

# 农作物秸秆饲料 加工与应用

NONGZUOWU  
JIEGANSILIAO  
JIAGONG YU YINGYONG



金盾出版社

## 前 言

农作物秸秆是指各类作物在获取其主要农产品(籽实和块茎等)后所剩留下来的地上部分的茎叶或藤蔓,它主要包括大麦秸、燕麦秸、小麦秸、黑麦秸、稻草、高粱秸和玉米秸以及薯类藤蔓等,也包括黄豆秸、蚕豆秸、豌豆秸、豇豆秸、羽扇豆秸和花生藤等豆科作物茎秆。我国具有丰富的农作物秸秆资源,据统计,我国农作物秸秆年总产量约7亿吨,其中稻草2.3亿吨,玉米秸2.2亿吨,小麦秸1.2亿吨,豆类和高粱、荞麦等秋粮作物秸秆1亿吨,各种藤蔓类1亿吨,这是一宗巨大的饲料资源。但是,目前用来做家畜饲料的仅占15%~20%,而80%左右作为能源被烧掉或供他用,有相当数量的秸秆甚至被毁弃在田间。如果能把秸秆通过科学的加工与调制,即可用来饲养牛羊等草食家畜。发展秸秆畜牧业,这是一个一举多得的“绿色事业”。第一,用秸秆饲养牛羊是解决“人畜争粮”和“猪牛争料”的重要途径;第二,秸秆饲养牛羊,过腹还田,可提供大量有机肥,有利于改良土壤,保护农业生态环境;第三,能增加牛(羊)肉产量,有利于改善我国人民的肉食结构,有益于身体健康;第四,可增加农(牧)民的经济收入,有利于农民脱贫致富奔小康。另外,发展秸秆畜牧业,还可促进屠宰与皮革等加工业以及运销等二、三产业的发展,为城乡居民就业开辟新的途径。因此,开发利用秸秆作为家畜(主要是牛羊等反刍动物)的主要粗饲料资源来发展养牛和养羊业,具有广阔的前景。

近几年,国家农业部在全国推广秸秆养牛技术,先后建立

了 208 个秸秆养畜示范县,有 300 多个研究所和生产单位的 5 000 多名科技人员从事秸秆饲料的利用和开发,每年推广氨化秸秆 3 000 万吨和青贮饲料 8 000 万吨,已获得经济效益 300 多亿元。目前,在生产实践中,已广泛应用而技术上又较为成熟的秸秆加工调制方法有青贮、氨化和微贮等,还有些方法尚在进一步研究试验,经过一定程序后,将会在生产中应用。

笔者根据 10 多年来自己在国内外科研和生产实践中的体会,结合国内外有关著作和报道,总结汇编成本书,目的是希望它在促进我国作物秸秆资源的合理利用、发展草食家畜生产、推动畜牧业更加迅速发展等方面发挥积极作用。同时,也希望为各种畜牧养殖场、畜牧养殖专业农户及广大农民提供一本通俗易懂、简明扼要和操作性强的科普读物,以利于在生产中应用。

本书在编写过程中得到中国科学院动物研究所陈德牛研究员和中国科学院长沙农业现代化研究所马翠兰同志等大力支持,在此一并致以诚挚的谢意!

由于作者水平所限,书中难免有片面或不妥之处,欢迎广大读者不吝指正。

编著者

2000 年 5 月



稻花地放羊



堆垛式秸秆氮化



农村中的稻草垛

氮化与未氮化的稻秆



青贮窖



秸秆切细(碎)机



# 目 录

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| 第一章 农作物秸秆资源及其在畜牧业生产中的作用    | ( 1 )  |
| 第一节 农业资源、农业纤维素类物质和农作物秸秆    | ( 1 )  |
| 一、农业资源的概念、分类及其相互关系         | ( 1 )  |
| 二、农业纤维素类物质                 | ( 2 )  |
| 三、农作物秸秆及其产量                | ( 3 )  |
| 第二节 农作物秸秆利用现状及其在草食家畜生产中的作用 | ( 5 )  |
| 一、作物秸秆利用现状                 | ( 5 )  |
| 二、作物秸秆在草食家畜生产中的作用          | ( 6 )  |
| 三、我国秸秆养畜的进展与成效             | ( 8 )  |
| 第三节 农作物秸秆在生态农业系统中的地位和作用    | ( 9 )  |
| 一、作物秸秆在农业生态体系中的多项利用        | ( 9 )  |
| 二、秸秆的综合多级利用对发展生态农业的意义      | ( 12 ) |
| 第二章 农作物秸秆的基本形态、化学成分及其营养价值  | ( 13 ) |
| 第一节 禾本科作物的基本形态结构           | ( 13 ) |
| 一、禾本科作物植株的基本形态             | ( 13 ) |
| 二、禾本科作物茎和叶的基本解剖结构          | ( 14 ) |
| 第二节 农作物秸秆的化学成分             | ( 17 ) |

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 一、秸秆的一般化学成分·····        | (17) |
| 二、秸秆的纤维素类物质组成·····      | (17) |
| 三、秸秆主要组成成分的化学特性与作用····· | (19) |
| 第三节 农作物秸秆的营养价值·····     | (28) |
| 一、影响作物秸秆营养价值的因素·····    | (28) |
| 二、秸秆营养价值的限制性·····       | (32) |
| 第三章 农作物秸秆的加工调制技术·····   | (33) |
| 第一节 农作物秸秆处理技术概述·····    | (33) |
| 一、物理处理方法·····           | (33) |
| 二、化学处理方法·····           | (36) |
| 三、生物学处理·····            | (37) |
| 四、对各种处理方法的简要评价·····     | (38) |
| 第二节 秸秆碱化处理技术·····       | (39) |
| 一、碱化处理·····             | (39) |
| 二、过氧化氢处理·····           | (45) |
| 三、碳酸钠处理·····            | (46) |
| 第三节 秸秆氨化处理技术·····       | (46) |
| 一、秸秆氨化原理·····           | (46) |
| 二、氨化秸秆的好处·····          | (47) |
| 三、氨化秸秆的主要氮源·····        | (48) |
| 四、秸秆氨化的主要方法·····        | (50) |
| 五、影响氨化秸秆质量的因素·····      | (61) |
| 六、氨化秸秆品质鉴定方法·····       | (63) |
| 七、氨化秸秆的保存·····          | (65) |
| 第四节 秸秆青贮技术·····         | (67) |
| 一、青贮饲料概念·····           | (67) |
| 二、青贮饲料的好处及其在发展草食家畜生产中   |      |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| 的作用·····                       | (67)  |
| 三、青贮饲料的发酵原理、过程及其条件·····        | (70)  |
| 四、适于制作青贮料的饲料种类·····            | (73)  |
| 五、青贮建筑设施·····                  | (76)  |
| 六、青贮原料的准备·····                 | (80)  |
| 七、青贮饲料的制作方法步骤·····             | (81)  |
| 八、青贮饲料添加剂·····                 | (88)  |
| 九、青贮饲料的质量评定·····               | (92)  |
| 十、青贮饲料的开窖与应用·····              | (97)  |
| 第五节 秸秆微贮技术·····                | (99)  |
| 一、微贮饲料概述·····                  | (99)  |
| 二、秸秆微贮饲料的特点·····               | (102) |
| 三、秸秆微贮的原理及其对提高家畜生产性能的作用·····   | (103) |
| 四、秸秆微贮的方法与步骤·····              | (104) |
| 五、秸秆微贮饲料的质量鉴别与使用·····          | (111) |
| 六、制作微贮饲料的关键技术要点·····           | (112) |
| 第六节 秸秆 EM 菌液处理技术·····          | (112) |
| 一、EM 生物技术简介·····               | (112) |
| 二、EM 微贮秸秆饲料制作机理·····           | (114) |
| 三、EM 微贮秸秆饲料的特点·····            | (115) |
| 四、EM 微贮秸秆饲料制作方法及操作要领·····      | (116) |
| 五、EM 微贮秸秆生物饲料的质量鉴定与使用时的事项····· | (117) |
| 第七节 秸秆热喷处理技术·····              | (118) |
| 一、热喷饲料的概念·····                 | (118) |
| 二、热喷饲料的工作原理·····               | (118) |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| 三、热喷装置 .....                   | (119) |
| 四、热喷的效果 .....                  | (119) |
| <b>第四章 秸秆饲料饲喂家畜的应用技术</b> ..... | (121) |
| 第一节 反刍家畜对营养物质的消化和代谢特性 .....    | (122) |
| 一、反刍家畜的消化特性 .....              | (122) |
| 二、反刍家畜对粗饲料的消化与利用 .....         | (124) |
| 第二节 秸秆日粮配合技术 .....             | (128) |
| 一、秸秆补料及其三级饲料化利用原理 .....        | (129) |
| 二、营养性补充料的选择 .....              | (130) |
| 三、使用营养补充料的主要原则 .....           | (134) |
| 四、饲喂秸秆饲料的注意事项 .....            | (134) |
| 五、草食家畜秸秆日粮配合 .....             | (136) |
| 第三节 农作物秸秆饲养肉牛技术 .....          | (138) |
| 一、氨化秸秆饲养育肥牛 .....              | (138) |
| 二、青贮秸秆饲养育肥牛 .....              | (141) |
| 三、微贮秸秆饲养肉牛 .....               | (142) |
| 四、秸秆饲养育肥牛典型饲料配方介绍 .....        | (142) |
| 第四节 农作物秸秆饲养奶牛技术 .....          | (149) |
| 一、秸秆饲喂干奶期的奶牛 .....             | (149) |
| 二、秸秆饲喂泌乳期母牛 .....              | (150) |
| 第五节 农作物秸秆饲养水牛技术 .....          | (152) |
| 一、水牛的饲养特点 .....                | (152) |
| 二、饲养水牛的秸秆日粮 .....              | (152) |
| 第六节 农作物秸秆养羊技术 .....            | (153) |
| 一、羊的舍饲喂养及其日粮类型 .....           | (153) |
| 二、羔羊的喂养 .....                  | (154) |

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 三、青年羊的喂养 .....              | (154) |
| 四、泌乳期母羊的饲养 .....            | (154) |
| 五、秸秆饲喂羊的具体实例 .....          | (155) |
| 第七节 粗饲料饲养肉鹅技术 .....         | (156) |
| 一、鹅的生长特点与营养需要 .....         | (156) |
| 二、肉鹅的优化草粉(秸秆)日粮及其饲养效果 ...   | (157) |
| 附录 .....                    | (158) |
| 附录 I 牛常用饲料成分与营养价值表 .....    | (158) |
| 附录 II 生长、肥育牛营养需要 .....      | (165) |
| 附录 III 生长或肥育牛饲料配方 .....     | (171) |
| 附录 IV 肉用(含兼用)怀孕母牛饲料配方 ..... | (200) |
| 附录 V 肉用(含兼用)哺乳母牛饲料配方 .....  | (204) |
| 附录 VI 水牛的营养需要 .....         | (208) |
| 附录 VII 役牛每日营养需要 .....       | (212) |
| 主要参考文献 .....                | (213) |

# 第一章 农作物秸秆资源及其在畜牧业生产中的作用

## 第一节 农业资源、农业纤维素类物质和农作物秸秆

### 一、农业资源的概念、分类及其相互关系

资源,是泛指人类从事社会活动所需的全部物质基础。人类农业活动所依赖的自然条件和社会条件构成农业资源。依据资源的直接来源,农业资源又可分为自然资源和社会资源两大类。直接来自自然界的阳光、空气、水和土地等都是农业生产所依赖的自然资源;直接来自其他社会部门的农药、化肥和农机等都是农业生产所依赖的社会资源。自然资源又可以进一步分为可更新资源(即再生资源)和不可更新资源(即非再生资源)。太阳辐射、水力、风力、地热和各种生物构成的资源属可更新资源,它们能连续不断地或周期性地被产生、补充和更新。不可更新资源缺乏这种补充和更新的能力,或者其补充和更新周期相对人类经济活动来说是太长了。煤、石油和铁矿等都属于不可更新资源。农业资源的组成及其相互关系如图 1-1 所示。由图 1-1 可知,农作物秸秆属于农业资源中的自然资源的可更新资源,它是与生物过程有关的资源。

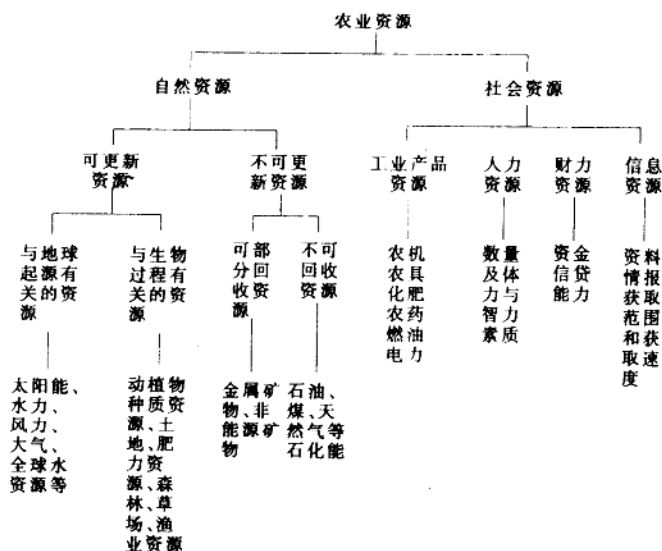


图 1-1 农业资源的分类(据骆世明等,1987)

## 二、农业纤维素类物质

所谓农业纤维素类物质,是指在各种农业生产活动中,在获取了农(畜)产品(粮食、蔬菜和畜产品)后所剩留下来的所有主要含纤维素的物质,它包括各种农作物的茎、根、叶、荚壳和藤蔓;各种野生牧草和水草;各类养殖业副产物(如畜禽粪便和垫草)等(邢廷铨,1988)。凡纤维素含量(以干物质计)在20%以上的农副产物,才称之为农业纤维素类物质。按这类物质来源的不同,一般可以分为7类,即:①禾本科作物秸秆,包括大麦秸、燕麦秸、小麦秸、黑麦秸、稻草、高粱秸和玉米秸以及薯类藤蔓等;②豆类茎秆,包括黄豆秸、蚕豆秸、豌豆秸、豇豆秸、羽扇豆秸和花生藤等;③亚热带植物副产品,包括甘蔗渣、西沙尔麻渣、香蕉秆和叶等;④果蔬类剩留物,包括柑

橘渣、菠萝废弃物和蔬菜剩留茎叶等；⑤畜粪，包括各类畜禽粪便及其垫草等；⑥作物副产品，包括各种麦类的糠麸，各种水稻的谷壳和米糠等；⑦油籽类副产物，包括豆粕、棉饼、菜饼、花生饼和向日葵饼等〔霍根(Hogan J. P. ), 1981〕。因此，农作物纤维素类物质是农业副产物的总称，其中以谷类作物秸秆的数量最为巨大，是农业纤维素类物质的主要部分，但不是全部。

### 三、农作物秸秆及其产量

所谓农作物秸秆是指各类作物在获取其主要农产品(籽实)后所剩留下来的地上部分的茎叶或藤蔓，主要是上述第①、②类的农业纤维素类物质，即禾本科作物秸秆和豆科作物秸秆。在我国，属于禾本科作物的秸秆主要有小麦秸、稻草、玉米秸、高粱秸、荞麦秸、黍秸、谷草(粟秆)等；属于豆科作物的秸秆或藤蔓(荚壳)主要有黄豆秸、蚕豆秸、豌豆秸、花生藤等。此外，还有红薯、马铃薯和瓜类藤蔓等。

农作物秸秆是世界上最为丰富的物质之一。据统计，全世界每年秸秆产量为 29 亿多吨，其中小麦秸占 21%，稻草 19%，大麦秸 10%，玉米秸 35%，黑麦秸 2%，燕麦秸 3%，谷草 5%，高粱秸 5%。小麦秸以亚洲、欧洲和北美洲的产量为最高，稻草以亚洲为最多，大麦秸以欧洲为最丰富，玉米秸以北美洲为最多(冀一伦, 1994)。又据报道，全世界作物秸秆的总产量为 29.41 亿吨，其中非洲为 2.36 亿吨，占 8.02%；北美洲 8.19 亿吨，占 27.85%；南美洲 1.83 亿吨，占 6.22%；亚洲 11.14 亿吨，占 37.88%；欧洲 4 亿吨，占 13.6%；大洋洲 0.36 亿吨，占 1.22%；其他地区 1.53 亿吨，占 5.2%。所有这些秸秆饲料资源能供给 16.74 亿个羊单位(50 千克活重)的维持需要。由此可见，秸秆饲料对发展草食家畜的重大意义(张之

旦,1991)。

我国作物秸秆的年产量虽无精确统计数据,但一般可用作物种植面积及其产量推算得知。一般说来,多数谷物(如小麦、水稻等),其秸秆与籽实产量比为1:1,玉米秸秆为1.2:1,而高粱秆、谷草为2:1。我国农作物年播种面积为1.45亿公顷(其中粮食作物占76%),年产粮食4亿吨左右,因此可推算出我国年产秸秆5亿吨左右(《中国农业统计年鉴》,1989)。另据报道,我国农作物秸秆年总产量达7亿多吨,其中稻草2.3亿吨,玉米秸2.2亿吨,小麦秸1.2亿吨,豆类和秋杂粮作物秸秆1亿吨,另外花生和薯类藤蔓、甜菜叶、甜菜糖渣和甘蔗糖渣约1亿吨(成广仁,1991)。上述秸秆依其产量由多到少,其顺序为:稻草、小麦秸、玉米秸、薯类和其他杂粮茎秆藤蔓、大豆秆、谷草、高粱秸。又据郭庭双(1996)报道,我国每年生产的秸秆数量为5.5~6亿吨。见表1-1。

表 1-1 我国 1993 年粮食作物秸秆总量估算

(据郭庭双,1996)

| 作物种类 | 粮食产量(万吨) | 主副产品比例 | 秸秆产量(万吨) |
|------|----------|--------|----------|
| 水 稻  | 17770.2  | 1:1.0  | 17770.2  |
| 小 麦  | 10639.0  | 1:1.2  | 12766.8  |
| 玉 米  | 10270.4  | 1:1.3  | 13351.5  |
| 大 豆  | 1530.7   | 1:1.6  | 2449.1   |
| 薯 类  | 3181.1   | 1:2.5  | 7952.7   |
| 其他杂粮 | 2257.4   | 1:1.6  | 3611.8   |
| 合 计  | 45648.8  |        | 57902.1  |

由上可知,稻草、小麦秸和玉米秸是我国三大作物秸秆,

年总产量达 43888.5 万吨, 占有所有作物秸秆的 75.8%。因此, 本书主要是讨论这三大作物秸秆的加工调制与利用。

## 第二节 农作物秸秆利用现状及其 在草食家畜生产中的作用

### 一、作物秸秆利用现状

据联合国粮农组织统计, 全世界作物秸秆有 66% 直接还田或作为生活能源而被烧掉, 19% 作房屋建筑材料或蔬菜生产覆盖材料等, 仅 12% 作为草食家畜的饲料, 另有 3% 左右作为手工业的原料。据报道, 在我国约有 70% 的秸秆作为生活能源的燃料后还田或就地燃烧还田或直接翻入土层中还田, 仅 20% 左右作家畜的饲料, 另有 2% 左右作为造纸工业、建筑业及手工业的原料, 与国外利用方式基本一致。

一般说来, 作物秸秆的利用方式各种各样, 但基本上可以分为饲料利用和非饲料利用两种。饲料利用又可分为直接饲料化利用和间接饲料化利用两种, 而非饲料利用则根据其生产的目, 可以有多种多样的方式。例如稻草, 其饲料化利用, 一是直接作为饲草或经处理后与其他饲料一同添补饲喂草食家畜; 二是间接饲料化利用, 即将稻草作为生长单细胞蛋白质 (NCP) 基质料后再作为畜禽的饲料。稻草的非饲料化利用的方法和途径有蘑菇生产的基质料、生物产气 (沼气) 料、蔬菜生产中的覆盖材料、畜禽栏舍垫草、生活能源燃料、造纸料、房屋建筑材料、编织物品的原料等。

在全国不少地区, 大量农作物秸秆没有得到充分利用, 有的堆积在田埂和路旁, 多数在田 (地) 间付之一炬。这种处理方法, 不但浪费资源, 而且会造成严重的环境污染, 破坏生态平衡, 甚至引起火灾, 烧毁树木、草原、野生动物和有益昆虫等,

有时还会对地面和空中运输造成影响。所以,这些地方的秸秆竟也成为一种“公害”。

由上述分析可知,在生产实践中,多数作物秸秆并不作为家畜饲料而利用,而多是采用非饲料化利用的方式被利用。目前世界各国,特别是发展中国家,大部分作物秸秆未被利用而抛弃,即使有的有部分利用,也是用不正确的方法(如作燃料等)利用。因此,如何充分合理而有效地利用作物秸秆,是当代农业发展的一个重大课题,值得人们去认真研究。我们认为,正确而有效地利用秸秆的方式应该是用它去喂草食家畜,再从家畜粪还田,即所谓的“过腹还田”方式。有关这类问题,我们将在以下有关章节中详细讨论。

## 二、作物秸秆在草食家畜生产中的作用

(一)作物秸秆是农区发展草食家畜的主要饲料资源 我国发展草食家畜,决不可能像新西兰那样,依靠大草原,走草原畜牧业的道路。虽然我国有占国土面积 40% 的大草原约 4 亿公顷,几乎是全国耕地面积的 3 倍,但由于近几十年的掠夺性使用(主要是滥垦过牧),草原严重退化、沙化和盐碱化,草地严重退化面积达 0.73 亿公顷,沙化草原面积超过 150 万平方公里,草地缺水面积 0.26 亿公顷,草原鼠害面积达 0.2 亿公顷(肖德木,1994),我国草地生产对现有牲畜已不堪负担。大量事实表明,我国农区依靠作物秸秆发展草食家畜,具有巨大潜力。我国年产 5 亿吨作物秸秆是北方草原每年打草量的 50 倍,以此作为草食家畜主要饲料资源,再添加一定量的其他农副产品(饼粕、糠麸等),可以养活我国牛羊的 2/3,生产出我国牛羊肉的 3/4。据调查表明,我国农区平均每 667 平方米(1 亩)耕地可负担 2 个羊单位。以此推算,全国 1 亿公顷耕地,可负担 30 亿个羊单位,即 5 亿头牛加 5 亿只羊(冀一伦

等,1990)。但是,作物秸秆的饲料化利用还很不够,经青贮、氨化后作草食家畜饲料的仅占2%,个别先进地区(如河南周口地区)也只占12%,有待开发利用的潜力还大得很!

(二)国外经验的启迪 充分利用作物秸秆作草食家畜饲料,能促进畜牧业的发展,这已被国外许多成功经验所证实。印度是一个国情与我国有许多类似之处的国家,人口差不多是我国的3/4,而粮食产量(1.82亿吨)还不到我国的一半。但印度牛的饲养量是我国的3倍,牛奶产量是我国的12倍,而饲养的猪只有我国的1/35,鸡只有我国的1/11。这说明印度饲养猪、鸡很少,而饲养的草食家畜却很多,是一个“节粮型”的畜牧业结构。由于这样一个结构,印度比我国少养了3.4亿头猪,20亿只禽,每年少耗精料1.2亿吨(郭庭双,1991),但人均动物性蛋白质摄入量却与我国相差无几(印度人均奶消费量比我国高出十几倍)。于是有人把这叫做“印度模式”,值得发展中国家借鉴。

(三)秸秆过腹还田好处多 利用作物秸秆饲养草食家畜,再用畜粪还田,对促进我国农业发展和人民生活水平的提高,具有巨大的现实意义和深远的战略意义。首先,秸秆喂畜,可以节约大量的饲料,缓解“人畜争粮”和“猪牛争料”的矛盾。如果每年青贮饲料6000万吨(折风干秸秆1500万吨),氨化秸秆3000万吨,即每年可节省饲料粮2000多万吨。如果草食家畜发展了,就可像印度一样,少养一定数量的猪和鸡。我国养猪4.7亿头之多,如果少养1亿头猪,按每头猪耗料250千克计,年节约饲料粮2500万吨。我国养禽35亿只之多,如果少养禽1亿只,按每只每天耗料50克计,年节省饲料粮182.5万吨。其次,秸秆过腹还田,有利于保持和提高土壤肥力,减少化肥用量。河南周口地区1980年土壤有机质含量为