

一组复合菌发酵秸秆的理化效应及饲喂效果

陈秀为¹, 张克强², 周 可¹, 金 建³

(1. 天津市农业生物技术研究中心, 天津 300192; 2. 农业部环境保护科研监测所, 天津 300191;
3. 南开大学化学学院, 天津 300071)

摘 要:采用人工培养及动物饲喂方法,研究了玉米秸秆粉经复合菌发酵后的变化及对鸡的饲喂效果。结果表明,玉米秸秆粉经一组复合微生物发酵后,电镜显示秸秆细胞壁结构受到破坏,原来致密、有序的组织结构被打乱,形成了大量的空洞。秸秆的主要成分纤维素、半纤维素和木质素分别下降了 26.36%, 43.30% 和 26.96%, 粗蛋白提高了 60.41%。动物饲喂实验表明,可以替代 10% 的原混合饲料,说明农作物秸秆经复合微生物发酵后,秸秆中与木质素交连在一起的纤维素和半纤维素游离出来,增加了细胞壁及胞内容物与微生物酶的接触机会,提高了农作物秸秆生物降解效率,提高了秸秆的营养价值,有利于动物的消化吸收。

关键词: 复合菌; 发酵; 秸秆物; 理结构; 化学成分; 饲喂效果

中图分类号: S816.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 – 2043(2004)02 – 0345 – 03

The physic – chemical Characters and Feeding Effect of Fermented Straw by a Composite Fungi System

CHEN Xiu-wei¹, ZHANG Ke-qiang², ZHOU Ke¹, JIN Jian³

(1. Tianjin Agro – biological Technique Center, Tianjin 300192, China; 2. Agricultural Environment Protection Institute, M. O. A., Tianjin 300191, China; 3. College of Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: The change of corn straw powder and its feeding effects after fermented by a composite fungi system were studied through artificial culture and feeding test. The micro – electric photo showed that the cell wall structure of straw changed and the structure of compact tissue was destroyed and a lot of inanition formed after corn straw powder was fermented by a composite system. The main components of corn straw, cellulose, hemi – cellulose and lignin decreased 26.36%, 43.30% and 26.96%, respectively, while the crude protein content increased 60.41%. Feeding test indicated that 10% of primitive mixed forage could be replaced by the fermented straw, which suggested that, through bio – degradation by a composite fungi system, the cellulose, hemi – cellulose of straw could be separated from lignin efficiently so that the cell wall and content of cell had more chance to meet microbial enzymes, which increased the bio – degradation efficiency and nutrient value of straw and was favorable for the animal digestion of corn straw.

Keywords: a composite fungi system; fermentation; straw; physical structure; chemical ingredient; feeding effect

我国年产各类农作物秸秆达 6.2 亿 t,其数量相当于北方草原打草量的 50 多倍, 占世界秸秆总产量的 20% ~ 30%^[1]。农作物秸秆是农业生产的副产品,也是一项重要的生物资源。据测算,谷物粮食生产中收获的一半是籽实,一半是秸秆,这些秸秆消耗了土壤中同等的养分,需要人类付出同等的代价^[2]。但是,要充分有效地利用这类资源却相当困难,这是由于秸秆产量随季节变化,量大、低值、体积大,大多数动物都不能消化其木质纤维素,自然降解过程又极其缓慢,除少量用于造纸、建筑、纺织外,大部分秸秆以堆积、焚烧等形式直接侵入环境,造成极大的环境污染和资

源浪费。

农作物秸秆粗纤维含量大,多在 30% 以上,粗蛋白含量仅 2% ~ 8%,矿物质和维生素严重不足,用做饲料质地粗硬、适口性差,且不易消化。但是秸秆含有 70% 的碳水化合物^[3],是潜在的饲料资源。上个世纪 40—50 年代关于纤维素降解的研究已经成为全世界研究的热点,80—90 年代由于木质素酶的发现使秸秆纤维素降解的研究进入了一个新的阶段^[6]。由于秸秆的 3 大非营养物质相互结合的特殊紧密结构,任何单一的降解酶系都不可能完成降解的全过程。大型真菌尤其是侧耳属担子菌纲都是木生菌,绝大多数为腐生性,即依赖于动植物遗体或由此产生的有机物而生存的菌类,这些菌类通过分解落叶、枯枝、秸秆及粪便等有机物获得营养和能量,由于腐生菌能分解人和

收稿日期: 2003 – 08 – 11

基金项目: 天津市农业生物技术科技(攻关)计划项目(003122111 – 2)

作者简介: 陈秀为(1946—),女,辽宁省辽阳市人,研究员,主要从事农业及环境微生物的研究和资源的开发工作。

动物不能利用的纤维素、半纤维素和木质素,在自然界物质循环中占有重要地位。从微生物生态学的原理来看,有机物的分解绝不可能只是一种微生物单独作用就能实现的,而是多种微生物前仆后继最终作用的结果^[9,10]。

1 电镜分析的试验材料与方法

1.1 试验材料

玉米秸秆粉、用复合菌发酵后的玉米秸秆粉(均过 18 目筛)。

1.2 试验方法

扫描电子显微镜(日立 X-650 型)投影法观察并拍摄电镜照片。

2 纤维素、半纤维素、木质素、粗蛋白的测定

2.1 试验材料

未发酵的玉米秸秆粉、发酵的玉米秸秆粉(均过 18 目筛)、单菌株 1、单菌株 2、复合菌,分别为项目组自己分离培养。

2.2 试验方法

对照为未发酵的玉米秸秆粉,处理 1、处理 2、处理 3 分别为用单菌株 1、单菌株 2、复合菌发酵的玉米秸秆粉。

范氏(Van Soest)方法测定样品中纤维素、半纤维素、木质素;微量凯氏定氮法测定粗蛋白。

3 复合菌剂发酵秸秆饲喂动物营养价值及增重效果的研究

3.1 试验材料

三黄鸡(鸡龄 21 d);混合饲料均购自天津市农科院畜牧兽医研究所鸡场。

3.2 试验方法

按平均体重、雌雄比例分为 3 组,每组 8 只,其中对照饲喂 100% 混合饲料;处理 1 饲喂 90% 混合饲料加 10% 发酵秸秆粉;处理 2 饲喂 90% 混合饲料加 10% 未发酵秸秆粉。隔日称量并记录体重,连续称量 15 d,计算增重量并进行统计分析。

4 结果与分析

4.1 复合菌发酵玉米秸秆粉的物理结构变化

通过扫描电镜观察,在放大 1 500 倍的情况下可以清楚地显示未经任何处理的玉米秸秆组织结构十分致密,细胞组织排列有序。而经复合微生物降解后的玉米秸秆原来致密有序的组织已不复存在,秸秆中难以消化的细胞壁结构受到破坏,形成了大量的空洞,见图 1。分析认为,经混合菌发酵后,秸秆中与木质素交连在一起的纤维素和半纤维素游离出来,使秸秆细胞内可利用的营养物质暴露,这样就增加了细胞壁及胞内容物与微生物酶的接触机会,提高了农作物秸秆的降解效果。

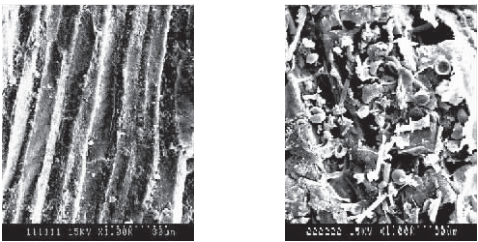


图 1 玉米秸秆粉电镜照片
(1 500 倍,左图为未处理,右图为处理后)
Figure 1 Electron microscope photo of corn straw powder
(1 500 ×, the left, non - treatment; the right, treatment)

4.2 细菌、真菌复合微生物对植物秸秆纤维素的降解

结果显示处理 3 复合菌发酵玉米秸秆粉,纤维素、半纤维素和木质素的降解率分别达到 26.36%、43.30% 和 26.96%,粗蛋白含量由 3.5% 提高到 5.6%,提高了 60.41%。分别高于处理 1 和处理 2,试验结果见表 1。

4.3 复合菌剂发酵秸秆饲喂动物营养价值及增重效果

试验结果经统计分析,对照与处理 1: $t = 0.603$, $t_{0.05} = 2.145$, $t < t_{0.05}$, $P > 0.05$,无显著性差异;对照与处理 2: $t = 3.890$, $t_{0.05} = 2.145$, $t > t_{0.05}$, $P < 0.05$,有显著性差异。

试验结果说明,利用复合菌剂发酵的秸秆粉代替 10% 的混合饲料饲喂肉鸡,对肉鸡增重没有影响;而

表 1 不同微生物组合发酵玉米秸秆粉降解效果(%)

Table 1 Degradation effect of fermented corn straw powder under different co - culture of acid - producing bacteria and a composite fungi system (unit: %)

项目	对照	处理 1	降解率	处理 2	降解率	处理 3	降解率
纤维素	34.82	31.56	9.36	28.53	18.06	25.64	26.36
半纤维素	21.57	18.96	12.10	19.35	10.29	12.23	43.30
木质素	11.72	10.91	6.91	11.42	2.56	8.56	26.96

表 2 复合菌剂发酵秸秆饲喂动物增重效果(g)

Table 2 Weight increase effects of animals by feeding corn straw fermented by a composite fungi system										
组别	编号	性别	第 9 d	第 12 d	第 15 d	第 19 d	第 22 d	第 26 d	增重	平均增重
对照	1	♀	955	1 030	1 130	1 250	1 330	1 380	425	610. 8
	2	♂	1 020	1 120	1 230	1 390	1 530	1 610	590	
	3	♂	1 009	1 150	1 300	1 480	1 610	1 760	751	
	4	♀	841	975	1 080	1 230	1 330	1 420	579	
	5	♂	1 045	1 125	1 280	1 460	1 620	1 720	675	
	6	♀	911	975	1 100	1 235	1 350	1 420	509	
	7	♂	1 032	1 165	1 315	1 460	1 620	1 700	668	
	8	♂	1 125	1 210	1 400	1 535	1 740	1 815	690	
处理 1	1	♂	1 031	1 100	1 230	1 370	1 540	1 620	589	582
	2	♀	920	975	1 120	1 310	1 430	1 530	410	
	3	♀	912	970	1 080	1 200	1 280	1 340	428	
	4	♂	1 005	1 115	1 250	1 420	1 540	1 680	675	
	5	♂	1 022	1 125	1 250	1 420	1 540	1 680	675	
	6	♀	818	915	1 020	1 120	1 220	1 300	482	
	7	♂	941	1 050	1 180	1 335	1 420	1 570	629	
	8	♂	965	1 050	1 200	1 340	1 485	1 580	615	
处理 2	1	♂	875	920	1 040	1 230	1 375	1 490	615	417
	2	♀	980	1 040	1 230	1 375	1 490	1 580	615	
	3	♀	917	1 060	1 150	1 270	1 400	1 425	454	
	4	♂	1 065	1 105	1 130	1 310	1 425	1 470	405	
	5	♂	1 020	1 100	1 225	1 250	1 420	1 435	415	
	6	♂	986	1 075	1 125	1 210	1 345	1 320	334	
	7	♂	1 005	1 090	1 200	1 250	1 350	1 325	320	
	8	♂	882	960	1 040	1 110	1 240	1 275	393	

用未发酵的秸秆粉代替等量的混合饲料饲喂肉鸡,对肉鸡增重有显著影响。发酵的秸秆粉与未发酵的秸秆粉营养价值显著不同。复合菌剂发酵秸秆饲喂动物增重效果见表 2。

5 讨论

(1) 纤维素分解菌之间协同作用明显,多种菌混合培养能够获得较高纤维素分解活性的菌群,混合培养,一种菌的降解产物可以被另一种菌利用,有效消除酶合成作用对降解物的阻遏作用,从而提高纤维素酶解的作用效果。

(2) 经复合微生物发酵后,玉米秸秆原来排列有序,十分致密的细胞组织结构被破坏,秸秆中难以消化的细胞壁结构形成了大量的空洞。分析认为,秸秆中与木质素交连在一起的纤维素和半纤维素游离出来,增加了秸秆细胞内可利用的营养物质与微生物及其酶的接触机会,提高了农作物秸秆的降解效果。

(3) 农作物秸秆在复合微生物及其酶的作用下,将大分子有机物纤维素、半纤维素、木质素催化水解,粗蛋白含量提高,同时,微生物酶作为外源酶可对动物消化道酶的不足和缺失给予合理补充,在一定程度上提高了秸秆的营养价值。在单胃动物肉鸡的饲料中

添加一定比例,对动物增重没有影响,这样不仅降低了饲料成本,而且为农作物秸秆利用开辟了一条新的途径。

参考文献:

[1] 郭旭生,崔慰贤,姚爱兴. 白腐真菌在降解秸秆木质素中的研究[J]. 饲料博览,2003,(2):36-39.

[2] 于伯良. 微生物饲料生产技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社,1993.

[3] 陈秀为. 秸秆微贮饲料[M]. 天津: 天津市科学技术出版社,1997.

[4] 崔宗均,李美丹,朴哲,等. 一组高效稳定纤维素分解菌复合系 MC1 的筛选及功能[J]. 环境科学, 2002, 23(3):36-39.

[5] 肖春玲,徐常新. 微生物纤维素酶的应用研究[J]. 微生物学杂志, 2002. 22(2):33-35.

[6] 史央,蒋爱芹,戴传超,等. 秸秆降解的微生物学机理研究及应用进展[J]. 微生物学杂志, 2002, 22(1):47-50.

[7] Nadia H Abd El - Nasser, Samia MHelmy, Amira A El - Gammal. Formation of enzymes by biodegradation of agricultural wastes with white rot fungi[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 1997, 55: 249-255.

[8] 李爱华,李耀忠,陈卫民,等. 农作物秸秆发酵剂研究初报[J]. 宁夏大学学报(自然科学版),2002,23(3):22-24.

[9] Rodriguez A, Peretelo F, Carnicero A, et al. Degradation of natural lignins and lignocellulosic substrates by soil-inhabiting fungi imperfecti[J]. *FEMS Microbiology Ecology*, 1996, 21: 213-219.

[10] Broudicou L P, Papon Y, Broudicou A. Effects of inorganic nitrogen and amino acids on the degradation of ammonia-treated barley straw and proteosynthesis in a continuous culture of rumen microbes[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 1999, 77: 149-162.