

粗饲料 加工处理技术

洪锐民 编 著



东北林业大学出版社

粗饲料加工处理技术

洪锐民 编著

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

粗饲料加工处理技术/洪锐民编著. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1999.5

ISBN 7-81008-978-1

I. 粗… II. 洪… III. 粗饲料-加工-技术 IV. S816.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 27377 号

粗饲料加工处理技术

Cusiliao Jiagong Chuli Jishu

洪锐民 编著

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

黑龙江省教委印刷厂印装

开本 787 × 1092 1/32 印张 3.25 字数 68 千字

2004 年 12 月第 2 版 2004 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 7-81008-978-1

S·234 定价: 4.20 元

目 录

1 绪 论	(1)
2 开发秸秆饲料资源	(4)
2.1 开发秸秆饲料资源的重要意义	(4)
2.2 开发秸秆资源的作用	(5)
2.3 秸秆饲料资源开发的历史和现状	(6)
2.4 作物秸秆的物质组成与营养	(9)
3 秸秆加工处理方法	(13)
3.1 秸秆饲料的物理加工	(13)
3.2 秸秆饲料的生物处理	(18)
3.3 秸秆饲料的化学处理	(23)
4 秸秆的氢氧化钠处理	(26)
4.1 原理	(26)
4.2 处理方法	(27)
4.3 各种秸秆的碱化处理技术	(31)
4.4 碱化秸秆饲料的特点	(36)
5 秸秆的氢氧化钙处理	(39)
5.1 原理	(39)
5.2 秸秆的氢氧化钙处理技术	(40)
5.3 氢氧化钙处理秸秆应注意的问题	(41)
6 秸秆的氨化处理	(43)
6.1 概述	(43)

6.2	氨化方法	(47)
6.3	氨源	(58)
6.4	氨化秸秆品质评定	(62)
6.5	氨化秸秆的饲喂方法	(65)
6.6	氨化秸秆的贮存	(67)
6.7	预防余氨中毒	(69)
7	秸秆青贮	(71)
7.1	青贮原理	(71)
7.2	青贮设施	(73)
7.3	青贮步骤与方法	(79)
7.4	青贮饲料管理	(81)
7.5	青贮品质鉴定	(82)
8	秸秆微贮技术	(86)
8.1	微贮秸秆的特点	(87)
8.2	秸秆微贮原理	(88)
8.3	秸秆微贮设施	(92)
8.4	工艺流程及操作过程	(93)
8.5	微贮秸秆的质量检查	(95)
8.6	微贮秸秆的饲喂效果	(96)
	后记	(98)

1 绪 论

饲料是发展畜牧业的物质基础。我国虽然是农业大国,但人多地少,粮食生产不足。人均粮食占有量不到 400 千克,与世界公认的人均粮食占有量超过 500 千克的标准还存在一定的差距,与发达国家相比,则相差更远。同时,我国虽然有 2.87 亿公顷(43 亿亩)草地,但退化十分严重。尤其是近几十年来,天然草原的优质牧草明显减少,产草量不断下降,草地旱化、沙化、盐碱化日益严重。60 年代中期每公顷产草量还能达到 1 500~3 000 千克的草地,现在的产草量仅为 50~100 千克。因而在我国广大的牧区、半农半牧区和农区,饲料粮食和饲草缺乏的问题已经越来越严重了。如何开发利用农作物秸秆资源,已经成为十分迫切的问题。为此,国务院办公厅于 1996 年 10 月转发了农业部《关于 1996~2000 年全国秸秆养畜过腹还田项目发展纲要》,为推动秸秆资源的开发和转化为饲料,起到了积极的作用。搞好秸秆饲料的处理,已成为发展节粮型畜牧业的一条重要途径。

秸秆饲料主要用于饲喂反刍动物和马属动物。据估计,全世界秸秆年产量约为 20 亿吨。目前,无论是发展中国家还是发达国家都在积极开展秸秆加工处理技术的研究,通过应用适合的秸秆处理技术,来提高秸秆的营养价值,促进秸秆向饲料转化。美国虽然有丰富的谷物类饲料,但仍在不断地研究和开发新的秸秆资源利用技术,以使秸秆更有效地转化

为家畜饲料。美国约为 25% 的秸秆，经处理后用来饲喂家畜。我国每年约产秸秆 7 亿多吨，除作烧柴、造纸、编织等耗用外，大约只有 1.3 亿吨被作饲料利用了，约占秸秆总量的 18.6%。这一比例还是很少的，还有大量的秸秆资源，经处理后可用来饲喂家畜。

秸秆的营养价值较低，粗纤维含量较高，不易消化，非反刍动物利用效果不佳。据测定，秸秆饲料的代谢能约为 8.37 兆焦耳/千克，仅够家畜维持需要。而粗纤维素含量高达 38%~48%，秸秆中可消化蛋白很少，仅为 2%~3%，脂肪为 1%~2%，灰分为 4%~8%，几乎不含胡萝卜素。反刍动物对秸秆的消化率为 40%~50%，而马属动物为 20%~28%，猪约为 17%，鸡为 8.6%。因此，如何增加秸秆的营养价值，提高其消化率，是解决好秸秆开发利用的一项重要任务。

秸秆处理的目的就在于提高其消化的摄入量，提高秸秆的营养价值，增加秸秆的利用率。

秸秆的加工处理方法很多，主要有物理处理、化学处理和生物处理三大类。各种处理方法可相互结合、相互搭配，以起到更好地处理秸秆的作用。

我国的秸秆资源是十分丰富的，据有关资料统计，我国秸秆的年总产量约为 7 亿吨，几乎是我国草原产量的 50 倍，具有很大的开发潜力。经相应调制，可稳定地为家畜提供充足的粗饲料，为我国畜牧业的发展做出重大贡献。自 1992 年国家开始实施秸秆养畜示范基地建设以来，秸秆的开发利用得到了迅猛发展，秸秆氨化、青贮、微贮等技术得以在全国 27 个省、市自治区进行推广应用，并在饲养牛和羊等草食家

畜中取得很大成就。但到目前为止，仍有很多人不知道秸秆处理技术，使大量的秸秆被弃于田间地头，或就地焚烧，造成了秸秆资源的很大浪费，我们应加大力度普及秸秆调制的科学知识，大力推广秸秆处理技术，为广大农民脱贫致富开辟一条新的道路。

合理地开发利用秸秆具有很多优点。一是可以节省大量粮食；二是可以增加肥料，促进种植业的发展；三是可以减少环境污染；四是有利于改善人民膳食结构；五是有助于广大农民脱贫致富。

2 开发秸秆饲料资源

2.1 开发秸秆饲料资源的重要意义

畜牧业产值在农业中比重的大小是衡量一个国家农业产业结构是否合理和经济是否发达的重要指标。目前,我国这一比重为 30%,我国农业 10 年发展长远规划拟定在 2000 年该项比值应达到 50%,因此我国还将继续大力发展畜牧业。我国农业部 1996 年 7 月发布的《关于 1996~2000 年全国秸秆养畜过腹还田项目发展纲要》指出,到 2000 年我国的牛肉年产量的基本目标应达到 700 万吨,羊肉年产量达到 300 万吨。这一产量与 1995 年相比,年增长率分别为 71.1%和 52.3%。而奋斗目标为牛肉年产量 1 000 万吨,羊肉年产量 400 万吨。但是我国人多地少,人畜争粮矛盾十分尖锐,同时随着耕地面积的进一步减少、人口的增长和人们物质生活水平的不断提高,这种矛盾还将持续相当长的一段时期。为了达到这一目标和解决上述矛盾,我们就必须下大力气开发秸秆饲料资源。

开发利用农作物秸秆,发展草食家畜,建立节粮型畜牧业结构,已成为解决我国粮食与饲料矛盾的重要途径。目前,我国人均占有粮食 400 千克左右,这一水平只能解决口粮问题,根本没有充足的余粮来作饲料。为了满足人民对肉类日益增长的需求,必须大力发展草食家畜。充分利用农作物秸

秆饲料，是解决我国粮食问题和高速发展牧畜业的重要战略措施。

目前，我国农业正面临着巨大的挑战：一是人口仍在持续增长；二是耕地面积在逐年减少；三是人民生活水平不断提高，对农产品的需求不断增加。因此，实现农业的可持续发展，保证农产品的有效供应，是一项十分艰巨的任务。为此，我国必须充分利用秸秆资源，实行农牧结合，建立起以草食动物为主的节粮型畜牧产业结构，这才是适合我国国情的畜牧业发展方向。

2.2 开发秸秆资源的作用

开发秸秆资源，发展草食动物，可以取得良好的经济效益、社会效益、生态效益和环境效益。具体作用表现为以下几点。

2.2.1 大幅度地增加了畜产品的产量，丰富了市场供应

秸秆资源的开发利用，有效地促进了畜牧业的发展，使我国的牛、羊肉产量获得了大幅度增加。国务院有关领导在全国第五次农区发展畜牧业座谈会上的讲话指出，到1996年，我国牛肉年产量已达490万吨，是1991年的3.2倍，年递增率为26.1%。而羊肉产量为236万吨，是1991年的两倍。同时奶类产品也有了不同程度的增加。而这一巨大成果，很大一部分是由农区开发秸秆资源、发展草食动物所带来的。

2.2.2 开发秸秆饲料资源，可以节约大量粮食

据报道，1995 年我国的秸秆饲用量为 1.96 亿吨，仅此一项，就为国家节省 2 000 万吨粮食。秸秆养畜，大大地减少了饲料粮的消耗，为缓解我国粮食供需矛盾，起到了重要作用。

2.2.3 开发秸秆饲料资源，能够有效地促进农牧结合

利用秸秆养畜，为农业提供了大量的有机肥，不仅可以减少化肥的用量，降低农业生产成本，而且还可以改良土壤，增肥地力，促进农业生产的良性循环。农区饲养 9 000 多万头牛，每年可提供 10 亿吨厩肥，可供 2 千多万公顷农田使用，能增产粮食 15~25 亿千克。

2.2.4 通过秸秆养畜，带动了其他相关产业的发展，有着巨大的社会效益

由于秸秆养牛、养羊业的发展，带动了牛、羊肉加工，皮革加工，骨、血粉加工等行业的迅速发展，促进了活畜和加工产品的运销，实现了产业的延伸，扩大了城乡就业，富裕了农民，增加了地方财政收入，为农业和农村经济注入了新的活力。

2.3 秸秆饲料资源开发的历史和现状

早在 19 世纪初，凯勒等人就曾采用稀碱液加压蒸煮的办法提高秸秆的饲用价值。1991 年，德国的贝克曼把作物的秸

秆浸泡于稀的氢氧化钠溶液中，经 24 小时后，捞出用清水冲洗，可使秸秆的消化率从 40% 提高到 70%。这一技术一直应用到 20 世纪 70 年代，有的地方至今仍在应用。1964 年，威尔森以改良碱处理秸秆的方法，用浓度为 20%~40% 的氢氧化钠溶液替代了稀碱溶液。然后按每 100 千克用氢氧化钠 4~5 千克的比例，将较浓的氢氧化钠溶液均匀地喷洒在作物的秸秆上，堆放 1~2 天后，不需用水冲洗，即可直接饲喂家畜，从 20 世纪 30 年代起，前苏联曾广泛采用石灰水处理秸秆，即将秸秆浸泡在 4%~5% 的石灰液中，经 24~36 小时，捞出秸秆，沥去多余的水分，即可直接饲喂家畜。据报道，此法可提高秸秆的营养价值 0.5~1.1 倍。以后又发展了用氢氧化钠和石灰水共同处理秸秆的方法，此法可提高秸秆的消化率 30% 左右。这种方法，在一些地方至今仍在应用。1967 年，美国密执安大学首次用液氨处理秸秆获得成功，并不断发展，直到在世界各地推广使用。

在我国，现代意义上的秸秆处理技术应用比较晚。直到 1977 年，才有少量的关于秸秆碱化、氨化及微生物处理技术的报道。直至 1992 年，在全国推广秸秆养牛项目以来，秸秆处理技术才在我国获得广泛的应用。

目前，我国年产秸秆为 7 亿吨，用于饲用的秸秆不到 2 亿吨，饲用率不足 30%，不仅有接近 4 亿吨的秸秆未被利用，而且在已利用的近 2 亿吨的秸秆中，也只有 50% 进行了秸秆处理，另有约 1 亿吨的秸秆是被直接饲喂的。现在，我国推广应用规模较大的秸秆处理技术也只有氨化和青贮两种，由于适宜作青贮的秸秆种类和数量有限，况且青贮秸秆的原理只在于利用以乳酸菌为主体的厌氧发酵，抑制好气性微生物的

生长，阻止秸秆的进一步木质化，延长青贮秸秆的利用时间，改善青贮秸秆的适口性等。而对纤维素、半纤维素和木质素三大非营养物质的结构和组成并无质的改变。所以青贮秸秆只能用于反刍动物，而喂饲单胃动物则无效。氨化秸秆对以上三大类非营养物的破坏也只是很小一部分，它只是为反刍动物提供了非蛋白氮，因此用来饲喂牛羊具有很好的效果，而用于单胃动物则无效。由此可以看出，秸秆处理方法少，应用动物的种类较少，是限制秸秆饲料转化的重要因素。要想拓宽秸秆饲料的利用范围，开发出猪、鸡等各种动物均能利用的秸秆饲料，就必须探索新的秸秆处理技术，找到一种能够降解纤维素、半纤维素和木质素，并将其转化为可被动物吸收利用营养物质的成本低、效益好的有效途径。

纤维素、半纤维素和木质素是在自然界中大量存在的有机物质，使其有效降解，并转化为可利用的碳水化合物是非常有益的，既可变废为宝、造福人民，又可保持生态平衡，减少环境污染。从理论上讲，任何一种物质的生物合成和生物降解机制在生物界都是同时存在的。秸秆干物质的 70%~80%是由纤维素、半纤维素和木质素构成的。事实上，在微生物中降解这三大类非营养物质所需的酶系是全部存在的，因而秸秆物质的转化在理论上是行得通的。但到目前为止，这一问题在实际生产上并未解决。

在美国、英国、加拿大、瑞典、芬兰等国家，正研究以秸秆纤维为原料，生产单细胞蛋白质、有机酸和糖类物质。有人甚至报道了利用秸秆纤维，生产出了蛋白质含量高达 45% 的产品。但这些成果也只能停留在实验水平，由于成本太高，而无法在生产中推广应用。

2.4 作物秸秆的物质组成与营养

2.4.1 作物秸秆的物质组成

在作物秸秆的干物质组成中,含氮化合物的总量极低,只占秸秆干物质总量的 2%~3%。而脂类物质只占秸秆干物重的 1%~2%。在秸秆中含量最高的纤维素、半纤维素和木质素三大类物质加起来,几乎可占秸秆干物质总重量的 80%。它们结构稳定,不易分解,一般情况下,动物对其消化利用率极低。在玉米、小麦、水稻等几大作物的秸秆中,纤维素含量一般为 30%~35%,半纤维素含量一般为 25%~30%,而木质素的含量一般为 15%~20%。

纤维结构非常稳定,一般情况下很难被动物吸收利用。纤维素是由右旋脱水葡萄糖缩合而成的,各葡萄糖单元间以 β -1, 4 葡萄糖苷键结合而成线性纤维分子,每个纤维分子由 800~1 200 个葡萄糖分子组成,分子量一般为 60~150 万。在植物细胞次生壁中,纤维分子和其他细胞壁成分结合成细长的束状结构——微纤维,许多微纤维结合在一起而成微纤维束,各微纤维束中的纤维素分子间通过氢键从侧面连接,形成整齐有序、平行排列的植物纤维。而有些微纤维束则能够与半纤维素和木质素相结合形成牢固的纤维镶嵌结构。

半纤维素是很多种不同的糖及其衍生物缩合而成的。其结构单元主要有木糖、阿拉伯糖、葡萄糖、甘露糖、半乳糖以及它们的各种衍生物。来源于不同植物的半纤维素的构成中,各种糖单元的比例是不同的,但在秸秆半纤维素中存在最广泛的组分是木糖,木糖间以 β -1, 4 糖苷键相连接,具有

很多的分支，各类纤维素的差异往往是由于分支链上的糖单元不同而引起的。在禾本科植物的半纤维素中，在其木聚糖的分支链上多以阿拉伯糖分支占主体，同时，也少量存在半乳糖和葡萄糖分支。木聚糖分子间又可以通过脂键或醚键相连接，形成各种不同类型的高分子衍生物。在植物体中，半纤维素还可以与纤维素、木质素、果胶质、蛋白质等很多高分子化合物相交联，形成稳定而复杂的植物半纤维素类成分。

木质素的结构单元是松柏醇、香豆醇和芥子醇等反式-P-羟苯丙烯醇芳香醇化合物。木质素中各结构单元的组成比例因来源不同而有很大差异，其中松柏醇是各种木质素中最常见的结构单元。木质素分子结构中各单元间主要是以 C—C 键和 C—O—C 键两种共价形式连接的。木质素机械强度很高，有天然塑料之称，在秸秆中，木质素还能与纤维素、半纤维素等相结合，形成更复杂的高级结构。

以上三大类物质都具有很高的机械强度和稳定性，不经处理和彻底降解很难被动物直接吸收利用。开发秸秆饲料资源，就是想办法最大可能地降解这三大类物质，使其成为动物可以吸收利用的有效养分。

2.4.2 作物秸秆的营养特性

用秸秆作饲料，如果直接进行饲喂，效果是很差的，这主要是由其营养价值很低决定的。作物秸秆的营养价值很低，主要是由于其纤维素、半纤维素类和木质素类含量高，而且能量低、粗蛋白质含量少，几乎不含动物所需的各种维生素，并且缺乏矿物元素。因此，要使秸秆成为像干草一样的优质饲料，就必须对其进行处理，以改善其营养价值。而这些处

理必须针对秸秆的营养特性来进行，这样才能获得事半功倍的效果，因而我们必须要了解秸秆的营养特点。作物秸秆，在营养方面主要具有以下特点。

(1) 纤维素类物质含量高

水稻、小麦、玉米三大作物的秸秆，其中中性洗涤纤维分别为 61.9%~74.4%，67.1%~73.0%和 60.4%~71.9%；酸性洗涤纤维分别为 40.2%~53%、51.2%~56.2%和 37.4%~51.1%；而粗纤维含量则分别为 31.8%~40.6%，32.7%~44.3%和 28.6%~39.8%。以上作物中性洗涤纤维含量均高于 60%，而酸性洗涤纤维均高于 40%，而粗纤维含量也几乎都高于 35%。

(2) 粗蛋白质含量低

一般小麦秸秆中粗蛋白质含量为 3.2%~3.5%、水稻秸秆为 3.3%~4.2%，玉米秸秆稍高，为 4.6%~5.8%。平均粗蛋白质含量为 3%~5%，而一般牧草的粗蛋白质含量均在 15%~20%，所以和牧草相比，秸秆的粗蛋白质含量极低，不能满足动物对蛋白质的需求。因而在处理时，可通过添加非蛋白氮，以增加秸秆的含氮量。

(3) 可利用能量低

一般地讲，1 千克秸秆和 1 千克粮食相比所含的总能量是基本相同的，但由于能量的贮存形式不同，可利用的能量差别很大。一般每千克玉米籽实的增重净能为 6.5 兆焦耳，而 1 千克优质玉米秸秆的增重净能为 1.76 兆焦耳，才相当于玉米籽实的 27%。而小麦、水稻等作物的秸秆增重净能与其籽实相比则更低，小麦秸秆只占其籽实的 22.6%，水稻秸秆则约为 25.3%。如果秸秆贮存不当，其增重净能还将下降。一

般情况下，三种作物秸秆的增重净能均在 0.88~1.56 兆焦耳/千克之间。另外它们的粗脂肪含量极低，也是其能量含量低的原因。一般情况下，小麦秸秆的粗脂肪含量为 0.46%~0.68%，水稻秸秆为 0.84%~1.30%，玉米秸秆为 0.93%~1.38%。

(4) 秸秆中缺乏动物生长所必需的维生素类物质

在各种作物秸秆中，几乎都不含有维生素，尤其是维生素 A、维生素 D、维生素 E 等维生素在秸秆中含量几乎为零，所以秸秆必须经过加工处理，以提高其维生素含量。另外，秸秆中矿物元素的含量也不能满足动物生长发育的需要，同时，秸秆中存在大量的硅酸盐类物质，它严重影响动物瘤胃中高糖物质的降解。

从以上可以看出，秸秆作为饲料，直接进行饲喂存在很多不利因素，限制了家畜对秸秆的采食量和营养物质的消化率，制约了家畜的生长发育，从而影响了畜牧业的发展。因此要更有效地利用秸秆饲料，就必须寻找科学方法正确地利用秸秆的有效途径，必须对秸秆进行各种处理和添加各类营养物质。