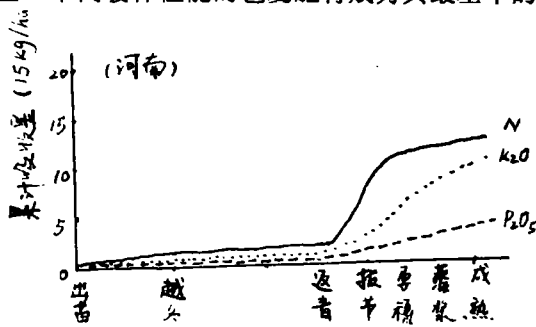


图 3 冬小麦($5940\text{kg}/\text{ha}$)营养吸收规律

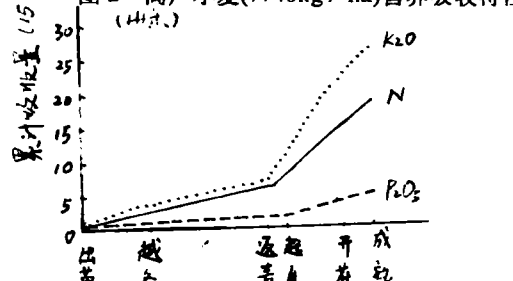


图 4 高产小麦($7032\text{kg}/\text{ha}$)吸肥特性

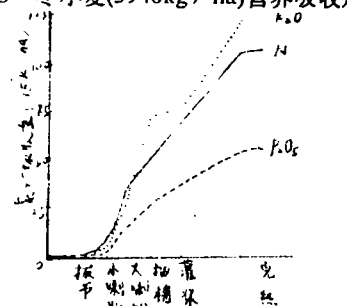


图 5 玉米不同生育期养分吸收量

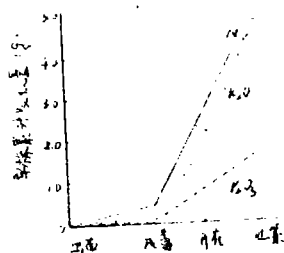


图 6 棉花($1184\text{kg}/\text{ha}$)吸肥曲线

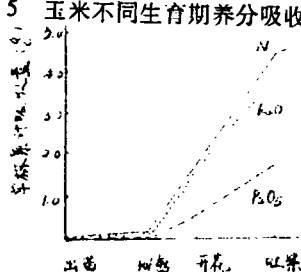


图 7 棉花($961\text{kg}/\text{ha}$)吸肥曲线

参 考 文 献

- 1 化工部技术经济委员会化肥组, 磷肥与复肥, 1995, 10 (3)
- 2 安藤淳平(日) 著 疗华书等译“化学肥料的研究”成都科技大学, 1983.8
- 3 Lin Bao“Crop Requirement for Nutrients and the Efficient Use of Fertilizer,” Proceeding of international workshop on technology of producing compound fertilizer for tropical & subtropical regions, sept. 14-29. 1994 Zhengzhou, China
- 4 O.P.Engelstad, D.A.Russel, Advances in Agronomy, V27 175~204 1975
- 5 上野正夫“土壤氮素和肥效调节型肥料的应用——水稻全量基肥施肥技术”日本“肥料”V31, 1993
- 6 CCF农田试验报告集(一)、(二), 国家“七五”科技攻关项目鉴定资料之十, 郑州工学院1990.10
- 7 何振新, 钟镜锋“包裹型专用复肥的肥效试验”磷肥与复肥, 1994.9 (2)
- 8 Zhang B.L., Wang G.L. and wang H.B“Luxuriance: A slow-acting compound fertilizer from China”, Nitrogen, May / June, 1991
- 9 候翠红“适合作物生长的一次性肥料的研究”, 郑州工学院研究生论文, 1995.5

Preliminary Study on Raising the Utilization Ratio of Fertilizers ——Coated Compound Fertilizer and its Application

Zhang Baolin & Hou Cuihong

(Chemical Engineering Department in Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: In view of the common fact of low utilization ratio of fertilizers both at home and abroad, studies on raising the utilization ratio has attracted people's wide attention. A new type of slow release fertilizer—Coated Compound Fertilizer has pushed the study of raising the utilization ratio of fertilizers forward. The manufacture process, product specifications, fertility of Coated Compound Fertilizer and the nutrients absorption characteristics of several main crops during different growth stages are described, and the new demand on Coated Compound Fertilizer is in order to produce the complete nutrients content fertilizer adapted to plant growth and improve the utilization ratio of fertilizers is put forward.

Keywords: utilization ratio of fertilizer, coated compound fertilizer, slow release fertilizer, complete nutrients content fertilizer, once fertilizer