

稻草 在反刍家畜饲料中的应用

甄二英 冀一伦 译

冀一伦 郭庭双 校



农业部畜牧兽医局

稻草在反刍家畜饲料中的应用

甄二英 冀一伦 译
冀一伦 郭庭双 校

农业部畜牧兽医局

序 言

80年代,在大量研究与实践的基础上,通过综合、集成、组装,秸秆养畜成套技术趋于成熟。1990年,14位农牧专家联名上书中央,建议发展秸秆畜牧业以缓解中国粮食供求矛盾。建议受到中央重视与肯定。1992年,秸秆养畜正式列入国家农业综合开发项目,经过短短6年,示范县就由10省10县发展到30省(市、自治区)的268个县。由于项目的实施,极大地促进了农区草食家畜的发展。如今,80%以上的羊肉、90%以上的牛肉产自农区,农区已取代草原牧区成为我国牛羊主产区。开发秸秆饲料,每年节约4000多万吨饲料,从而也缓解了粮食供求矛盾;大量秸秆“过腹还田”,又改良了土壤,减少了化肥用量,促进了生态农业的发展;秸秆派上了用场,也减少了由于焚烧秸秆所引起的环境污染。此外,由于牛羊生产的大发展,又带动了屠宰、畜产品加工,以及运销等二、三产业的发展,为数千万城乡居民提供了就业机会。实施秸秆养畜项目不仅取得了良好的经济效益,而且有良好的社会效益、生态效益和环境效益。李鹏同志称它是“一篇大文章”。1996年,国务院批准并颁发《1996~2000年全国秸秆养畜过腹还田项目发展纲要》。至此,秸秆养畜已成为国家的一项既定政策。

尽管秸秆养畜技术在实际推广中已经取得令人满意的结果(1997年评为农业部科技进步一等奖,1998年又评为国家科技进步二等奖),但在理论上的探索仍有很长的路要走。《稻草在反刍家畜饲料中的应用》一书不仅对秸秆养畜的理论有深入的探讨,而且在实际应用方面,亦有广泛的介绍。笔者深信,该书的翻译出版必将对推进中国秸秆养畜事业的发展作出贡献。

该书中译本问世,可以说是历尽磨难。早在数年前,河北农大甄二英同志将译稿送来征求意见。不料在传阅过程中丢失,直到

1997年才失而复得。我请德高望重的老前辈冀一伦教授校阅书稿，冀教授逐字、逐句认真校阅数遍，为保证书稿质量作出了很大贡献。此外，还有许多同志（如郭佩玉教授、张菁桦、张志青等同志）在书稿打字、校对、出版，以及资金筹集等方面付出了艰巨的劳动，在此一并表示感谢。

郭庭双

一九九八年八月

原 书 序

鉴于亚洲生产的巨大数量的稻草及其在牛和水牛的日粮中的广泛应用，有必要对此宝贵饲料资源在推广应用中的大量资料加以整理。现有资料大多以论文或短文形式发表在各种杂志、学术研讨会的论文集或科研报告中。至今，对稻草用作家畜饲料所涉及的有关问题尚未进行广泛深入的讨论。

本书为教师、学生、科研人员、农业顾问及决策者提供了基础知识及详尽的信息，以便了解稻草单独饲用或作为日粮一部分时的特性。它告诉人们稻草补饲少量限制性营养物，是提高稻草利用效率最实用的方法。它进而描述了化学预处理以改进其营养价值。更重要的是，它通过透析指出现今世界研究最多的化学处理对亚洲农业的作用，很多原理也同样适用于稻草以外的其他农副产品。书最后明确了现存资料的空白与不足，也指出可获实效的研究领域。

本书作者对长期以来各方面的资料是有丰富的资历与能力进行评价和解说的。Dr. P. T. Doyle 具有学士与博士学位，是很受尊敬的反刍动物营养学家，系统地研究过消化生理学。从1980年起的五年中他是亚澳农副纤维产物研究网的科学秘书，这就给他提供了亚洲家畜饲养制度和科学研究的第一手资料。Dr. C. Devendra 获得学士、硕士、博士学位，是国际有名的热带家畜饲养管理专家。直到前不久他还是马来西亚在西旦的开发与研究所动物研究组主任研究官。 he 现在是驻在新加坡国际开发研究中心粮能营养科学组动物系统的项目负责人。他是国际营养科学联盟农副产品利用委员会会员，也是NRC（美国）中制订“山羊营养需要”分

会会员。此外，他一直是粮农组织 (FAO)、美国国际开发署 (USAID) 的顾问。他的论文和著作很多，Dr. G. R. Pearce 先后获学士、博士学位，是反刍动物营养领域经验丰富的研究员。他用大半精力研究低品质粗料利用问题，并对东南亚和非洲的国际问题有丰富经历。Pearce 原参与 FAO 工作，现为澳亚农副产物研究网澳大利亚大学国际开发署顾问。他也参加了在澳、菲、泰进行的农副产物的研究，此项研究受澳大利亚国际农业中心的资助。

澳大利亚国际开发署很乐意参加这个项目，也乐于将此书出版，供东南亚各国和发展中国家图书馆、学生、科学家使用。开发署的一项活动是澳亚农副产物研究网的工作，由澳大利亚援助局发起。研究网创造条件鼓励作者写了此书。这本书的完成应归功于作者们的热情与责任感。此书对亚洲和其他地区教学与科研无疑是有价值的贡献。

堪培拉国际开发署主任

D. E. Tribe

内 容 提 要

本书是根据 P. T. Doyle, C. Devendra 和 G. R. Pearce 所著《稻草在反刍家畜饲料中的应用》《RICE STRAW AS A FEED FOR RUMINANTS》1986 年版翻译出来的。内容包括稻草收获方法, 贮存方法, 饲养制度, 影响稻草品质的环境因素、遗传因素、植物因素, 以及改进稻草品质所用化学、物理、生物学处理与饲料补饲及饲粮配合。本书总结了亚洲人饲喂稻草的经验与存在的问题, 提出反刍动物生产性能不同时的稻草补饲的必要性, 尤其强调青绿饲料节省精料的效果; 同时提出农场试验要优于实验室分析新的评估方法。为了在补饲时增加稻草采食量, 需要正确计算替代比率。本书内容丰富, 有其独到之处, 可供农业院校、科研单位、农牧业技术人员、行政干部和农民参考。

目 录

第一章 绪论.....	(1)
第二章 稻草的利用率及非饲用用途.....	(5)
2.1 概述	(5)
2.2 水稻的类型	(5)
2.3 稻草产量的估测	(8)
2.4 水稻的收割方式	(9)
2.4.1 人工收割.....	(10)
2.4.2 机械收割.....	(10)
2.5 脱粒的方式.....	(11)
2.5.1 人工脱粒.....	(11)
2.5.2 机械脱粒.....	(12)
2.6 稻草的贮藏.....	(12)
2.7 稻草的其他用途.....	(13)
第三章 现行的稻草饲喂制度	(20)
3.1 概述.....	(20)
3.2 饲喂稻草的反刍家畜种类.....	(20)
3.3 反刍家畜的饲养管理制度.....	(21)
3.4 粗放的放牧制.....	(22)
3.5 拴牧制.....	(23)
3.6 舍饲制.....	(23)
3.6.1 单喂稻草.....	(23)
3.6.2 补加饲草.....	(24)
3.6.3 补加精料.....	(24)

3.6.4 其他方法的潜在可能性.....	(25)
3.7 稻草作为反刍家畜的维持和生产性饲料.....	(25)
第四章 稻草的饲养价值	(30)
4.1 概述.....	(30)
4.2 饲养价值.....	(30)
4.3 稻草采样的困难.....	(31)
4.4 稻草化学成分和体外消化率的变异性.....	(32)
4.5 稻草采食量和体内消化率的变异性.....	(41)
4.6 稻草在饲养价值上存在广大变异性的潜在意义	(44)
4.7 影响饲养价值变异的植物因素.....	(44)
4.7.1 植物不同部位的比例.....	(45)
4.7.2 细胞内容物.....	(46)
4.7.3 细胞壁.....	(47)
4.8 影响植物化学成分和消化率的环境因素.....	(50)
4.8.1 光照.....	(50)
4.8.2 温度.....	(50)
4.8.3 土壤湿度.....	(50)
4.8.4 肥料.....	(51)
4.8.4.1 氮肥.....	(51)
4.8.4.2 磷肥.....	(51)
4.9 基因型对稻草品种变异的影响.....	(52)
4.10 收割、脱粒和贮存方法对稻草品质的影响	(62)
4.11 管理措施对稻草品质的影响	(63)
第五章 通过育种提高稻草的饲养价值	(78)
5.1 概述.....	(78)
5.2 饲草的选育.....	(78)
5.3 禾谷类秸秆的选育.....	(79)

第六章 通过预处理提高稻草的饲养价值	(84)
6.1 概述.....	(84)
6.2 物理学处理.....	(85)
6.2.1 浸泡和湿润.....	(85)
6.2.2 切短.....	(86)
6.2.3 粉碎和制粒.....	(86)
6.2.4 高压蒸煮.....	(87)
6.2.5 γ -射线处理.....	(88)
6.3 化学处理.....	(89)
6.3.1 碱处理.....	(89)
6.3.1.1 氢氧化钠处理.....	(90)
6.3.1.2 氨或尿素处理.....	(97)
6.3.1.3 氢氧化钙处理	(108)
6.3.1.4 氢氧化钾处理	(112)
6.3.2 氧化剂处理	(112)
6.3.3 酸处理	(113)
6.4 物理-化学处理.....	(115)
6.4.1 颗粒大小与化学处理	(115)
6.4.2 温度与化学处理	(116)
6.4.3 蒸煮与化学处理	(117)
6.5 生物学处理	(118)
6.5.1 堆积处理	(118)
6.5.2 青贮	(119)
6.5.3 培养真菌	(120)
6.5.4 添加酶制剂	(122)
6.6 处理方法的经济评价	(123)
6.7 本章小结	(123)
第七章 实用稻草日粮的配合与补饲.....	(149)

7.1	概述	(149)
7.2	能量的补充	(150)
7.3	氮素的补充	(152)
7.3.1	氮素和微生物	(152)
7.3.2	小肠中蛋白质来源	(153)
7.3.3	小肠中蛋白质的适宜量	(154)
7.4	矿物质的补充	(155)
7.5	维生素的补充	(156)
7.6	非蛋白氮补充	(157)
7.7	稻草的精料补充	(161)
7.8	稻草的青饲料补充	(167)
7.9	合适的补饲量	(170)
7.10	其他低质农副产品的饲用	(177)
7.11	本章小结	(177)
第八章	展望今后和需要研究的问题	(191)
8.1	概述	(191)
8.2	稻草饲养价值的研究	(192)
8.3	稻草处理方法的研究	(192)
8.4	稻草补料的研究	(193)
8.4.1	非蛋白氮补充料	(193)
8.4.2	精料补充料	(193)
8.4.3	青饲料补充料	(194)
8.5	饲用稻草家畜的种类	(194)
8.6	社会效益及经济效益的研究	(195)
8.7	今后的展望	(196)

第一章 绪 论

亚洲产稻区在收获季节和干旱季节依靠稻草来满足反刍家畜部分营养需要。多年来，亚洲的许多地区都进行过测定稻草营养价值的研究工作，但未曾设法将这些研究成果收集和评价。稻草作为反刍家畜的饲料，对于亚洲的畜牧生产是一种亟待进行综合性评价的资源。

在生产农副产品的农作制中，对饲用稻草进行评述主要出于以下考虑。

第一，稻谷是亚洲大部分人民的主要粮食作物，它大约提供每日总能量的60%~80%，因此，把发展稻谷列为重点。把重点放在满足亚洲人能量需要的作物生产上却不能解决蛋白质的短缺，这就提出了通过更有效地利用现有饲料（包括稻草），增加动物性食品的必要性。

第二，与世界其它地区比较，亚洲现有草地与家畜数量之间显著的不平衡，说明要增加家畜数量就需更好地利用作物残渣。并非土地可利用性本身的限制，而是土地上生产的饲料资源的利用不充分，成了亚洲畜牧生产及亚洲小农经济活力的主要障碍（Devendra, 1983）。

第三，利用稻草喂反刍家畜可能是解决稻草缓慢分解或焚烧造成污染问题的最有效方法。这一处理方法解决了收集和运输问题，因为稻草在农场利用并可生产出挽力、肉、奶和粪肥等有用产品。

由于以上原因，有必要对亚洲小农制度下利用稻草作反刍家

畜饲料的现行资料进行研究。亚洲的稻草产量约占世界稻草总产量的93% (FAO 1983), 联合国粮农组织 (FAO) 估计, 亚洲每500 kg 家畜单位占有3.0 t 作物干残渣, 其中主要是稻草。这些作物残渣主要产于小农制度占优势的地方, 在这些地区养育90%以上牛和水牛, 这是亚洲农业的特点。

在本书中, 稻草是指稻谷在收获时或收获后为饲喂家畜而割下的植物的茎叶 (即营养体) 部分。稻草随其叶片、叶鞘和茎的比例不同其形态学成分变化很大, 它的理化性质既受生产管理的影响, 也因收割和脱粒方法而异。稻茬指谷粒和秸秆收获后留在稻田中的植物的营养体部分。和稻草一样, 其成分变化很大, 有的可放牧反刍家畜, 有的不能。因缺乏有关资料, 故对稻茬的饲养价值不能像稻草那样加以详述。

在亚洲利用稻草须注意以下几点。

首先, 稻草作为反刍家畜饲料的重要性需考虑其它全年可利用饲料资源的数量和质量的关系, 这在不同地区之间甚至在同一乡村的不同农户之间差异很大。由于在本书中不可能对全部情况予以考虑, 故有关其它饲料利用方面的结论难免会出现一些例外。

此外, 亚洲农民在饲养家畜方面与发达国家相比常常有不同的优势, 因此, 搞清其中哪种稻草基础日粮对特定的情况较为适宜非常重要。由于他们饲养大反刍家畜主要是为获得挽力、提供粪肥, 并保证粮食欠收年也有收益, 而产肉则居次要地位; 因此在实践中已采用的维持水平饲养制度对于农民来说可能是最好的选择。如果由于引进改良品种和灌溉农作制使稻谷年收获次数增加, 挽力的需要将随之增加, 因而对家畜的需求量也增加, 这将导致现行饲养制度的改变。将来, 反刍家畜可能成为本地区更重要的食品来源, 兼用家畜的需求量增大, 对现行的饲养制度进行适当的改革将更为必需; 但目前畜牧业收入占农业总收入的比例还很小, 这在改善或改革现行的饲养制度时必须予以考虑。

除了充作饲料之外，稻草还有许多其它用途，本书仅简要加以论述，且着重注意这些其它用途在某些情况下可能限制稻草作饲料的可能性。

小农场现行饲养制度下，利用稻草的共同特点是稻草在收获和脱粒后不进行加工处理。为改善稻草的饲养价值，针对稻草的预处理方法已进行了大量的研究工作，即使不引入预处理方法，现行的不同饲养制度对稻草利用方法的差异也很大。稻草或自由采食，或限量饲养；青绿饲料可能逐日补充，也可能时有时无；在一般情况下不补喂精料，在特殊情况下可能喂给；矿物质补充料（主要是食盐）可能喂给也可能不喂。对这些小农户来讲，饲料如何组成、喂量多少，以及采用什么饲养制度等都缺乏可靠资料，因此，有必要进行一些归纳。在此过程中，主要着重于探讨采用何种有效的饲养制度以促进稻草更好的利用。

稻草在亚洲以外地区也有生产。虽然一些国家有时用作混合日粮的填充料，另外一些国家在干旱季节作饲料，但一般不把它看成重要的家畜饲料。本书在收集亚洲饲喂稻草的资料时，其它地区的研究资料亦包括在内。此外，为了强调某些重点，特别是在缺乏稻草相应资料时，也引用了其它禾谷类饲料或秸秆的资料。

有关利用稻草的许多研究结果，仅在学术刊物中或各种论文集及讨论会上报导过。许多资料是零星的，不系统的。要在小农制度条件下应用可能有困难。本书试图综合现有的资料，准确阐明有关稻草作饲料的知识、实际应用的条件、目前短缺的信息与知识，以及今后研究的领域。

在农场用稻草作家畜饲料已经不再被看作是与农场其它活动无关的东西，或许国际水稻研究所（IRRI）总裁 M. Swaminathan 博士的论述最为精辟：“过去 25 年水稻产量和质量已显著提高，我们已从早期的以培育高产品种的研究工作转向研究能抵抗多种危害水稻的昆虫和疾病的品种，当初我们只孤立地把水稻看作是在

提高产量方面取得突破的作物，但现在我们强调，水稻是整个农业体系的组成部分，对于增加农民收入来讲，不仅是利用子实而是整株植物。”

在《稻草在反刍家畜饲料中的应用》一书中，着重说明利用稻草和畜牧生产是整个农业制度一部分的重要意义。

参 考 文 献

- Devendra, C. (1983): Small farm systems combining animals with mixed cropping. Proceedings Vth World Conference on Animal Production. Vol. 1: 173~191.
- FAO (1983): "FAO Production Yearbook". Vol. 37. (Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome).
- Swaminathan, M. S. (1985): Preface to "International Rice Research: 25 Years of Partnership" (IRRI, Los Baños, Philippines).

第二章 稻草的利用率及非饲用用途

2.1 概述

种稻可获得五种重要副产品，即稻草、稻茬、稻壳、碎米和米糠。碎米和米糠营养较丰富，常用于猪、禽的日粮中，除奶牛外，很少饲喂反刍家畜。相反，稻草和稻茬常喂反刍家畜，尤其是黄牛和水牛；但在小农制度下，稻草还有其它用途。

每年所产的几百万吨稻草的最终处理，取决于其耕作制度的类型和个体农民对可能利用的范围内价值的了解。因此，了解生产稻草的各种制度及生产的数量和质量极为重要，因为这些因素对稻草的最终利用起决定性作用。

2.2 水稻的类型

种植水稻的类型无疑会影响稻草生产的数量和质量。最简单的分类，可根据生长高度将水稻的品种分为三类：

- (1) 半矮型和矮型：成熟植株高度低于100 cm；
- (2) 中型：高度为100~125 cm；
- (3) 高型：高度大于125 cm。

这种分类应用广泛，但应注意水稻的生产条件是有巨大范围的。Greenland (1984) 列举并讨论了近年来被广泛接受的水稻生长环境分类（见表2-1）。这些环境条件及其与分类的关系已由国际水稻研究所（IRRI）阐明（1984），主要方面是在灌溉条件下，土壤易灌满，而在积雨制下，水稻能生长在自然泛滥和偶然泛滥

表2-1 水稻生长的环境分类表

水稻生长环境	表述方法
水浇地	灌溉、适温； 灌溉、低温、热带； 灌溉、低温、温带
积水洼地	积水浅洼地、适宜； 积水浅洼地、易干旱； 积水浅洼地、易旱易涝； 积水浅洼地、易涝； 积雨中洼地、涝
深水地	深水地； 极度深水地
旱地	适宜旱地、生长季节长； 适宜旱地、生长季节短； 不良旱地、生长季节长； 不良旱地、生长季节短
季节湿地	终年淡水季节湿地； 季节性或全年盐水季节湿地； 硫酸土季节湿地； 泥炭土季节湿地

说明：引自 Greenland (1984)

的洼地或生长在地下水位与水稻根系等高的地区及干旱地区，或生长在排水良好的土壤，而无表面积水的地区。大的差异出现于水稻品种特征能适应于不同环境和广阔的分类之中 (Greenland, 1984)。例如，在高地水稻环境内，必须把生长期的长短和土壤的肥力作为进一步分类的条件。尽管如此，水稻育种专家发现，用地方适应特性表示旱稻类型的多样性最为重要。

虽然不同类型水稻种植面积的资料难以搜集和整理，但国际水稻研究所 (IRRI) (1982) 已对以浇水为基础的灌溉和积水生产体系的种植面积进行了估测 (见表2-2)。在各种体系中，水稻的产量、质量和养分含量变化很大，可能各种稻草的特性差异也很大。