

J 主 编 刘银忠

JIEGAN ZHIJIEHUANTIAN JISHU

秸秆直接还田

技术

山西出版集团

山西经济出版社

主 编 刘银忠

JIEGAN ZHIJIEHUANTIAN JISHU

秸秆直接还田 技术

山西出版集团

山西经济出版社

图书在版编目(CIP)数据

秸秆直接还田技术 / 刘银忠主编. —太原: 山西经济出版社, 2008.7 (2011.8 重印)

ISBN 978-7-80636-981-4

I. 秸… II. ①刘… III. 秸秆—应用—研究 IV. S38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 118907 号

秸秆直接还田技术

主 编: 刘银忠

责任编辑: 张 蕾

出 版 者: 山西出版集团·山西经济出版社

地 址: 太原市建设南路 21 号

邮 编: 030012

电 话: 0351-4922133 (发行中心)

0351-4922085 (综合办)

E-mail: sxjfx@163.com

jingjshb@sxskcb.com

网 址: www.sxjjcb.com

经 销 者: 新华书店

承 印 者: 山西三联印刷厂

开 本: 850mm × 1168mm 1/32

印 张: 3.75 彩页: 10

字 数: 100 千字

印 数: 27001-40950 册

版 次: 2008 年 7 月 第 1 版

印 次: 2011 年 8 月 第 7 次印刷

书 号: ISBN 978-7-80636-981-4

定 价: 15.00 元

编委名单

主 编:刘银忠

副 主 编:张藕珠 王晋民

编写人员:刘银忠 张藕珠 王晋民

王海景 王 瑞 康晓东

摄 像:闫贵春 关建世

序

王高勇

农作物秸秆是一种重要的生物资源，同时它还是很好的有机肥资源。农作物秸秆中含有较高的有机质和作物生长发育所必需的营养元素，对于改善土壤结构，增加土壤有机质，提高土壤肥力，增加作物产量甚至改善作物品质都具有明显的作用。据研究分析：小麦秸秆含粗有机物 65%~85%、氮 0.48%~0.5%、磷 0.2%、钾 0.6%~1%。每吨小麦秸秆中含氮 5.65 千克、磷 0.67 千克、钾 12.8 千克，相当于尿素 12 千克、过磷酸钙 9 千克、硫酸钾或氯化钾 60 千克。玉米秸秆含粗有机物 83.2%，其中粗蛋白 2%、粗脂肪 1.5%；叶片含粗有机物 27.5%，其中粗蛋白 2.8%、粗脂肪 0.5%。每吨玉米秸秆含氮 7.84 千克、磷 4.2 千克、钾 12.6 千克。目前，我国每年生产秸秆近 7.4 亿吨。这 7.4 亿吨秸秆含氮 370 万吨、含磷约 90 万吨、含钾 600~700 万吨，相当于我国化肥施用量的 1/4 以上，并且秸秆中还有大量的微量元素及有机质。在现有农业生产水平下，如果每亩耕地还田秸秆 300~500 千克，可增产粮食 25 千克以上，连续三年秸秆还田则可增加粮食产量 1125 亿千克，增加土壤有机质 0.2~0.4 个百分点。如果 1/3 的

秸秆作为饲料,可增加1亿头牛的载畜量;如果1/3的秸秆被合理而高效地用作能源,则可代替6000多万吨标煤的化石能源。若烧掉秸秆,不仅秸秆中有机碳和氮全部被损失掉,而且0~5厘米的表层土壤结构以及土壤微生物环境也被破坏;磷和钾虽然保留于灰分中,但极易被风吹走或被雨淋洗掉。每燃烧1吨秸秆等于消耗2.5万立方米氧气,增加3.4万立方米二氧化碳、18立方米二氧化硫、367.4立方米氮氧化物,这些气体的大量产生,加重了气候干旱程度,促进了“温室效应”的发生和形成。焚烧秸秆产生的大量烟雾,既影响交通,又容易引发火灾,给人民生活和经济建设带来了不良影响。在国外焚烧秸秆,被称为百害无利的野蛮行为。

历史上,我国有利用秸秆的优良传统。农民用秸秆建房蔽日遮雨,用秸秆烧火做饭取暖,用秸秆养畜积肥还田。随着科技进步和社会发展,一方面为秸秆利用开辟了新的路子,秸秆高效综合利用已成为必然趋势;另一方面在农民种植习惯、懒汉农业、农村劳动力缺乏的氛围和形势下,以及受作业机具限制、受柴油价格上涨等因素影响,焚烧秸秆屡禁不止,已成为全社会必须认真对待、各级政府必须痛下决心解决的紧迫问题。

目前我国大部分农田普遍存在有机肥施用量严重不足、土壤结构日益恶化的趋势,耕地地力培肥已成为当务之急。地力培肥的主要措施就是增加土壤有机肥的投入,主要有增施农家肥、商品有机肥、秸秆还田、绿肥翻压还田等措施。然而,目前面临的是农家肥施用数量和绿肥种植面积日益减少、化肥和商品有机肥价格持续上涨,那么,实现地力培肥最好的措施就是秸秆还田,其中又以秸秆直接还田最简单、最直接、最有效。许多实践证明,秸秆直接还田确实能起到改善土壤理化性状、沃土肥田、保持水土、确保农业持续稳定发

展的作用。因此，我们要把秸秆禁烧和秸秆综合利用工作当做农业工作的大事来抓，把合理利用秸秆资源与环境保护作为实施农业可持续发展的重要措施，纳入议事日程，切实抓紧抓好。

要真正做到禁烧秸秆，关键是为秸秆找出路，搞好秸秆的综合利用。从根本上讲，一是要靠发动群众，许多的秸秆还田模式都是劳动人民在生产实践中创造和发展起来的，而且群众是真正的社会实践者，只要他们认可这项技术，这项技术就会得以不断发展创新；二是要靠示范引导，要靠实实在在的示范效果来说话，要靠效益吸引群众。近年来，随着农业机械化水平的不断提高，秸秆还田面积发展较快，到2006年，全国秸秆还田面积已从1990年的3.6亿亩增加到了6亿亩。但秸秆直接还田的潜力仍然很大，要切实采取措施加快推广步伐。要充分发挥农业机械的作用，逐步实现机械化还田作业。多年来，农业和农机部门组织开发出了一批适宜我国农业现状的秸秆直接还田及其配套的新机具，推广了小麦秸秆旋耕覆盖、玉米秸秆粉碎和整秆翻压还田、作物秸秆覆盖还田等机械化还田技术，在很多地区取得了很好的效果，既解决了秸秆焚烧问题，又解决了耕地肥力不足的问题，应当继续作为培肥土壤、提高耕地质量的一项有效措施来推广。因此编辑出版《秸秆直接还田技术》，其意义正在此。

2008年7月

目 录

序	1
第一部分 国内外秸秆还田技术研究综述	1
一、国内外有关秸秆利用的现状与方向	1
二、秸秆还田的功能及问题	4
三、几个问题讨论	10
第二部分 秸秆直接还田技术	15
一、冬小麦秸秆直接还田技术	15
二、春玉米秸秆直接还田技术	24
三、冬小麦—夏玉米两茬秸秆直接还田技术	52
四、冬小麦—夏绿肥种植技术	65
五、果园秸秆异地还田技术	71

第三部分 秸秆还田机具 79

一、秸秆还田机械化作业过程及使用机具 79

二、机具的正确使用 84

三、部分机具简介 94

附录：秸秆还田及配套机具汇总表 106

参考文献 114

第四部分 秸秆直接还田技术图示 115

一、冬小麦秸秆直接还田技术 115

二、春玉米秸秆直接还田技术 121

三、冬小麦—夏玉米两茬秸秆直接还田技术 130

四、冬小麦—夏绿肥种植技术 132

五、果园秸秆异地还田技术 133

第一部分

国内外秸秆还田技术研究综述

作物秸秆问题，涉及农业、农村及千家万户的农民，也涉及土壤肥力、水土保持、环境保护、再生资源有效利用和可持续发展问题，这是不可忽视的社会大问题。

随着传统农业向现代农业的转变，秸秆的处理与利用也面临着历史性的转变。处理不好，一把火在田间烧掉，不但浪费资源，而且影响环境空气、交通安全，甚至严重影响飞机起落，造成重大火灾事故等；处理得好，可以向农田归还养分，改善土壤理化性状，提高土壤肥力，增加作物产量，保持水土，促进农业良性循环和可持续发展，我们又何乐而不为呢！

一、国内外有关秸秆利用的现状与方向

一般讲，每生产1千克玉米，可产生1.5~2千克秸秆；每生产1千克谷物，可产生1~1.5千克秸秆。据 R.Prasad 估计，世界每年约产生秸秆20亿吨左右。在一些发达国家，如英国、加拿大、澳大利亚小麦秸秆一般是在田间烧掉，而在

另一些国家，如德国则有严格禁止焚烧的法律（Staniforth, 1979）。在不发达国家，如南亚、东南亚作物秸秆是动物饲草和燃料的主要来源，此外棉花、木豆、高粱等秸秆还常用作农舍的建材。热带许多地方，焚烧林地与作物秸秆是常见的事，但也因此而引起土壤的退化。

在美国秸秆还田十分普遍，不但小麦、玉米等秸秆大量还田，而且像大豆、番茄等秸秆也尽量回田。据美国农业部统计，美国年生产作物秸秆 4.5 亿吨，占整个美国有机残物生产量的 70.4%，秸秆还田量占秸秆生产量的 68%（USDA, 1978）。这是一项了不起的成就，对于保持美国的土壤与土壤肥力起着十分重要的作用。此外美国每年生产的动物厩肥共 1.6 亿吨，占有机残物生产总量的 23%，其中有 90% 厩肥回归土壤（USDA, 1978）。可见，美国十分重视有机残物回归自然，并不是像有些人误传的那样，只有中国才重视有机肥而美国是不施有机肥的国家。此外，在美国很多地方将谷物秸秆留在原地以防止水土流失和保蓄水分（Prasad and Power, 1997），许多耕作和播种机具都为此目标而设计。尤其在半干旱地区，如果能将杂草控制住，免耕秸秆覆盖的效果往往优于传统翻耕，但在世界的湿冷或排水不良地区，作物残茬留在原处会造成作物减产。

在我国，传统上作物秸秆是农村的生活燃料与大牲畜粗饲料的主要来源，是一项宝贵的资源。据粗略估计，我国年生产秸秆量 7 亿吨左右。20 世纪末期，尚有近半数用作农户的薪柴，约 1/4 用作大牲畜粗饲料，其他 1/4 还田、沤肥或作其他用途。21 世纪以来，作为农户薪柴用途正逐步减少，还田量逐步增多，同时在经济发达地区与城市郊区田间直接焚烧的面积也在扩大，这个趋势若不加以正确引导将有蔓延之势。

在北方, 秸秆还田的面积在逐年扩大。河北省石家庄市年产秸秆 924 万吨, 用于直接还田与沤肥的占 28%, 过腹还田的占 14%, 其他大部分用作农户薪柴或其他。目前, 为了制止秸秆焚烧, 尤其在机场和主要交通干线附近, 石家庄市每年投入 2000 万元资金发展机械化秸秆还田, 1998 年还田面积已达到 65%。在机械力量强大的北京市, 年推广小麦免耕覆盖播种夏玉米 250 多万亩, 焚烧秸秆的现象得到有效控制。其做法是用带有秸秆粉碎装置的康拜因收割小麦, 并将秸秆均匀撒于地面 (最好再用秸秆粉碎机走一遍, 目的是将康拜因收割留下的 30 厘米麦茬打碎), 然后用免耕播种机播种玉米。玉米收割同时将玉米秸秆粉碎后用缺口重耙耙茬或旋耕, 随之以机械翻耕。山东省农业厅将秸秆综合利用作为促进农业可持续发展的重要措施。他们的主要经验是年推广麦田套种玉米 3100 万亩, 占玉米播种面积的 80% 以上。恒台县是秸秆还田的一个良好范例, 该县实行小麦、玉米两茬套种, 不存在小麦秸秆田间焚烧问题, 1997 年该县有 30% 的玉米秆直接还田, 1998 年有 70% 的麦田实行秸秆还田, 全县现有玉米秸秆还田机 650 台, 小麦联合收割机 885 台。多年的秸秆还田保证了恒台县良好的土壤肥力与耕地质量。山西省秸秆还田工作在全国有很大的影响力。21 世纪以来, 随着农家肥施用数量和施用面积的萎缩, 他们在秸秆综合利用方面探索出适合不同区域实施的技术模式。有玉米秸秆覆盖还田、整秆或粉碎翻压还田, 小麦秸秆休闲覆盖、旋耕复播覆盖以及冬小麦、夏玉米两茬还田为主要模式的秸秆直接还田技术。目前秸秆直接还田已成为全省培肥土壤、提升土壤有机质的主要形式。2006 年, 全省农作物秸秆总量为 1902.67 吨, 秸秆还田面积 2937.24 万亩。其中, 秸秆直接还田面积 1558.65 万亩, 占总还田面积的 53.07%; 秸秆过腹还田面积 668.16 万

亩，占总还田面积的 22.75%；秸秆堆沤还田及其他方式还田面积 422.98 万亩，占总还田面积的 14.40%。全省秸秆综合利用率达 81.82%。

在南方稻麦两熟地区江苏省的张家港市，20 世纪 80 年代秸秆主要用作农户燃料、垫猪圈、沤制草塘泥，秸秆无剩余。90 年代农民改用石化能源，也不在沤制草塘泥，因而秸秆成了包袱。目前已有 34.5 万亩麦草还田，主要模式是机械收麦后通过旋耕耙耖等措施将麦草翻入。21 世纪以来，四川、湖南等省正在逐步推广稻草覆盖还田和油菜秆翻压还田技术。

同时，各地还在探索适宜不同区域的秸秆利用与还田的模式和技术。例如，秸秆氨化、碱化、膨化、微生物化等技术，玉米鲜秸秆青贮技术、玉米整株立秆机耕还田（河北省曲周县）、超高茬麦套稻（江苏姜堰）、小麦秸秆全生育期覆盖（山西）以及微生物加速秸秆腐熟等技术。

二、秸秆还田的功能及问题

近代对秸秆还田功能的研究已有近百年的历史，英国洛桑试验站已积累有百年以上的试验资料，美国在农业现代化进程中进行了大量秸秆还田的研究，中国农业科学院土壤肥料研究所以及各地农业研究机构也进行了许多秸秆还田与土壤肥力关系的试验研究。现将秸秆还田的功能及其问题归纳如下：

（一）增加土壤有机质，改善土壤物理与生物性状

作物秸秆富含纤维素、木质素等富碳物质（约占 40%），它是形成土壤有机质的主要来源。多数试验证明，秸秆还田

有利于更新和增加土壤有机质。山东恒台县 1982~1996 年定点监测结果表明,通过秸秆还田郭家村西土壤有机质由 13.2 克/千克增加到 15.6 克/千克,每年以 1.15% 的速度递增(恒台县农业局)。1997 年和 1982 年相比,全县土壤有机质平均含量由 13.0 克/千克提高到 15.0 克/千克。全县土壤有机质在 1987~1997 年间变化的规律是: $Y=0.1214\ln X+1.222$, $r=0.9767$, $n=11$ (黄进勇)。在陕西的 3 年试验结果,秸秆还田的土壤有机质为 12.7 克/千克,而对照(未还田)的为 10.3 克/千克(彭祖原, 1988)。在黑龙江, 8 年试验结果显示,在 0~20 厘米土层中,土壤有机质无肥处理为 38.25 克/千克、化肥处理为 39.10 克/千克、化肥与秸秆处理为 41.09 克/千克, 20~40 厘米的趋势也相同(汪炎炳, 1991)。在江苏稻麦两熟田上,两年秸秆还田后 6~15 厘米土层土壤有机质为 24.0 克/千克,而对照为 23.10 克/千克。在重庆 3 年稻田压麦秆试验,土壤有机质增加 16%~23% (况凌生, 1986)。在华北, 4 年麦秆还田在砂壤质黄土土壤中有有机质从 8.8 克/千克增加到 10.6 克/千克(徐新宇等, 1985)。山西永济市虞乡镇屯里村刘仲祥连续 27 年推广小麦、玉米秸秆还田技术,土壤有机质由 1980 年的 10.20 克/千克提高到了 2007 年的 29.48 克/千克,提高了 19.28 克/千克,年平均提高约 0.71 克/千克;全氮由 1980 年的 1.06 克/千克提高到 2007 年的 1.48 克/千克,提高了 0.42 克/千克,年平均提高 0.016 克/千克;有效磷由 1980 年的 6.8 毫克/千克提高到 2007 年的 18.4 毫克/千克,提高了 11.6 毫克/千克,年平均提高 0.45 毫克/千克;速效钾由 1980 年的 170.2 毫克/千克提高到 2007 年的 323.4 毫克/千克,提高了 153.2 毫克/千克,年平均提高 5.89 毫克/千克。同时,土壤容重由 1980 年的 1.38 克/立方厘米下降到 2007 年的 1.22 克/立方厘米,下降了 0.16 克/立方厘米。但

也有土壤有机质并未增加的例子，Mgovi 等在意大利 Bologna 大学 22 年秸秆还田长期试验结果得出，秸秆还田对土壤有机质影响很小，增碳甚少。年施小麦、玉米秸秆 500~700 千克/亩，年增碳只为 0.001%，而每亩年施 0.5 吨牛粪年增碳率为 0.015% (Soil Sci.V154, No.1, 1992)。

秸秆还田在增加土壤有机质的同时，在它腐解过程中，促进了土壤微粒的团聚作用。在这方面，它比堆肥的作用要好得多，秸秆还田还改善了土壤物理性状，改善了土壤通气与水分的渗透性和保水能力。麦秸连续还田 10 年后 (200 千克/亩) 0~20 厘米耕层土壤容重降低 0.09 克/立方厘米，土壤孔隙度增加 2.7% (张振江, 1998)。

在秸秆还田腐解过程中，促进了土壤微生物与酶的活动，它提供了微生物所需的能源，还田区 0~20 厘米耕层细菌数和真菌数分别比对照区增加 143% 与 115% (曾广骥, 1985)。秸秆配施适量化肥更有利于细菌的生长繁殖 (方正等, 1991)。调查表明，秸秆覆盖 1 年后土壤蚯蚓数量比对照增加 11%，两年后增加 1.98 倍 (徐新宇等, 1985)。

土壤酶是土壤内生物化学过程的产物，其活性可以作为土壤肥力的指标之一。据研究，秸秆还田的土壤脲酶、磷酸酶、过氧化氢酶等的活性均有提高 (赵哲权等, 1990; 王英等, 1991)。

(二) 返还土壤养分，节省肥料用量

秸秆中含有一定数量的氮、磷、钾以及各种微量元素，在秸秆腐解过程中陆续释放出来而为作物所利用，因此可以减少肥料的施用量。据分析，小麦、玉米、水稻的秸秆分别含氮为 0.51%、0.5% 和 0.60%；含五氧化二磷为 0.12%、0.2% 和 0.14%；含氧化钾为 2.7%、0.6% 和 0.9% (北京农业

大学肥料手册, 1979)。这就意味着, 每亩地若返还 1 吨秸秆, 等于向土壤补充 5~6 千克氮、12~20 千克五氧化二磷和 6~27 千克氧化钾。如果这部分秸秆被移出田间, 等于损失了约 10~12 千克尿素、100 千克过磷酸钙和 12~54 千克硫酸钾或氯化钾。若这部分秸秆烧掉, 则氮将大部分损失掉, 五氧化二磷和氧化钾基本保留于灰分中。

秸秆在分解初期, 因碳氮比宽往往要与作物争夺土壤中的氮, 产生激暴效应。经过一定时期后, 氮素则逐步释放出来。在重庆三年稻田里麦秆还田的结果是: 第一年土壤氮减少 11%~16%, 第二年则增加 9.4%~12.3%, 第三年增加 3.5%~9.5% (况凌生, 1989)。山西的试验结果则是玉米秸秆还田的当年有 14%~18% 的氮被作物利用 (杨晶欣)。

从长期看, 秸秆还田可增加土壤中的含磷量。据研究, 麦秸还田 10 年后土壤有效磷含量增加 32.2~77.5 毫克/千克。在江西, 稻秆还田第六年, 秸秆还田区五氧化二磷为 25.9 毫克/千克, 而对照区只有 14.2 毫克/千克 (罗奇祥, 1989)。但是, 秸秆中含磷量相对较少, 因此秸秆还田后的短期内容易产生与作物对磷的竞争现象, 故秸秆还田配合施以磷肥, 能显著提高土壤有效磷水平 (程宪国, 1991) 与作物对磷的吸收 (王小彬等, 1998), 或加入含磷丰富的禽畜粪更对增产有利 (吴敬民, 1991)。

作物秸秆中含钾量约占整株 (包括籽粒) 的 70%~80%, 故秸秆还田对补充我国缺乏的钾资源有十分显著的效果。在江西, 稻草还田在淹水条件下 1 周就可将秸秆中绝大多数呈离子状态的钾释放出来, 可比对照 (不施稻草) 增加速效钾 63.6 毫克/千克 (罗奇祥, 1986)。在重庆稻田压麦第一年速效钾增加 17%~19%, 第二年增加 35%~55% (况凌生, 1986)。在浙江早稻茬年每亩施 1000 千克稻草的小区含速效

钾量几乎与施化肥钾小区相近。

(三) 秸秆覆盖还田，保土保水

秸秆还田的途径除了用犁等工具翻入土壤外，也可以留在土壤表面，使其逐渐腐解。这种秸秆覆盖与少免耕等技术的结合，可以良好的保持水土、保蓄水分，在半干旱地区或坡耕地上效果尤其明显 (Pasad and Powor, 1997)。秸秆覆盖对保护耕地免遭风蚀、水蚀具有显著效果，在坡度是 15 度的裸地土壤损失达 4.58 吨 / 亩，而在充分覆盖下可减少到 0.11 吨 / 亩 (王小彬等, 1996)。在秸秆覆盖下水分利用率提高 (赵聚宝, 1996)，在干旱半干旱地区 0~10 厘米、10~20 厘米、20~30 厘米土层含水量分别因秸秆覆盖提高 3.15%、1.67%、0.93% (刘巷禄等, 1990)。据朱文珊等研究，秸秆覆盖可增加土壤的有效孔隙，增加渗水性 (朱文珊, 1991)，免耕覆盖还常使 5 厘米的土壤层的有机碳、全氮、可溶性磷、钾等积聚 (Pasad and Powor, 1997)，但下层的土壤有机质与养分却有所减少。

免耕覆盖也有一些负面影响，秸秆覆盖对地温往往有降低作用 (王树楼等, 1992)。在低温的冬季有保温作用，在高温时却有降温作用 (巫东堂等, 1990)，因之延迟春季小麦生长发育 (Donahue, 1983)。在湿冷或排水不良地区，或纬度偏北地区免耕覆盖往往造成减产 (Pasad and Powor, 1991)；免耕覆盖由于整地不够精细，不利于小粒作物出苗，杂草严重，病虫害加多，特别是真菌性病害 (Donahue, 1983)。

(四) 提高作物产量，与年俱增

由于秸秆还田具有以上好处，因而在许多情况下促进作物增产，而且这种效果随着秸秆还田年数的延续而增加。但