

秸秆肥料化生产的现状、问题及发展前景

秸秆是成熟农作物茎叶(穗)部分的总称。通常指小麦、水稻(*Oryza sativa* L.)、玉米(*Zea mays* L.)和其他农作物在收获籽实后的剩余部分。农作物光合作用的产物有一半以上存在于秸秆中,秸秆还富含氮、磷、钾、钙、镁和有机质等,是一种具有多用途的可再生的生物资源。秸秆肥料化生产是控制一定的条件,通过一定的技术手段,在工厂中实现秸秆腐烂分解和稳定,最终将其转化为商品肥料的一种生产方式,其产品一般主要包括精制有机肥和有机-无机复混肥的两种产品。利用秸秆等农业有机原料进行肥料化生产的有机肥或有机-无机复混肥产品在改良土壤性质、改善农产品品质和提高农产品产量方面具有重要的意义和显著的效果。近些年来化肥大量投入使土壤的理化性质变差,且影响了作物的品质以及产量的可持续性提高,而秸秆肥料化生产的产品有增加土壤有机质、氮、磷、钾和各种微量元素的含量,减小土壤的容重和增加总孔隙度,保持作物持续增产等作用,是解决以上问题的有效方法。

李国学等利用秸秆堆肥生产的有机肥和有机-无机复混肥对白菜进行了栽培试验,结果显示它们在一定程度上都可提高土壤的有机质、全氮、速效磷、速效钾等含量。此外,有机肥和有机-无机复混肥营养元素的逐步释放减少了淋溶损失并提高了利用率。利用秸秆等农业有机原料进行肥料化生产的产品还可以改善土壤环境,尤其是土壤中各种微生物的组成和数量。众所周知,土壤微生物(细菌、真菌和放线菌)通过自身的生理作用对土壤中的各种元素进行转化和利用,进而使之被植物吸收利用,因此土壤微生物的种类和数量也是评判土壤肥力的指标之一。土壤中有机质的含量多少和成分是影响微生物数量和种类的主要因素,在农业生产中施用适量的有机肥和有机-无机复合肥料可有效增加微生物数量和种类,并提高肥料利用率。农作物产品的品质和产量也会因施用秸秆肥料化生产的有机肥或有机-无机复混肥而提高。季云美和任旭琴考察了有机-无机复混肥对小白菜的品质和产量的影响,结果是较不施肥降低硝酸盐含量11.5%和提高可溶性糖含量42.1%,增产168%;刘杰等研究了有机-无机复混肥对大豆品质和产量的影响,结果显示较常规施肥粗蛋白增加1.04%,粗脂肪减少0.2%,产量增加11.1%;谷洁等[4]以秸秆和畜禽粪便为有机原料生产的有机-无机复混肥在冬小麦生产上的应用试验也表明其具有良好的增产效果,其增产幅度在17.4%~18.7%,同时水分的利用率也提高了13.8%~15.4%。

1 中国秸秆资源及其利用概述

1.1 中国的秸秆资源

中国是农业大国,也是秸秆资源大国。自20世纪末以来,在农业政策的影响下,中国的粮食产量逐年递增,秸秆产量也随之大增。至2007年,中国的秸秆总量除去其他杂粮外已经达到7.47亿吨,约占全球秸秆总量的20%~30%,且50%以上主要分布在四川、河南、山东、河北、江苏、湖南、湖北、浙江等省区。中国的秸秆产生量中稻谷、小麦和玉米3种谷类作物的秸秆产量占总产量的85%以上(2007年)。秸秆是一种具有多用途的可再生的生物资源,除含有纤维素、半纤维素、木质素、蛋白质、脂肪和灰分等有机物质外,还富含氮、磷、钾、钙、镁和硅等矿质元素[6]。张夫道等人的统计表明,豆科作物秸秆含氮较多,禾本科作物秸秆含钾较丰富,作物秸秆提供的养分约占中国有机肥总养分的13%~19%,是农业生产重要的有机肥源。

表2和表3分别提供了几种作物的矿物质和有机质种类及含量[8]。经测算,6亿吨秸秆中氮磷、钾养分含量分别相当于400万吨尿素,700万吨磷酸钙,700万吨硫酸钾,而2005年中国的氮肥、磷肥和钾肥的施用量也不过2229.3万吨、743.8万吨和489.5万吨。由上可见,中国的秸秆资源是异常丰富的,只要加以合理利用就能变废为宝。

表2 几种农作物秸秆的元素成分含量

种类	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Si
水稻	0.60	0.09	1.00	0.14	0.12	0.02	7.99
小麦	0.50	0.03	0.73	0.14	0.02	0.003	3.95
大豆	1.93	0.03	1.55	0.84	0.07		

1.2 中国秸秆的现有利用方式概述

当今,中国的秸秆大部分已经通过不同的方式加以开发利用。这些利用方式主要包括秸秆还田、秸秆能源化、秸秆饲料化、秸秆栽培食用菌等。秸秆还田主要包括机械化粉碎还田和覆盖、堆沤还田。它在秸秆肥料化利用中占有重要地位,只是机械化直接粉碎还田一项的利用量就已经相当于秸秆总量的15%左右,而秸秆还田面积也占到总播种面积的15%左右[9]。研究证实,坚持常年秸秆还田不但在培

肥阶段有明显的增产作用，而且后效十分明显，有持续的增产作用。

表3 几种农作物秸秆的有机成分含量

%

种类	灰分	纤维素	脂肪	蛋白质	木质素
水稻	17.8	35.0	3.82	3.28	7.95
小麦	4.3	34.0	0.67	3.00	21.2
玉米	6.2	30.0	0.77	3.50	14.8
豆科干草	6.1	28.5	2.00	9.31	28.3

秸秆能源化利用技术主要包括秸秆固化成型燃料、秸秆发电、秸秆沼气(生物气化)、秸秆热解气化秸秆干馏等方式，但是中国在设备生产、利用效率等方面还存在很多的问题需要解决。

秸秆饲料化是将秸秆作为牲畜饲料进行利用，可以说是秸秆最早的利用方式之一，现代用秸秆生产动物饲料的方法主要有直接饲喂、秸秆氨化、秸秆青贮、发酵生产单细胞蛋白饲料等几种。秸秆饲料化在中国养殖业大发展的背景下也是秸秆有效利用的重要方面之一。

秸秆栽培食用菌是指利用秸秆作为培养料生产食用菌，随着利用技术的日臻完善，现在生产的品种已有二十多种，主要包括各种平菇)、香菇、木耳和灵芝等。此外，部分秸秆还用于酒精、板材、造纸等工业产品的生产。但即使如此，还有相当一部分秸秆未得到合理利用而成了环境污染的重要因素。肥料化生产是秸秆较有前景的利用方式之一，下文将着重从其现状、存在问题和发展前景等方面进行相关介绍。

2秸秆肥料化生产现状

作物秸秆本身养分不均衡、含量偏低和不易腐熟，常常需配合养殖场产生的畜禽粪便、生活垃圾、污水处理厂产生的污泥等物料来共同进行肥料化生产，且需添加一些专用的菌剂。秸秆用量要依据其他物料的养分含量、含水率等进行调节，加入经过粉碎加工的秸秆可以有效的改善发酵物料的碳氮比和含水量，从而利于接种的菌剂发挥作用。此外，也有一些研究尝试对秸秆直接进行堆肥化生产，但工业化生产还未见诸报道。

2.1中国有机肥生产现状统计表明，20世纪50年代中国的肥料投入中99%

是有机肥，至70年代萎缩到施肥总量的2/3，90年代则已不足1/4。近年来，随着绿色食品、有机食品等需求的发展和长期不施、少施有机肥带来的问题，人们又开始重视对有机肥的投入，促使了中国有机肥产业的大发展，至今已发展出多种生产工艺和产品，但大体可划分为精制有机肥和有机-无机复混肥两大类。

精制有机肥一般由农作物秸秆或畜禽粪便经腐熟、发酵、灭菌、混拌、粉碎等工艺加工而成，其原料多为农业废弃物，其主要功能成分有机物的含量多在50%以上，主要用于有机食品和绿色食品生产;有机-无机复混肥则是指在生产无机复混肥料过程中，加入一定量有机质而制成的肥料，其产品中既含有大量元素，又含有有机质。

该产业自21世纪初以来发展迅猛，全国精制有机肥和有机-无机复混肥生产企业分别从156个和294个猛增到现在的687个和615个，相当于净增3倍多和1倍多，同时产量也增长了2倍左右。但有机肥企业呈现地域性分布和规模普遍偏小的特点:有机肥生产企业主要分布于有机肥原料丰富地区(如山东和河北)和经济发达地区(如广东和江苏)，且50%以上集中分布在山东、河北、辽宁、广东和江苏五省;中国有机肥生产企业中年产10万t以上的不到10家，年产5万t~10万t的不足总数的10%，年产1万t以下的则占半数以上。

2.2秸秆有机肥化生产的工艺

秸秆的有机肥化生产工艺根据最终产品的不同而有所差别，对于精制有机肥和有机—无机复混肥来说，精制有机肥的工艺是有机—无机复混肥的工艺中的一部分，而精制有机肥的生产工艺是大体相同的。

2.2.1精制有机肥的生产工艺

秸秆和畜禽粪便等混舍而成的物料经过堆肥化处理以形成精制有机肥制品，生产过程主要包括原料粉碎混合、一次发酵、陈化

(二次发酵)、粉碎和筛分包装几个部分。精制有机肥 现执行行业标准NY 525-2002。

精制有机肥的生产方法主要有条垛式堆肥、槽式堆肥和反应器式堆肥等几种形式，它们各有优缺点，需要根据企业当地的具体情况加以选择，但它们的生产工艺流程大致相同(见图1)。秸秆一般不直接作为原料进行快速堆肥，而是首先进行粉碎处理，前人的试验研究和实践结果显示秸秆粉碎到1 cm左右是最适合进行堆肥的。粉碎好的秸秆和畜禽粪便等其他物料进行混合，其主要目的是调节原料的碳氮比(25~30):1和含水率60%左右，使之适合接种菌剂中的微生物迅速繁殖和发挥作用。据测算，一般猪粪和麦秸粉的调制比例10:3左右、牛粪和麦秸粉的调制比例3:2左右、酒糟与麦秸粉调制比例2:1(还需要调节含水率)左右是较为合适的，但生产上对用料的配比需依物料实际情况再调整。一次发酵(历时约10天)是整个流程中的关键所在，其成功与否直接决定产品的质量优劣，因此，需要在该过程中实时监测物料的温度、含水率、通气量等指标，以便有效控制堆肥进程和产品质量，该过程通常需要及时翻堆操作，其次数在4~5次左右。对该步中的翻堆处理要掌握“时到不等温，温到不等时”原则，即隔天翻堆时即使温度未达到限制的65 °C也要及时进行，或者只要温度达到65 °C即使时间未达到隔天的时数也要进行翻堆。

陈化过程(历时约4~5周)主要是对一次发酵的物料进行进一步的稳定化，期间需插通气孔以满足微生物的氧气所需。陈化后的物料经粉碎筛分后将合格与不合格的产品分离，前者包装出售后者作为返料回收至一次发酵阶段进行循环利用。快速堆肥化方式生产有机肥时，物料大致经历了升温、高温和降温三个阶段，而以上工艺中各个步骤所采取的措施即是为了满足堆肥不同阶段需的条件。

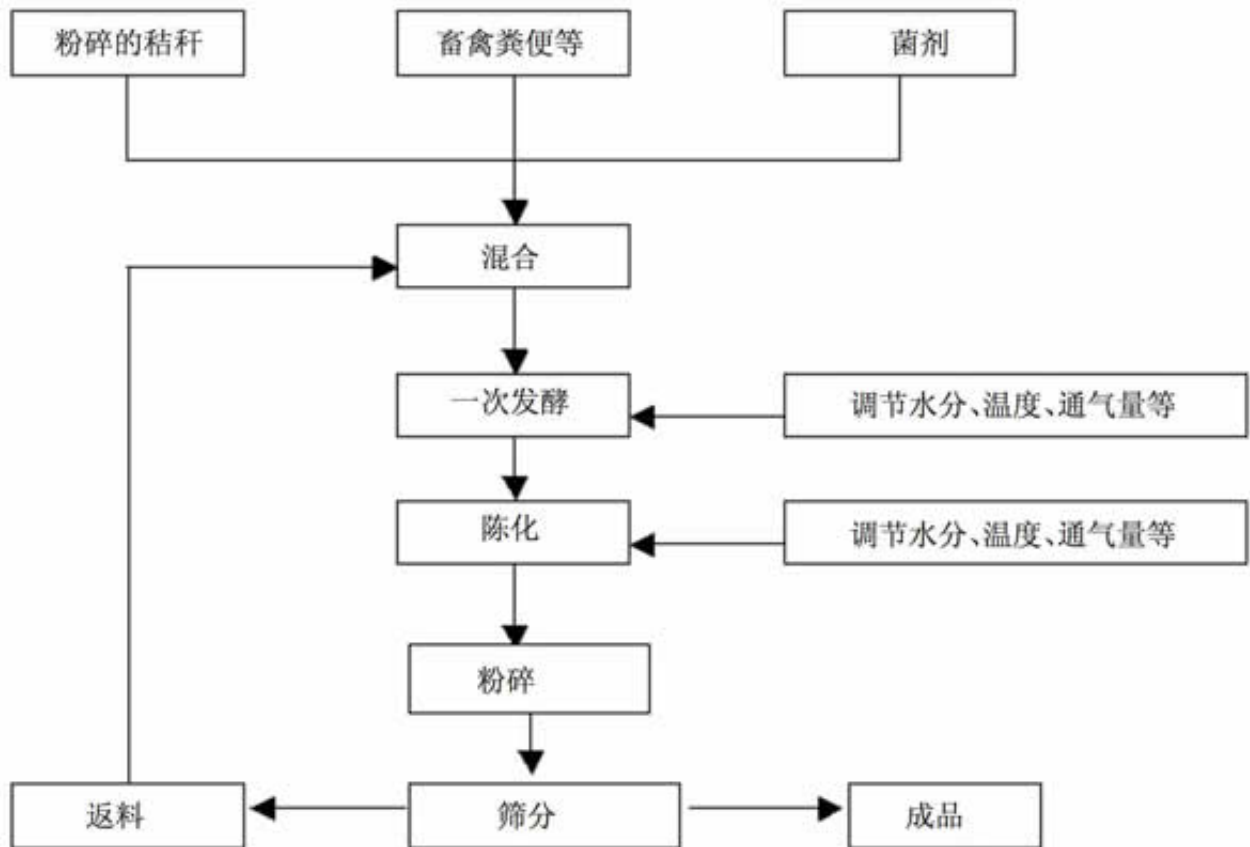


图1 精制有机肥生产的工艺流程

升温阶段大致是混合物料开始堆垛到一次发酵中温度上升至45 °C前的一段时间(2~3天左右)，期间嗜温微生物(主要是细菌)占据主导地位并使易于分解的糖类和淀粉等物质迅速分解释放大量热而使堆温上升。为了快速提高堆体中的微生物数量，常需要在混合料中加入专门为堆肥生产而研制的菌剂。

高温阶段主要是堆体温度上升到45 °C后至一次发酵结束的这段时间(1周左右)，该阶段中嗜热微生物(主要是真菌、放线菌)占据主导地位，其好氧呼吸作用使半纤维素和纤维素等物质被强烈的分解并释放大量的热。该阶段中要及时进行翻堆处理(依“时到不等温，温到不等时”

原则)以调节堆体的通风量、温度50~65°C(最佳55°C),但是绝对不可让堆体的温度增高到70°C,因为此温度下大多数微生物的生理活性会受到抑制甚至死亡。实际上本阶段也是有效杀灭病原微生物和杂草种子的阶段,是整个堆肥生产过程中的关键。

降温阶段对应的是生产工艺中的陈化过程(约4~5周),温度降低到50°C以下,嗜温微生物(主要是真菌)又开始占据主导地位并分解最难分解的木质素等物质。该阶段微生物活性不是很高,堆体发热量减少,需氧量下降,有机物趋于稳定。为了保持微生物生理活动所需的氧气需要在堆体上插一些通气孔。

2.2.2 秸秆的有机-无机复混肥生产工艺 有机-无机复混肥不是简单的有机肥和无机肥的混合产物,它较单一生产有机肥或无机肥要难,主要在于两者造粒不易,或者是造粒产品不易达到国家的有机-无机复混肥产品标准(GB 18877—2002)。有机肥本身性质是不易造粒的主要原因,按国家标准规定,有机肥在整个复混肥的原料中占比重不小于30%,而随着有机肥占的比重增加其成粒难度也会相应增大。

就现有工艺来说,有机-无机复混肥的生产工艺有两个阶段,一个是有机肥的生产阶段,另一个就是有机肥和无机肥的混合造粒阶段。有机肥的生产阶段与精制有机肥的生产相同,秸秆等物料也需要通过高温快速堆肥处理而成为成品有机肥,造粒阶段的流程主要包括有机肥和无机肥的混合、混合料的造粒、颗粒的筛分、产品的包装等几个步骤,其中混合料的造粒阶段是区分现有有机-无机复混肥生产工艺的主要所在,也是研究的重点所在。

根据生产中选择的造粒工艺,在造粒前要对有机肥进行一定的前处理,如工艺要求物料要细腻的需对其进行粉碎和筛分处理,工艺要求含水量低的需进行干燥处理等。

目前,成熟的造粒工艺主要包括以下几种:(1)滚筒造粒:混合好的物料在滚筒中经粘结剂湿润后,随滚筒转动相互之间不断粘结成粒。粘结剂有水、尿素、腐植酸等种类,可依生产需要而定。本工艺主要特点是:有机肥不需前处理即可可直接进行造粒;粘结剂的选择范围广,工艺通用性强;成粒率低,但外观好。

(2)挤压造粒:有机肥和无机肥按一定比例混合,经对辊造粒机或对齿造粒机等不同的造粒机进行挤压或碾压成粒。质地细腻且粘性好的物料比较适合该工艺的要求,此外必要时还需调节含水量以利于成粒。该工艺的主要特点是:物料一般需要前处理;无需烘干,减少了工序;产品含水量较高;颗粒均匀,但易溃散;生产时要求动力大、生产设备易磨损。

(3)圆盘造粒:干燥和粉碎后的有机肥配以适量无机肥送入圆盘,经增湿器喷雾增湿后在圆盘底部由圆盘和内壁相互摩擦产生的力而粘结成粒,最后再次干燥后筛分装袋。圆盘造粒工艺现已发展出连续型和间歇型两种方法。该工艺特点是:有机肥需先行进行干燥粉碎处理,工序繁琐;对有机肥的含量适应性强;颗粒可以自动分级但成粒率偏低,外观欠佳;生产能力适中。

(4)喷浆造粒:有机肥和无机肥按一定比例混合后投入造粒机内被扬起,然后喷以熔融尿素等料浆,在干燥和冷却的过程中逐步结晶达到相应的粒度。本工艺的特点是:造粒需高温;成粒率高,返料少;生产能力强。

除此之外,一些如挤压抛圆造粒的新型造粒工艺也已应用。其工艺流程大致是:物料混合 圆盘喂料 挤压造粒 颗粒抛光整形 烘干、冷却和筛分 计量包装。该工艺兼具挤压造粒和滚筒造粒的优点,产品在成粒性、强度和外观上都不错。产品的颗粒性、强度和外观等关系到产品的市场竞争力。一般情况下,颗粒均匀、强度适宜和外观良好的产品易于得到市场的青睐。

3 秸秆肥料化生产存在的问题

秸秆肥料化生产是秸秆综合利用的重要方式之一,尤其结合畜禽粪便共同进行肥料化生产的形式,使秸秆和畜禽粪便都得到了有效利用。但是,秸秆肥料化生产中也存在一定的问题需要在以后的生产实践或研究中进一步解决。这些问题可以归纳如下:

(1)秸秆虽然来源广泛,但是由于其分布广、质地松散等原因,造成收集、运输、储存、粉碎和发酵成本偏高,不利于控制成本。各种物料的收购价格大约为秸秆200元/m³(鲜基)、猪粪100元/m³(鲜基)、牛粪50元/m³(鲜基)、酒糟160元/m³(3干基),但是由于地域和经济的发展情况不同,各种物料的价格也有所不同。一般来说,有机肥出厂时的价格要在500元/t左右才能有一定利润,而有机无机复混肥则

要在1000元/t以上。2)秸秆的成分由于作物品种、施肥量、施肥品种、收获时期、晾晒程度等以及使用的畜禽粪便的种类、性质和成分含量等的差别造成产品的各项指标不稳定。

(3)秸秆肥料化过程中的一次发酵过程条件不易精确控制，容易造成发酵产物质量不合格。

(4)秸秆肥料化有机-无机复混肥的生产过程中于有机肥本身性质以及选择的造粒工艺不同，使有机-无机复混肥的产品质量有所差别，当前还没有一个足够成熟的造粒工艺可以兼顾产品生产中的各种问题。

(5)对秸秆肥料化生产的研究不够全面和深入，使其还未形成国家级的一套生产标准和规程，不利于对企业进行必要的生产监管。

4秸秆肥料化生产的前景展望

秸秆肥料化生产的有机肥和有机-无机复混肥有无机肥所无法比拟的优势，其对土壤物理结构和化学性质的改变、对作物品质的提高、保持地力和促进粮食持续增产增收等作用已为世人所公认。虽然秸秆肥料化生产过程中存在各种各样的问题，但是随着科技的发展、人们环保意识的提高、政府的进一步关注及其相关支持政策的出台，它必将成为中国肥料产业中的一支重要力量，为解决目前大田生产中的有机肥投入过少问题和秸秆不适当处理造成的环境问题等提供有效的解决途径。总之，秸秆肥料化生产在中国有巨大的市场潜力。为了加快秸秆肥料化生产有机肥或有机-无机复混肥产业的发展，在此建议国家尽早出台有利于其发展的相关鼓励政策，比如出台一些相关的财政补贴政策，加大相关基础研究的人力和财力投入，制定和修改更加符合实际生产需要的标准和规范，建议相关生产企业加强在工艺、设备等方面的研发以及成本的控制研究等。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/114525.html>