

# 棉秆资源特性及其在农业上的应用

李金霞, 卞 科, 许 斌

(河南工业大学 粮油食品学院, 河南 郑州 450052)

**摘要:** 棉花是重要的经济作物, 是主要的纺织品原料, 然而在棉花生产过程中, 棉秆大多数情况下作为废弃物没有得到有效利用, 甚至造成污染, 这主要还是对棉秆的特性缺少深入地研究和了解。对棉秆的植物学形态结构和不同部位的主要化学组成作了简要介绍, 综述了国内外棉秆资源在农业上开发利用的现状, 并对棉秆的综合利用进行了展望。

**关键词:** 棉秆; 结构及组成; 应用

**中图分类号:** S562      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1004-3268(2007)01-0046-04

棉花是极为重要的经济作物, 是人类重要的生活资料之一, 也是重要的工业原料, 因此, 棉花种植十分广泛。棉花生产有着悠久的栽培历史, 积累了丰富的种植经验。由于近代科学技术的突飞猛进, 育种技术和种植工艺的革命, 极大地提高了棉花的产量。

据国际棉花顾问委员会统计, 2001~2002 年, 世界棉花产量为 2 154 万 t, 曾创世界棉花产量的历史最高水平。2004~2005 年, 世界棉花产量增长到 2500 万 t 左右, 达到历史新高。我国是世界上最大的产棉国, 20 世纪 90 年代以来, 棉花生产比较稳定, 约占世界棉花产量的 1/4。但在棉花丰收的同时, 也产生了大量废料, 如棉秆、棉籽、棉籽壳等。棉秆的产量由于棉秆生长地区和品种的不同, 其产量也不同。综合各地情况, 我国每公顷棉田棉秆产量为 2250~3 750 kg (以风干棉秆, 含水率按 10%~15% 计), 据统计, 仅新疆地区棉秆年产量就可达到 600~750 万 t (湿物质)。若将这些丰富的绿色副产品有效利用, 不仅能变废为宝, 造福于民, 而且能大大提高棉花种植的经济效益。近年来, 对棉花秸秆的形态结构和化学组成的深入研究为棉秆资源的开发和利用提供了重要的理论依据。

## 1 棉秆资源的特性

棉秆在植物学分类上属于被子植物门、双子叶植物纲、锦葵科、棉属植物。

从棉秆的横截面上看, 其具有 2 个不同的区域 (图 1), 外部皮层和内部芯秆, 皮层一般占棉秆重量的 26% 左右, 其纤维属于韧皮纤维; 芯秆由木质部和髓芯组成。木质部占棉秆重量的 72%, 是棉秆的主体部分, 芯秆木质部就其植物形态和结构而言接近于阔叶木, 全秆含髓芯平均为 2%, 髓芯在根部分布较少, 由根向上到枝条, 所占比例逐渐增加。髓芯由薄壁细胞组成, 胞腔大, 壁薄, 感观上与玉米秸秆的芯秆相似<sup>[1]</sup>。

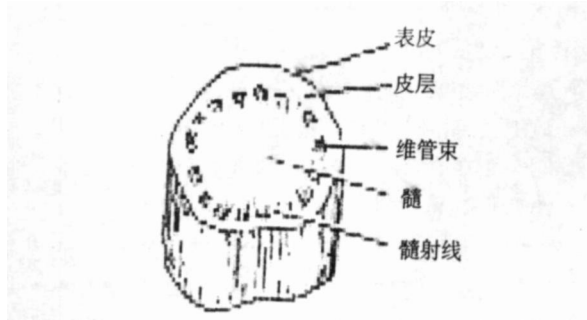


图 1 棉秆结构

棉秆的主要营养成分比较丰富, 与玉米秸、稻草、小麦秸相比, 棉花秸秆具有最高的粗蛋白含量 (可达 6.5%)、纤维素含量和最低的半纤维素含量。另外, 棉花秸秆中还含有丰富的磷和钙, 因此, 棉花秸秆作为饲料原料具有较好的营养价值<sup>[2]</sup>。许国英等对棉秆不同部位成分进行分析测定, 结果见表 1<sup>[3]</sup>。

收稿日期: 2006-06-07

作者简介: 李金霞 (1980-), 女, 黑龙江尚志人, 硕士, 主要从事农产品资源利用研究。

表 1 棉花秸秆不同部位主要营养成分及棉酚含量

项目	水分 (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	粗纤维 (%)	无氮 浸出物(%)	粗灰分 (%)	钙 (%)	磷 (%)	总能(MJ)	游离棉酚 (%)
棉桃壳	6.67	8.44	4.75	33.14	44.21	8.83	0.53	0.08	1.75	0.0075
棉 叶	8.27	17.82	5.85	11.23	48.76	13.65	3.83	0.24	1.70	0.0308
棉 茎	5.77	7.10	2.50	42.03	43.80	5.07	0.44	0.07	1.78	0.0033
棉 根	6.63	6.48	1.49	42.21	44.48	4.70	3.92	0.10	1.74	0.2080
平 均	6.84	9.96	3.65	32.15	45.31	8.06	2.18	0.12	1.74	0.0624

注: 总能按  $GE(J/kg) = (2.385CP + 3.975CFat + 1.757CFiber + 1.757Gr) \times 10^4$  (CP: 粗蛋白; CFat: 粗脂肪; CFiber: 粗纤维; Gr: 无氮浸出物) 计算

上述资料表明, 棉秆不仅具有介于木本植物和草本植物之间的特殊植物形态和结构, 还富含纤维素、木质素和多缩戊糖, 加之棉秆资源产量极大, 使其开发利用的空间十分广阔。目前, 国内外对棉秆的利用方式有棉秆还田、饲料转化、能源转化以及材料、化工等许多方面。棉秆在农业上的应用是其利用最为直接、最为广泛的领域, 下面主要介绍棉秆在农业上的应用。

2 棉秆还田

农作物秸秆还田是秸秆农业应用的重要方式。秸秆还田不仅可增加土壤有机质和养分含量, 培肥地力, 缓解氮、磷、钾肥比例失调的矛盾, 调节土壤物理性能, 改造中低产田, 形成土壤有机质覆盖, 抗旱保墒, 还可以增加作物产量, 优化农田生态环境<sup>[4]</sup>。农作物秸秆还田有多种形式, 详见表 2。

表 2 农作物秸秆还田技术及特点<sup>[5-8]</sup>

还田技术	还田方法	优点	缺点
直接还田	粉碎还田	操作简单、省工省时、作业效率高	耗能大, 成本高; 在山区、丘陵地区机械使用受限; 未经高温
	整秆还田	利于水土保持、缓解气温激变对作物的伤害、促	发酵直接还田的秸秆, 可能导致病害蔓延; 在薄地、氮肥不
	覆盖栽培还田	进植株地上部分生长	足及播期临近时, 秸秆用量受限
间接还田	堆沤还田	高温厌氧发酵而成, 操作简单廉价	耗时长、劳动强度大、产量小
	烧灰还田	操作方便、K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 含量丰富	污染空气、损失大量能源和 C、N、P
	过腹还田	利用效益高, 实现畜牧增产和肥田	未经处理的秸秆饲料利用率低, 耗量小
	菇渣还田	菇渣营养丰富、可减少化肥用量	菇渣产量小, 所消耗的秸秆量有限
	沼渣还田	优质有机肥, 可副产沼气和沼液	沼渣产量小, 生产周期长, 劳动强度大
生化腐熟	催腐堆肥技术	机械自动化程度高、易实现产业化; 腐熟周期短、	优良微生物复合菌种和化学制剂筛选困难; 操作条件需严
快速还田	速腐堆肥技术	产量高; 采用好氧发酵, 无环境污染; 肥效高且稳	格控制; 秸秆需严格预处理; 设备成本和运行费用较高
	酵素堆肥技术	定	

尽管农作物秸秆还田的作业形式多样, 但棉秆由于其自身的特殊植物形态和结构, 给还田操作带来了不便。目前, 棉秆还田使用的技术较为单一, 主要采用粉碎还田的形式。随着秸秆还田技术的推广, 不断研制出新的棉秆收获设备、粉碎设备, 这将有利于推进棉花秸秆的还田。棉秆还田还存在着较多问题: 机械化作业程度低; 棉秆还田质量不稳定, 粉碎设备易磨损, 棉秆粉碎粒度过大, 翻压入土后, 腐熟度降低, 不能当年成肥, 无法达到快速培肥土壤的目的, 棉秆粉碎还田易造成土壤全层污染等<sup>[9]</sup>。因此, 棉秆还田技术还需作进一步深入的研究。

3 棉秆的饲料化利用

通过对棉花秸秆不同部位主要营养成分的测定, 以及对其中有毒成分棉酚的分析表明, 除棉根中棉酚含量达到 0.208% 以外, 其余部分均在 0.07%

以下。与其他禾本科秸秆相比, 棉秆含有较高的粗蛋白、磷、钙、无氮浸提物等营养素含量也较为丰富, 可作为纤维饲料应用<sup>[3]</sup>。但是棉秆中粗纤维含量较高, 而且含有大量的木质素, 再加上含有棉酚, 制约了棉秆在畜牧上的利用。利用体外产气技术和尼龙袋法对棉花秸秆饲用价值研究的结果表明<sup>[3]</sup>, 棉花秸秆是一类有一定粗蛋白含量, 但干物质有效降解率和代谢能都较低的粗饲料, 因此, 要对棉秆进行一定的处理才能加以利用。现行的秸秆处理技术有物理法、化学法、生物法。

3.1 棉秆的物理处理

棉秆的物理处理法是最为传统的饲料处理方法。该方法主要是指秸秆原料经切短、粉碎、浸泡后直接饲喂牲畜, 或干贮后饲喂。对于直接粉碎的棉秆, 其粗纤维含量高、粗蛋白质含量低, 消化率低, 适口性差, 加之棉秆中游离棉酚的存在, 农户很少用来

喂养家畜。

### 3.2 棉秆的化学处理

秸秆的化学处理方法主要有酸化、碱化、以及氨化法。其中,氨化法是用含氮源的化学物质对秸秆进行处理。处理后的秸秆柔软,适口性增强,并大大提高了饲料的粗蛋白含量。目前,已有一些大型饲料厂通过氨化等方法增加棉秆粗蛋白含量,降低粗纤维含量,再将棉秆制成颗粒饲料,以提高棉秆的饲用价值<sup>[9]</sup>。

### 3.3 棉秆的青贮及微贮处理

青贮处理是指在厌氧环境下,让自然界中的乳酸菌大量繁殖,抑制腐败菌生长的一种处理方法。有研究表明<sup>[10]</sup>,用不同成分的青贮饲料饲喂哺乳期的奶牛,对饲喂过程中奶牛增重和产奶量及牛奶成分进行了对比,结果表明,含有 80%鲜紫花苜蓿和 20%经臭氧处理的棉秆组成的青贮饲料比紫花苜蓿经常规萎蔫过程的青贮饲料对奶牛增重和产奶量的提高有更好的效果,而牛奶的组分无明显差别。添加棉秆的青贮饲料碳水化合物消化率要高些。

微贮是利用微生物菌种发酵、贮存牧草和秸秆的一种技术,其菌种是定向添加到秸秆原料中的。微贮处理可以部分降解木质素,提高原料的适口性和消化率。研究表明,通过对棉秆进行粉碎,采用活干菌法、生物菌加硫酸亚铁法、生物菌发酵法等不同的微贮方法进行处理,分析其营养成分以及对游离棉酚的降解作用,其结果与未处理棉秆比较,发现棉秆微贮后,粗蛋白、粗脂肪等营养成分有明显提高,而粗纤维、游离棉酚含量均有下降<sup>[4]</sup>。秸秆经微生物发酵后质地柔软,具有酸香气味,适口性增强,消化率提高,并使氨基酸趋于平衡。由此可见,棉秆作为微贮和青贮饲料或添加饲料的应用前景广阔。

## 4 棉秆的能源化利用

棉秆的燃烧值范围是 17.1~18.1 mJ/kg,接近木材,优于其他农作物秸秆<sup>[11]</sup>。在我国由于对棉秆原料认识和研究的不足,棉秆常常成为农村的廉价燃料,产生不了多大经济效益。近年来,生物燃料作为一种无污染、产能高的燃料,越来越多地用作石油燃料的替代品。目前,秸秆燃料的利用主要有气化、液化、固化 3 种模式。

### 4.1 棉秆的气化处理<sup>[12]</sup>

棉秆燃料的气化处理主要有 2 种方式:厌氧发酵制沼和秸秆气化。

秸秆厌氧发酵制沼气是将秸秆、杂草、畜禽粪便

在沼气池内进行厌氧发酵产生沼气。这种方法不仅能提供清洁能源,同时还可解决农村燃料短缺和大量焚烧秸秆的矛盾。沼气可用于照明和做饭,沼液可以直接肥田,沼渣还可以用来养鱼,形成了种植、养殖及渔业紧密结合的物质循环的生态模式。实现了以沼气为纽带,农业生态的良性循环和农业生态系统的自身清洁。

秸秆气化是高效率利用秸秆资源的一种生物能转化方式。秸秆经适当粉碎后,在气化装置内缺氧燃烧,产生出一氧化碳为主要成分的可燃气体。燃气经降温、多级除尘和除焦油等净化和浓缩工艺后,经加压直接用管道输送供用户使用。

### 4.2 棉秆的液化处理<sup>[13,14]</sup>

秸秆分层多级转化液体燃料技术是采用生物转化与热解有机结合的路线,把秸秆组分分离、纤维素酶固态发酵、秸秆纤维素高浓度发酵分离乙醇耦合和发酵渣快速热解等 4 个关键过程作为一个有机整体来研究,每个过程的研究都在前一个过程的基础上开展,并为后一个过程提供依据,形成一个有机的链条,最终实现秸秆分层多级转化液体燃料。国外已有对棉秆转化为液体燃料物质的相关研究,例如在美国,将棉秆原料进行液化发酵处理,使其成为液体燃料,正如利用陈化粮发酵生产燃料乙醇,使得棉秆废料的附加值大大提高,产生很大的经济效益和生态效益。

### 4.3 棉秆的固化处理<sup>[15]</sup>

棉秆的基本组织是纤维素、半纤维素和木质素。通常在 200~300 °C 下软化,将其粉碎后,添加适量的粘结剂和水混合,施加一定的压力使其固化成型,即得到棒状或颗粒状“秸秆炭”,利用炭化炉可将其进一步加工处理成为具有一定机械强度的“生物煤”。除民用和烧锅炉外,还可用于热解气化产煤气、生产活性炭和各类“成型”炭。棉秆固化成生物质型煤技术在我国尚处于试验研究和工业试生产阶段,未形成规模产业。棉秆生物煤加工成本相对较高,因此,棉秆燃料利用有待改善。

## 5 棉秆用作食用菌基质<sup>[15,16]</sup>

利用棉秆废料培养食用菌,纤维素、木质素、半纤维素和粗蛋白等营养成分经过食用菌一套胞外酶的转化和利用,可长出高产量、高蛋白、高维生素含量和富含各种稀有物质的菌丝体和子实体,为人类提供营养食品和名贵药材。另外,部分菌对棉壳、棉秆中的游离棉酚有降解作用,这样收获食用菌的菌

糠又是优质的家畜饲料。利用棉秆培养食用菌是一种低投入、高产出的产业,有较好的经济效益。

## 6 棉秆在其他领域的应用

棉花秸秆除了用作以上的用途外,在其他领域的应用也十分广泛。棉秆不仅可作为纸浆原料、各类轻质板材和包装材料的原料,还可用于制取化学制品如制备活性炭、纤维素及其衍生物、多缩戊糖等等。这些综合利用,不仅转化了大量的废弃棉秆,消除了潜在的环境污染,而且具有良好的经济效益,实现了自然界的物质和能量循环。

## 7 展望

目前,棉秆的综合利用技术,正从早期的直接或堆沤还田、烧火做饭取暖,向着快速腐熟堆肥、气化集中供气、优质生物煤、高蛋白饲料、轻质建材和易降解包装材料、有价工业原料及高附加值制成品等方向发展。从生态农业、可持续发展及农作物综合利用的角度看,单纯采用某一种利用方式,棉秆的能量转化率和利用率都会受到限制。因此,根据棉秆自身的组成特点,因地制宜,把其中多种方法有机地组合起来,形成一种多层次、多途径综合利用的方式,从而实现棉秆利用的资源化、高效化和产业化是未来生态农业发展的必然趋势<sup>[4]</sup>。

在棉秆的农业应用方面,因地制宜,开发新型棉秆还田机,进一步提高机械化程度;加强还田理论和配套栽培技术的研究,避免他感效应和自毒作用带来的负面效应;发展生物工程技术,走农机与农艺结合的道路,促使棉秆快速腐解是棉秆还田的发展方向<sup>[17]</sup>。解决好棉秆饲料的脱毒是提高棉秆饲用价值的重要环节。另外,随着生物质能源高效转换技术的不断完善和发展,棉秆作为可再生能源物质,在燃料方面的应用将展现良好的前景。

在棉秆的工业应用方面,由于木材资源的紧张以及材料环保要求的不断提高,其在环保材料、建筑板材方面的利用前景乐观。棉秆人造板的生产工艺,如能采用绿色环保胶粘剂进行生产,棉秆作为木材的替代物将展现更好的市场前景和可观的生态、经济效益。在化工产品生产方面,由于木质素具有分散性、粘合性、络合性、表面活性、迟效性、抗癌性、抗诱变性等特点,在工业、农业、医药方面应用广泛。棉秆中木质素的含量高达24%~26%,因此,棉秆

木质素的开发可提高棉秆资源综合利用的程度,成为棉秆深加工的又一个方向。

## 参考文献:

- [1] 杨淑惠,李友森.棉秆原料特性的分析研究[J].中国造纸,1989,4(2):20-29.
- [2] 魏敏,雒秋江,潘榕,等.对棉花秸秆饲用价值的基本评价[J].新疆农业大学学报,2003,26(1):1-4.
- [3] 许国英,热合木都拉,马英杰.棉花秸秆的饲用价值研究[J].新疆畜牧业,1998(3):10-11.
- [4] 许宗运,张锐.棉秆不同微贮方法效果研究[J].中国草食动物,1999,1(4):22-24.
- [5] 石磊,赵由才,柴晓利.我国农作物秸秆的综合利用技术进展[J].中国沼气,2005,23(2):11-19.
- [6] 韩鲁佳,闰巧娟,刘向阳.中国农作物秸秆资源及其利用现状[J].农业工程学报,2002,18(3):87-91.
- [7] 张艳哲,李毅.秸秆综合利用技术进展[J].纤维素科学与技术,2003,11(2):57-61.
- [8] 夏萍,江家伍.机械化秸秆还田技术及配套机具[J].安徽农业大学学报,2001,28(1):106-108.
- [9] 吴杰.新疆棉花秸秆利用现状分析和探讨[J].中国棉花,2005,33(2):9-11.
- [10] J Miron, D Ben - Ghedilia. Ozonated cotton stalks as a silage additive; digestion of total and cell wall mono-saccharide constituents of Lucerne based dairy cows rations[J]. Animal Feed Science and Technology, 1995, 51: 91-101.
- [11] Wayanec. Using cotton plant residuet produce briquettes[J]. Biomass and Bioenergy, 2000, 18: 201-208.
- [12] 刘丽香,吴承祯,洪伟,等.农作物秸秆综合利用的进展[J].亚热带农业研究,2006,2(1):75-80.
- [13] T A Gemtos, Th Tsiricoglou. Harvesting of cotton residue for energy production[J]. Biomass and Bioenergy, 1999, 16: 51-59.
- [14] D H White, W E Coates. Conversion of cotton plant and cotton gin residues to fuels by the extruder feeder liquefaction process[J]. Bioresource Technology 1996, 56: 117-123.
- [15] 赵小伊,陈发.棉副产品加工及综合利用技术的应用与发展[J].新疆农机化,2004(2):53-55.
- [16] M K Basak, Sunanda Chaduri. Recycling of jute waste for edible mushroom production[J]. Industrial Cropa and Products, 1996, 5: 173-176.
- [17] 戚亮,申群凤,员小兰,等.试析棉秆资源综合利用前景[J].石河子科技,2004(6):10-11.