

尿基氮磷钾复合肥新工艺的研究

董正远¹, 曾希柏^{1,2}, 靳职武¹, 张安才¹, 刘刚¹, 张英鹏^{1,3}

¹史丹利农业集团股份有限公司 山东临沂

²山东省绿色肥料技术创新中心 山东临沂

³蚯蚓测土实验室(山东)有限公司 山东临沂

【摘要】在化肥技术革新的浪潮中,我们历经无数次实验,成功研发出新型尿基复合肥一步法生产技术。该技术以尿素、磷矿等为原料,和传统工艺相比,流程大幅简化,设备需求少,场地占用面积锐减,极大降低了企业运营成本。同时,技术充分利用能源,有效控制能耗,化解了氟污染难题。产出的复合肥营养全面,富含多种微量元素,肥力强劲,在实际农田使用中,农作物增产效果显著,极具推广价值。

【关键词】尿基氮磷钾;复合肥;化肥

【基金项目】国家重点研发计划(2023YFD2300402);泰山产业创新领军人才项目(TSRC202306091);2022年沂蒙创新领军人才岗位项目

【收稿日期】2025 年 4 月 6 日

【出刊日期】2025 年 5 月 8 日

【DOI】10.12208/j.jccr.20250004

Research on the new process of urine based nitrogen phosphorus potassium compound fertilizer

Zhengyuan Dong¹, Xibai Zeng^{1,2}, Zhiwu Jin¹, Ancai Zhang¹, Gang Liu¹, Yingpeng Zhang^{1,3}

¹Stanley Agriculture Group Co.,Ltd., Linyi, Shandong

²Shandong Green Fertilizer Technology Innovation Center, Linyi, Shandong

³Q In Soil Testing Lab (Shandong) Co. Ltd., Linyi, Shandong

【Abstract】 Amidst the tide of fertilizer technology innovation, after countless experiments, we have triumphantly developed a one - step production technology for novel urea - based compound fertilizers. Employing urea, phosphate rock, and other substances as raw materials, this technology, in contrast to traditional processes, substantially streamlines the production flow. With fewer equipment requirements and a sharp reduction in occupied space, it significantly cuts down the operational costs of enterprises. Simultaneously, the technology maximally harnesses energy, effectively manages energy consumption, and resolves the thorny issue of fluorine pollution. The compound fertilizers produced are nutritionally well - rounded, abundant in diverse trace elements, and possess robust fertility. In real - world farmland applications, they demonstrate remarkable crop yield - increasing effects and are highly worthy of promotion.

【Keywords】 Urea - based nitrogen - phosphorus - potassium; Compound fertilizer; Chemical fertilizer

1 前言

1.1 化肥行业发展现状

化肥是农业生产关键要素,对提升农作物产量、保障粮食安全意义重大。联合国粮农组织统计显示,化肥对农作物增产贡献率达 40%-60%。在全球人口增长,粮食需求攀升的背景下,化肥行业重要性愈发突出。伴随农业现代化加速,复合肥凭借养分高、副成分少、物理性状好等优势,成为化肥行业发展趋势。它能同时供应氮、磷、钾等主要养分,满足作物不同生长阶段所需,利于平衡施肥,提高肥料利用率,实现作物高产稳产。

近年来,全球复合肥市场规模不断扩大,应用范围持续拓展,不仅在大田作物,在经济作物、园艺作物等领域的使用量也逐步增多^[1]。

然而,传统的复合肥生产工艺在面对日益增长的市场需求和严格的环保要求时,逐渐暴露出诸多问题,这也为尿基氮磷钾复合肥新工艺的研究提供了必要性和紧迫性^[2]。

1.2 传统工艺的局限

传统的复合肥生产工艺如团粒法、料浆法等,在长期的生产实践中,表现出了一系列的局限性。

在工艺流程方面, 传统工艺往往较为复杂, 涉及多个步骤和设备。以团粒法为例, 需要经过原料粉碎、配料、混合、造粒、干燥、筛分等多个环节, 每个环节都需要相应的设备和操作, 这不仅增加了生产过程的管理难度, 还容易出现设备故障, 影响生产效率。而且, 复杂的流程意味着更长的生产周期, 使得企业的资金周转速度变慢, 增加了生产成本^[3]。

传统化肥生产工艺在能耗与环保上弊病丛生。能耗层面, 干燥工序依赖大量热能除湿, 反应时还需高温高压环境, 致使能源消耗居高不下, 加重企业成本负担, 与节能减排理念背道而驰。

环保方面, 生产全程都在制造污染。废气裹挟氮氧化物、粉尘等, 威胁空气质量; 废水富含氮磷, 未经处理直排, 会引发水体富营养化, 破坏水生态; 废渣若处置失当, 不仅占用土地, 还会造成土壤污染, 严重影响生态环境。

在产品性能上, 传统工艺生产的复合肥也存在一定的不足。养分分布不够均匀, 导致肥料在使用过程中不能充分发挥作用, 影响肥效。颗粒的强度和稳定性较差, 容易出现破碎、结块等现象, 不利于储存和运输。而且, 传统工艺生产的复合肥往往缺乏中、微量元素, 难以满足现代精准农业对肥料全面营养的需求^[4]。

1.3 新工艺研究的意义

研究尿基氮磷钾复合肥新工艺具有多方面的重要意义, 对化肥行业的可持续发展和农业生产水平的提升都有着积极的影响。

从生产效率角度来看, 新工艺有望简化生产流程, 减少设备数量和占地面积, 从而提高生产效率。例如, 一步法生产工艺可以将多个反应步骤合并, 减少了中间环节的物料转移和处理时间, 使生产过程更加紧凑高效。这不仅可以降低企业的建设成本和运营成本, 还能提高企业的市场竞争力。

新工艺在成本管控上成效显著。在能源利用环节, 借助自主研发的高效反应装置与前沿技术, 实现了能源的最大化利用。相较于传统工艺, 不仅在反应过程中大幅降低了对高能耗条件的依赖, 而且在干燥等关键工序里, 也巧妙地减少了热能损耗, 切实做到节能降耗。

从环保角度而言, 新工艺致力于解决传统工艺中的污染问题, 减少废气、废水和废渣的排放, 实现清洁生产。这有助于保护生态环境, 减少化肥生产对环境的负面影响, 符合可持续发展的要求。

在产品性能上, 新工艺生产的尿基氮磷钾复合肥富含中、微量元素, 能够为作物提供更全面的营养, 显

著提高肥效。中、微量元素虽然在作物生长中需求量较小, 但对作物的生理功能和品质有着重要影响。新工艺生产的肥料在颗粒强度、稳定性和养分均匀性等方面也可能有更好的表现, 有利于提高肥料的储存、运输和使用效果, 促进农业的高产稳产。

2 新工艺的研究

2.1 实验原料与准备

本研究采用的主要原料包括尿素、磷矿、硫酸、钙镁磷肥、钾盐等。尿素作为主要的氮源, 其含氮量高, 能够为农作物提供丰富的氮素营养。在选择尿素时, 严格控制其纯度和杂质含量, 确保其符合实验要求。磷矿是磷元素的重要来源, 不同产地的磷矿其化学组成和物理性质存在差异, 因此对磷矿进行了细致的筛选和分析, 以保证其有效磷含量和反应活性。硫酸用于与尿素反应生成硫酸脲, 同时在后续的反应中起到重要的催化作用, 选用高纯度的浓硫酸, 以确保反应的顺利进行。钙镁磷肥富含磷、钙、镁等多种营养元素, 能够为土壤提供中微量元素, 改善土壤结构。钾盐则作为钾元素的来源, 为农作物的生长提供必要的钾素。

在实验前, 对原料进行了预处理。将磷矿进行粉碎, 使其粒度达到一定的要求, 以增加其比表面积, 提高反应活性。通过球磨机等设备将磷矿粉磨至合适的细度, 确保在后续的反应中能够充分参与反应。对尿素进行干燥处理, 去除其中的水分, 防止水分对反应过程产生不利影响。采用热风干燥等方式, 将尿素的水分含量控制在较低水平。

实验中使用的主要设备与仪器包括反应釜、搅拌器、造粒机、干燥器、筛分机等。反应釜是进行化学反应的核心设备, 其材质和结构能够满足反应的温度、压力和耐腐蚀要求。采用不锈钢材质的反应釜, 具有良好的耐高温、耐腐蚀性能, 能够保证反应的安全进行。搅拌器用于促进原料的混合和反应的进行, 通过调整搅拌速度和搅拌方式, 使原料充分接触, 提高反应效率。造粒机用于将反应后的物料制成颗粒状, 以便于储存、运输和使用。干燥器用于去除颗粒中的水分, 提高产品的稳定性。筛分机则用于对产品进行筛选, 分离出不同粒度的颗粒, 保证产品的质量均匀性。

2.2 生产原理探究

新工艺的核心反应之一是尿素与硫酸反应生成硫酸脲。尿素分子中的氨基 ($-NH_2$) 与硫酸分子中的氢离子 (H^+) 发生酸碱中和反应, 生成硫酸脲。这一反应是一个放热反应, 反应过程中会释放出大量的热量^[5]。在实际生产中, 需要合理控制反应温度, 以确保反应的顺

利进行和产品的质量。通过夹套冷却等方式, 将反应温度控制在适宜的范围内, 避免温度过高导致硫酸脲分解或其他副反应的发生。

硫酸脲与磷矿、钙镁磷肥、钾盐等原料发生一系列复杂的化学反应。硫酸脲中的硫酸根离子(SO_4^{2-})与磷矿中的钙、镁等金属离子结合, 形成相应的硫酸盐和磷酸。在这个过程中, 硫酸脲的酸性起到了促进磷矿分解的作用, 使磷矿中的磷元素能够更有效地释放出来。同时, 钙镁磷肥中的钙、镁、磷等元素也参与反应, 与其他离子发生交换和结合, 形成新的化合物。钾盐中的钾离子(K^+)则与其他成分相互作用, 最终形成含有氮、磷、钾等多种营养元素的复合肥。

在反应过程中, 充分利用反应产生的热量。这些热量可以用于预热原料、提高反应温度, 从而减少外部能源的消耗, 实现节能降耗。通过热交换器等设备, 将反应产生的热量传递给原料或其他需要加热的部位, 提高能源利用率。同时, 反应过程中各元素的转化和结合情况也需要密切关注。通过化学分析和仪器检测等手段, 对反应产物进行分析, 了解各元素的含量和存在形式, 确保产品中氮、磷、钾等营养元素的比例符合农作物的生长需求。

2.3 工艺路线设计

本研究采用一步法生产尿基氮磷钾复合肥。首先, 将预处理后的尿素、磷矿、硫酸、钙镁磷肥、钾盐等原料按一定比例加入到反应釜中。在加入原料时, 严格控制各原料的计量, 确保配方的准确性。通过电子秤等计量设备, 精确称取各原料的重量, 按照预设的配方进行投料。

在反应釜中, 原料在搅拌器的作用下充分混合, 发生化学反应。搅拌器的搅拌速度和搅拌时间对反应的均匀性和反应速率有重要影响。适当提高搅拌速度, 可以使原料更快地混合均匀, 促进反应的进行; 但搅拌速度过高, 可能会导致设备磨损加剧和能耗增加。通过实验确定了最佳的搅拌速度和搅拌时间, 以保证反应的充分进行。

反应后的物料进入造粒机进行造粒。造粒过程中, 根据产品的要求, 调整造粒机的参数, 如造粒温度、压力、喷头转速等, 以获得合适的颗粒形状和粒度。较高的造粒温度可以使物料更好地熔融和粘结, 形成更紧密的颗粒; 但温度过高, 可能会导致颗粒表面烧焦或内部结构破坏。通过优化造粒参数, 使颗粒的强度、溶解性和外观等性能达到最佳状态。

造粒后的颗粒进入干燥器进行干燥, 去除其中的

水分。干燥温度和控制对产品质量至关重要。温度过低, 干燥时间过长, 会影响生产效率; 温度过高, 可能会导致颗粒的养分损失或物理性质改变。通过实验确定了合适的干燥温度和时间, 使产品的水分含量符合标准要求。

干燥后的颗粒经过筛分机进行筛分, 将不符合粒度要求的大颗粒和小颗粒分离出来。大颗粒通过破碎机破碎后返回造粒机重新造粒, 小颗粒则作为返料返回反应釜或造粒机, 以提高原料的利用率。经过筛分后的合格产品进行包装, 得到最终的尿基氮磷钾复合肥^[6]。

3 新工艺的优势分析

3.1 流程与设备优势

与传统的复合肥生产工艺相比, 本研究开发的尿基氮磷钾复合肥新工艺在流程和设备方面具有显著优势。传统工艺如团粒法, 通常需要经过原料粉碎、配料、混合、造粒、干燥、筛分等多个环节, 每个环节都需要相应的设备支持。在原料粉碎环节, 需要使用破碎机、球磨机等设备将原料粉碎至合适的粒度; 配料过程中, 需要精确的计量设备来保证各原料的比例准确; 混合环节则需要搅拌设备使原料充分混合均匀。而新工艺采用一步法生产, 将多个反应步骤在一个反应釜中完成, 大大缩短了工艺流程。

在设备数量上, 新工艺明显减少。传统工艺中, 干燥环节需要专门的干燥设备, 如转筒干燥器、流化床干燥器等, 这些设备不仅投资成本高, 而且运行能耗大。而新工艺充分利用反应过程中产生的热量, 减少了对外部干燥设备的依赖, 降低了设备投资和运行成本。同时, 由于工艺流程的简化, 减少了中间环节的物料转移和输送设备, 如皮带输送机、斗式提升机等, 进一步降低了设备成本和维护难度。

占地面积方面, 新工艺也具有明显优势。传统工艺由于设备众多, 需要较大的生产场地来布置设备和存放原料、产品。而新工艺设备少, 流程紧凑, 所需的占地面积大幅减小。这对于土地资源紧张的地区来说, 具有重要的现实意义, 不仅可以降低企业的土地购置成本, 还能提高土地的利用效率^[7]。

3.2 节能与环保效益

在节能降耗方面, 新工艺表现出色。反应过程中产生的热量得到了充分利用。如前文所述, 尿素与硫酸反应生成硫酸脲是一个放热反应, 新工艺通过热交换器等设备, 将这部分热量传递给原料或其他需要加热的部位, 实现了热量的循环利用。在后续的反应中, 产生

的热量也用于预热原料或维持反应温度, 减少了对外部能源的需求。据实验数据统计, 与传统工艺相比, 新工艺的能源消耗显著降低, 这在能源成本日益上涨的今天, 为企业带来了显著的经济效益。

在环保方面, 新工艺有效解决了传统工艺中存在的氟污染问题。在传统的磷肥生产过程中, 磷矿中的氟元素会以氟化氢等形式释放到大气中, 对环境和人体健康造成危害。而新工艺在反应过程中, 通过合理的工艺设计和添加剂的使用, 使氟元素被固定在产品中或转化为无害的物质, 减少了氟化物的排放。新工艺在废气、废水和废渣的处理上也有改进。采用高效的除尘设备, 减少了废气中粉尘的排放; 对废水进行处理和循环利用, 降低了水资源的消耗和废水的排放; 废渣的产生量也明显减少, 且通过合理的处置方式, 实现了资源的回收利用, 减少了对环境的影响^[8]。

3.3 产品性能提升

新工艺生产的尿基氮磷钾复合肥在产品性能上有显著提升。产品富含中、微量元素, 如钙、镁、硫、锌、硼等。这些中、微量元素虽然在农作物生长中需求量相对较少, 但对农作物的生长发育、品质和抗逆性等方面起着重要作用。钙元素可以增强细胞壁的稳定性, 提高农作物的抗病能力; 镁元素是叶绿素的组成成分, 参与光合作用; 锌元素和硼元素对农作物的生殖生长和开花结果有着重要影响。

与传统产品相比, 新工艺生产的复合肥肥效显著提高。通过田间试验对比, 在相同的施肥条件下, 使用新工艺生产的复合肥, 农作物的产量显著提高。在小麦种植试验中, 使用新工艺复合肥的小麦产量相较于使用传统复合肥的小麦产量也显著提高, 且小麦的蛋白质含量、千粒重等品质指标也有所改善。这是因为新工艺生产的复合肥养分分布更加均匀, 颗粒强度和稳定性更好, 有利于农作物对养分的吸收和利用, 减少了肥料的流失和浪费^[9]。

4 结论

4.1 研究成果总结

本研究开发出以尿素、磷矿等为原料的一步法生产新型尿基氮磷钾复合肥新工艺。深入探究生产原理, 明确尿素与硫酸及其他原料的反应过程, 为工艺设计提供理论依据。

工艺路线采用一步法, 原料在反应釜混合反应后, 经造粒、干燥、筛分得到产品。确定最佳生产工艺, 保障产品质量与生产效率。新工艺优势明显: 流程短、设备少, 投资与占地减少; 利用反应热节能降耗, 解决氟

污染; 产品含中微量元素, 养分均匀, 颗粒性能好, 肥效与增产效果显著。

4.2 应用前景展望

该工艺在化肥行业前景广阔。农业现代化和粮食安全受重视, 高效环保复合肥需求增加, 新工艺复合肥符合农业发展趋势, 有望广泛应用。但推广面临挑战, 农民认知与接受度待提高, 需加强宣传推广, 如示范田和技术培训。现有企业改造设备工艺需资金与技术支持。应对策略为加强农业部门、科研机构合作开展示范项目, 提升农民认知; 政府出台优惠政策鼓励企业技术改造; 企业加大研发投入, 完善工艺、提高质量、降低成本, 增强竞争力。

参考文献

- [1] 李勇海. 中国化肥行业发展对策研究[D]. 中国农业科学院, 2013.
- [2] 汪家铭. 国内三种主要复合肥料的生产与市场现状[J]. 中国石油和化工经济分析, 2006, (14): 51-55.
- [3] 陈明良, 朱东明. 复混肥生产技术综述[J]. 化肥工业, 2002, (06): 10-14+60.
- [4] 张慧鹏. 中国农业是如何走上石油化工道路的?——农业生产方式转型的体制机制动力[J]. 开放时代, 2016, (03): 176-189+8.
- [5] 刘阳, 徐勤政, 王州, 等. 硫酸脲制备酸性复合肥[J]. 磷肥与复肥, 2022, 37(08): 14-15.
- [6] 李惠跃, 郑起, 葛建国. 尿基氮磷钾复合肥新工艺的研究[J]. 上海化工, 1999, (21): 22-24. DOI: 10.16759/j.cnki.issn.1004-017x.1999.21.005.
- [7] 杨学智. 国产大型化肥装置新工艺应用及节能降耗实践[J]. 石油石化节能, 2023, 13(01): 30-34.
- [8] 杨学智. 45 万吨合成氨 80 万吨尿素装置中的技术创新与新工艺的应用[C]//宁夏回族自治区科学技术协会. 第十五届宁夏青年科学家论坛石化专题论坛论文集. 中国石油宁夏石化公司, 2019: 3.
- [9] 孙先良. 21 世纪化肥工业展望[J]. 化工生产与技术, 2001, (06): 7-11+1.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS