

饲料稻研究现状及发展前景

张建国¹, 刘向东¹, 曹致中², 玉柱³, 卢永根¹

(1. 华南农业大学农学院, 广东 广州 510642; 2. 甘肃农业大学草业学院, 甘肃 兰州 730070;

3. 中国农业大学草地研究所, 北京 100094)

摘要: 饲料稻由于最适水田环境, 在需要水田转种、低质水田种植食用稻品质不佳或荒废湿地再利用等地区, 作为转种或再植作物逐渐引起人们的重视, 它不仅可以保住水田面积, 还能生产较为优质的饲料, 带来较高的经济效益和生态效益。本研究就国内外饲料稻的品种开发、栽培管理和加工利用等方面的研究现状进行了论述、分析, 并就其发展前景进行了探讨。

关键词: 饲料稻; 籽实; 水田利用; 全株

中图分类号: S816 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2008)05-0151-05

* 水稻(*Oryza sativa*)是世界上主要的粮食作物之一, 播种面积仅次于小麦(*Triticum aestivum*), 中国稻作面积约占世界稻作总面积的 1/4, 占全国粮食播种面积的 1/3^[1], 种植面积大、分布区域广。到目前为止, 种植水稻主要是为人类直接食用, 人类直接食用的部分是颖果的胚乳(大米), 其副产物如稻草、粗糠等也部分用作饲料, 但利用率不是很高。近年来, 随着各国生活水平的提高, 肉、奶等动物产品消费量增加, 粮食消费量不断减少, 一些以水稻为主要粮食作物种植的国家和地区出现大米生产过剩, 影响了稻米的顺畅生产和流通, 也为贮藏多余的稻米耗费了巨大的财力、物力和人力。因此, 如何有效利用水田, 充分发挥水稻的优势成了不少研究者和管理者的关注对象, 提出了水稻用于动物生产的思路并开始了广泛的研究和生产利用。为充分利用冬闲田, 我国对冬闲田种植黑麦草(*Lolium*)作为饲料也已作了大量的研究^[2~4]。本研究就国内外对水稻用于动物生产方面的研究与利用进行了分析、论述, 以期对我国的饲料稻生产与利用提供指导与参考。

1 饲料稻的概念

饲料稻(forage rice), 简单地说就是专用作动物饲料的水稻。一般的食用稻也可以作为饲料利用, 但由于产量低、农艺性状和营养成分等对动物利用不一定很理想, 严格来说不能称作饲料稻。饲料稻应该是以动物利用为目的, 以饲料价值相关的指标为选择对象而培育的水稻品种。饲料稻按利用部位可分为 2 类, 一类是稻米饲用的饲料稻, 它主要是利用籽实——稻米, 育种目标是以稻米的产量和营养含量为中心, 饲喂对象动物主要为猪、鸡等单胃动物; 另一类就是全株作为饲料利用的饲料稻, 它的育种目标不是以稻米产量和营养为主, 而是注重包括茎、叶在内的全株生物产量和营养含量, 与一般的水稻育种不同, 它的饲喂对象主要是草食家畜, 如反刍动物的牛、羊和单胃的马、兔等, 也有作为水产动物的饲料。

饲料稻根据其利用部位、目的, 对其要求的条件或育种目标有所不同。对于各种水稻, 抗病、耐虫等抗逆性强是基本条件, 此外稻米饲用的饲料稻, 要求稻米产量高($>8\ 250\ \text{kg}/\text{hm}^2$)、糙米粗蛋白质含量高($\geq 12\%$)和出糙率高($\geq 80\%$)^[5]; 全株饲用的饲料稻则要求 TDN(总可消化养分)收量高(生物产量 \times TDN 含量), 因同时要利用茎叶, 对抗倒伏性要求较高, 以免沾污土壤, 降低家畜适口性^[6]。

2 饲料稻的意义

2.1 冬闲水田和荒废湿地达到有效利用

我国南方 15 省区冬闲水田 0.087 亿 hm^2 (1.3 亿亩), 占水田 50%, 超过 66.7 万 hm^2 (1 000 万亩)的有广东、广西、江西、湖南等。一般土地冬闲达 5~7 个月, 浪费全年光照的 35%~45%, 积温的 25%~35%, 降水的

* 收稿日期: 2007-11-26; 改回日期: 2008-01-17

基金项目: 国家自然科学基金委—广东省政府联合资助重点项目(U0631003)和国家科技支撑计划重大项目(2006BAD04A04)资助。

作者简介: 张建国(1968-), 男, 内蒙古兴和县, 教授, 博导。E-mail: zhangjg@scau.edu.cn

30%~60%^[7]。另外还有大面积的荒废湿地和低质水田,生产食用稻产量不高或米质不佳,利用效率不高或完全没有利用。通过种植饲料水稻,可以大大提高水田利用效率,增加农民经济收入。

2.2 解决大米生产过剩,调整经营模式的有效途径

在大米生产过剩或收益微薄需要转种的地区,种植饲料稻是一个良好的选择,因为水稻是最适合湿地生长的作物。种植蔬菜或其他作物,由于湿害耐性差,常常造成收成不稳、产量不高,农民需要更换作业工具、机械,并且需要重新学习掌握种植技术,严重影响农民种植的积极性。另外,饲料水稻的种植还可以保住水田,减少热岛效应和防止洪害、减少径流,这是水田具有的重要生态意义。据日本学术会议(2001)估计,日本的水田每年洪水防止机能约 3.5 兆日元,安定河川机能约 1.5 兆日元,两者合并每年可为国家节约防洪固河费用约 5 兆日元。可见,水田除其本身的生产机能外,生态机能也非常重要,与其他作物相比,只有种植饲料稻可以达到二者兼备。再则,当国家急需粮食时,种植饲料稻的水田可以马上恢复利用,可保证国家的粮食安全。

2.3 可以调整种植业结构,缓减动物饲料不足

随着各国经济的发展,生活水平的提高,肉、奶、蛋等动物性食品消费比例不断上升、畜禽饲养数量不断增加,优质饲料供给不足日趋明显,我国南方地区这一问题显得更为突出。利用水田种植饲料稻,既可解决饲料资源不足,降低饲料成本,又可达到稻畜有机结合,促进农牧业循环发展。在卢良恕^[8]院士主编的“中国农业发展理论与实践”一书中,提出我国食物安全保障的第一个措施就是将种植业由二元结构转变为三元结构,逐步建立专业化的饲料产业。他们认为,我国的粮食问题主要是饲料粮问题,为解决这一制约因素,就要建立“粮食作物—经济作物—饲料作物”三元结构,大力发展草食动物。在水田较多的地区,饲料稻是实现该地种植业向三元结构转变的一个有效途径。

2.4 提高土地和水肥资源的利用效率,减少资源浪费

饲料稻比食用稻产量高,对土地和水肥资源的利用效率高,另外全株饲料稻籽实与茎叶同时得到利用,减少了生物资源的浪费。

3 饲料稻国外研究概况

到目前为止,稻草作为饲料利用的国家和地区较多,但利用率普遍较低,其余多数燃烧或自然还田。食用稻米作为饲料利用过去也并非没有,但主要是作为变质或质量欠佳稻米的一种处理手段,并不是目的,也没有形成规模。近些年,以日本为主,包括韩国、越南等亚洲国家对水稻饲用都高度重视。

3.1 日本

日本 20 世纪 60 年代,大米达到了完全自给,那时水稻的种植面积为 317 万 hm^2 ,年人均消费大米 118 kg。随着生活水平的提高和食物结构的变化,人均消费大米和水稻种植面积逐年减少,到 2003 年人均消费大米 62 kg,水稻种植面积为 166 万 hm^2 。从 60 年代起,大米过剩一直是政府和研究者关注的课题,最初提出了稻米饲用的方案,但由于种植成本高,生产、流通中饲用米和食用米难以区分等原因,没能推广普及。后来又提出了全株饲用的方案,但由于生产成本比较高,种植管理又比从国外直接购买烦琐,因此一直徘徊不前。进入 21 世纪,部分国家疯牛病、口蹄疫等疾病的发生、扩大,引起各界人士对自产质优、安全饲料的高度重视,又开始了对全株饲料稻的大规模研究与利用^[6]。

3.1.1 饲料稻品种 日本现有饲料稻专用品种 13 个,覆盖了日本从南到北的所有地区,除一个品种是 1986 年育成外,其他都是 2002 年以后育成的。这些品种的干物质产量分别比食用稻高 4%~24%,TDN 收量高 5%~20%,一般比当地代表食用稻早生或晚生数天甚至 1~2 周,以免与食用稻的种植争用劳力和机具^[6,9]。

3.1.2 栽培管理与调制加工 栽培管理主要集中于降低生产成本和提高营养价值方面的研究,直播技术,氮、磷、钾和堆肥施用技术,适宜收割期,多次利用技术等都有详尽研究^[10~14]。全株饲料稻在日本几乎只有青贮利用,它的水分含量比较适宜,但由于可溶性糖和乳酸菌较少,自然发酵品质不佳^[15],通过切短、压碎、添加物处理等可有效提高青贮发酵品质^[16~19],还开发出了饲料稻专用乳酸菌添加剂——畜草 1 号^[20]。另外,为提高收割、青贮作业效率,开发出了饲料稻专用收割打捆机^[21]与裹包机^[22]。

3.1.3 饲喂利用 用繁殖牛、肉牛和奶牛作了大量的饲喂试验和生产性能评价^[23~26],研究表明,饲料稻的营养

价值与进口猫尾草相当,TDN 含量在 55%左右,完全可以作为繁殖牛、肉牛和奶牛的饲料,但为了保证营养平衡和生产水平,产奶量在 40 kg 以上的高产奶牛泌乳初期以不超过饲料总干物质的 25%为宜,泌乳中、后期饲喂总干物质的 30%对奶量、奶质没有不良影响,其他可增加饲喂比例。饲料稻比一般牧草和稻草含有较多的维生素 E,饲喂肉牛后增加肉中维生素 E 含量,可防止肉退色和氧化,提高肉的保存性^[6,27]。

3.2 韩国

20 世纪 80 年代以后,韩国人均大米年消费量和水稻种植面积逐年减少,到 2005 年大米人均消费量由 132.4 kg 减到 80.7 kg,水稻种植面积由 120.3 万 hm^2 减少到 100.1 万 hm^2 。与日本一样,大米生产过剩和饲料生产严重不足的现状促使韩国于 20 世纪初开始了全株饲料稻的研究。由于起步比日本晚,研究还不够广泛,但也于 2006 年育成一个专用品种——Nokyangbyeol,还选育了几个很有希望的品系^[28]。韩国的饲料稻也主要是以青贮利用为主,开发出了饲料稻青贮专用乳酸菌剂——NLRI 401^[29]。在饲料稻栽培^[30,31]和家畜利用^[31,32]方面也作了一些研究,发现移植比直播产量稍高,但差异不显著;发酵饲料稻配制的 TMR(total mixed ration,全日混合日粮)饲喂奶牛比黑麦 TMR 奶产量提高 7%,奶量与青贮玉米 TMR 的相近。

3.3 美国

在美国,水稻作为牛、羊、猪等的饲料未见报道,主要用作养殖龙虾的饲料。路易斯安那州等地区有在龙虾池种植水稻的习惯,但一直使用的是以收籽实为主的食用稻品种,而龙虾池种植的水稻不收籽实,也不进行收割,这些品种不很理想。根据龙虾池种植的特殊环境和利用的特殊性,2004 年选育出了第一个龙虾饲用水稻品种——Ecrevisse,它具有生物产量高、生长期长、衰老慢、返青早、耐低温、耐倒伏、抗病等优良特性^[33]。

4 中国饲料稻研究利用概况

4.1 稻米饲用的饲料稻

青先国于 1992 年提出饲料稻(稻米饲用);1994 年列为国家科技攻关项目,1996 年列入九五科技攻关计划;围绕三高(高产、高蛋白和高出糙率)相继育成湘早籼 29 号、湘早籼 24 号、湘早籼 32 号等品种^[5,34];形成了饲料稻“三高三壮”综合栽培技术——适度密植,增施 N、K 肥,适施 P 肥^[35,36],以及水稻高蛋白高产栽培综合技术体系^[37,38];研制出猪、鸡等“糙米型”饲料配方 10 多个^[5,39]。水稻高蛋白高产栽培综合技术体系比“三高三壮”综合栽培技术更能提高糙米总氨基酸和赖氨酸、苏氨酸、蛋氨酸等必需氨基酸的含量^[40]。

4.2 全株饲用的饲料稻

全株饲料稻的研究在我国刚刚起步,“十一五”国家科技支撑计划重大项目——“奶业发展重大关键技术研究”与示范”(2006—2010 年)把饲料稻的选育和青贮加工列入了研究内容。在华南农业大学卢永根院士主持的国家自然科学基金委—广东省政府联合基金重点项目(2007—2010 年)里,把水稻饲用新材料的开发列为主要研究内容之一。这 2 个研究项目刚刚启动近 1 年,相信在不久的将来会选育出我国的专用全株饲料稻品种或营养体利用品种。另外,在水稻青贮方面,吴晓杰和韩鲁佳^[41]对金优 402 和嘉育 948 全株进行了小型青贮研究。

在我国,除了稻米饲用和全株饲用研究外,在谷秆两用稻的选育、利用方面也取得了丰硕成果^[42~44]。谷秆两用稻东南 201 于 2004 年通过福建省审定,它的稻米产量达 6 000~7 500 kg/hm^2 ,米质优良;稻草蛋白质含量高达 8%~10%,比一般稻草高 1 倍多,其稻草饲喂奶牛、草鱼、白鹅等都比普通稻草效果好。

5 饲料稻发展前景

随着人民生活水平的不断提高,食物结构的改善,人均大米消费量渐减,而肉、奶、蛋等动物性食品需求不断上升,这就要求适当减少食用水稻的种植面积,生产、供给更多的饲料,为饲料稻的发展创造了客观条件和市场需求。同时,随着水稻育种、栽培管理及加工利用技术的提高和完善,降低饲料稻的种植成本和提高饲料稻的利用、转化效率更为可行。另外,与日本和韩国相比,我国更有经济效益优势,日本大米是通常饲料价格的 6 倍以上,而我国大米与饲料价格相近,种植饲料稻有利可图。总之,饲料稻在需要水田转种、低质水田和荒废湿地有效利用的地区作用重大,发展前景广阔。

参考文献:

- [1] 孙振民. 从水稻生产现状展望 21 世纪[J]. 作物杂志, 1995, 5:1-4.
- [2] 钟声, 黄梅芬, 薛世明, 等. 播种期和播种量对 2 种冬性牧草生产和干物质产量的影响[J]. 草业学报, 2007, 16(4):9-14.
- [3] 易自力, 陈智勇, 蒋建雄, 等. 多年生黑麦草遗传转化体系的建立及其转化植株的获得[J]. 草业学报, 2006, 15(4):1-13.
- [4] 王丽宏, 杨光立, 曾昭海, 等. 稻田冬种黑麦草对饲草生产和土壤微生物效应的影响[J]. 草业学报, 2008, 17(2):157-161.
- [5] 青先国. 饲料稻研究与开发[J]. 今日畜牧兽医, 2006, 11:49-50.
- [6] 栗原光规, 佐藤尚, 荻原均. 水稻养牛一用饲料水稻进行国产牛生产[A]. 日本农林水产研究开发报告[C]. 东京:农林水产技术会议局, 2005.
- [7] 黄国勤. 我国南方红黄壤地区农业生态[J]. 国土与自然资源研究, 1992, 4:24-27.
- [8] 卢良恕. 中国农业发展理论与实践[M]. 南京:江苏科学技术出版社, 2006.
- [9] Kato H, Nemoto H. Development of new rice varieties for whole crop silage in Japan[A]. In: Proceedings of the International Symposium on Production and Utilization of Paddy Rice as Feed[C]. Beijing: Feed Research Institute, 2007. 6-10.
- [10] Yamaguchi H. Approach to yield improvement and cost reduction of forage rice cultivation in cold regions[A]. In: Proceedings of the International Symposium on Production and Utilization of Paddy Rice as Feed[C]. Beijing: Feed Research Institute, 2007. 127.
- [11] 小林良次, 佐藤健次, 箱野宏司. 适宜多次刈割利用的饲料水稻品种筛选及有望品种的特性[J]. 日本草地学会报, 1999, 45(增):158-159.
- [12] 小林良次, 佐藤健次, 服部育男, 等. 在九州地区饲料水稻多次刈割栽培利用初试[J]. 日本草地学会报, 2000, 46(增):76-79.
- [13] Islam M R, Ishida M, Ando S, *et al.* Effect of variety and stage of maturity on nutritive value of whole crop rice, yield, botanical fractions, silage fermentability and chemical composition[J]. Asian-Australian Journal Animal Science, 2004, 17:183-192.
- [14] 关诚, 宫腰雄一, 和田富广, 等. 不同品种、施肥条件、收割时期与饲料水稻的产量和组成成分的关系[J]. 日本草地学会报, 2005, 51(增):150-151.
- [15] 蔡义民, 张建国, 藤田泰仁, 等. 优良乳酸菌的筛选和高品质青贮饲料水稻的调制[J]. 日本草地学会报, 2000, 46(增):236-237.
- [16] Kawamoto H, Otani R, Oshibe A, *et al.* Ensilage of wilted whole crop rice (*Oryza sativa* L.) using a roll baler for chopped material: Silage quality in long-term storage[J]. Grassland Science, 2007, 53: 85-90.
- [17] Takahashi T, Horiguchi K, Goto M. Effect of crushing unhulled rice and the addition of fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria on the fermentation quality of whole crop rice silage, and its digestibility and rumen fermentation status in sheep[J]. Animal Science Journal, 2005, 76(4):353-358.
- [18] 喜田环树, 松尾守展, 重田一人, 等. 细切捆包机在饲料水稻调制上的利用一伴走作业调制体系的利用事例[J]. 日本草地学会报, 2005, 51(增):128-129.
- [19] 松尾守展, 喜田环树, 重田一人, 等. 细切捆包机在饲料水稻调制上的利用一定置式的利用事例[J]. 日本草地学会报, 2005, 51(增):402-403.
- [20] 蔡义民, 藤田泰仁, 村井胜, 等. 乳酸菌(*Lactobacillus plantarum* 畜草 1 号)在饲料水稻青贮调制上的利用[J]. 日本草地学会报, 2003, 49:477-485.
- [21] 浦川修司, 吉村雄志. 饲料水稻细切捆包机的开发[J]. 日本草地学会报, 2003, 49(1): 43-48.
- [22] 浦川修司, 吉村雄志. 饲料水稻自走式裹包机的开发[J]. 日本草地学会报, 2003, 49(3): 248-253.
- [23] 秋友一郎, 藤本和正, 池尻明彦. 黑毛和种繁殖牛对青贮水稻采食性调查[J]. 山口县畜产试验场报告, 2001, 17:99-107.
- [24] 篠田满, 櫛引史郎, 新宫博行, 等. 肥育后期青贮全株饲料水稻的饲喂效果[J]. 畜产草地研究情报, 2002, 1:189-190.
- [25] Oshibe A, Touno E, Shingu H. Palatability of whole crop rice silage to Holstein cows[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2006, 15(增):76-77.
- [26] 石田元彦, Islam M R, 安藤贞, 等. 裹包青贮饲料水稻关东 206 号饲喂奶牛的产奶量和饲料利用性的预备观察[J]. 关东畜产学会报, 2000, 50(1):14-21.

- [27] Oshibe A, Watanabe A, Kawamoto H, *et al.* Whole crop rice silage feed increases muscle alfa-tocopherol concentrations in Japanese Shorthorn steer[A]. In: Proceedings of the International Symposium on Production and Utilization of Paddy Rice as Feed[C]. Beijing: Feed Research Institute, 2007. 119.
- [28] Choi Y N, Lee S B, Paek J S, *et al.* Current status and prospect of breeding for whole crop rice in Korea[A]. In: Proceedings of the International Symposium on Production and Utilization of Paddy Rice as Feed[C]. Beijing: Feed Research Institute, 2007. 36-42.
- [29] Kim J G, Kim W H, Seo S, *et al.* Current situation and prospect of production and utilization of whole crop rice in Korea [A]. In: Proceedings of the International Symposium on Production and Utilization of Paddy Rice as Feed[C]. Beijing: Feed Research Institute, 2007. 29-35.
- [30] Lim Y C, Yoon S H, Kim J G, *et al.* Effect of animal manure application on agronomic characteristics and TDN yield of whole crop rice[A]. In: Proceedings of the International Symposium on Production and Utilization of Paddy Rice as Feed[C]. Beijing: Feed Research Institute, 2007. 134-135.
- [31] Lee K S. The study of cultural practice and variety selection of whole crop rice[A]. Development of Production and Utilization Technique for Whole Crop Rice[C]. Seoul: RDA, 2005. 7-24.
- [32] Kim J G. Practical technique and feeding effect of whole crop rice silage in Korea[A]. In: Proceedings of the International Symposium on Production and Utilization Techniques of Whole Crop Forage Rice[C]. Cheonan: RDA, 2005. 139-152.
- [33] LSU AgCenter. Ecrevisse, the first rice variety developed specifically for use in crawfish ponds[J]. Louisiana Farm and Ranch, 2005, 1(4):30-31.
- [34] 唐启源, 向远鸿, 刘国华, 等. 高蛋白饲料稻品种的筛选研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2002, 28(4):279-282.
- [35] 饲料稻“三壮三高”综合栽培协作组. 饲料稻“三壮三高”综合栽培技术及应用理论研究[J]. 作物研究, 1999, 13(2):4-7.
- [36] 周瑞庆, 张石蕊, 向远鸿, 等. 高蛋白饲料稻综合技术的研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2000, 26(6):411-414.
- [37] 荣湘民, 谢桂先, 彭建伟, 等. 不同栽培法对水稻子粒产量与蛋白质含量的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2004, 30(4):328-331.
- [38] 陈军文, 刘强, 荣湘民, 等. 不同栽培法对饲用稻氮代谢关键酶活性的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2005, 31(3): 238-241.
- [39] 张石蕊, 田科雄, 王继成, 等. 饲用糙米、玉米对猪消化代谢性能的评价[J]. 饲料工业, 1999, 20(8):31-32.
- [40] 荣湘民, 谢桂先, 刘强, 等. 不同栽培法对高蛋白饲料稻籽粒氨基酸含量的影响[J]. 中国农业气象, 2007, 28(2):149-153.
- [41] 吴晓杰, 韩鲁佳. 乳酸菌制剂对早籼稻青贮饲料品质的影响[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(3):35-39.
- [42] 郑金贵, 陈君琛, 黄勤楼, 等. 谷秆两用水稻的研究[J]. 中国农业科学, 1994, 27(1):79-86.
- [43] 郑金贵, 陈君琛, 黄勤楼, 等. 谷秆两用稻优质稻草饲养动物的研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(1):99-104.
- [44] 叶新福, 蒋家焕, 卢礼斌, 等. 谷秆两用稻新品种东南 201[J]. 中国种业, 2004, 11:54.

Current status and perspectives of research and utilization of forage rice

ZHANG Jian-guo¹, LIU Xiang-dong¹, CAO Zhi-zhong², YU Zhu³, LU Yong-gen¹

(1. College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. Pratacultural College, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

3. Grassland Institute, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Forage rice has gained attention in the effective use of paddy field and forage production in the regions, where rice provision for food has been surplus or there are paddy fields with low productivity and unused swamp. The production of forage rice could maintain the paddy field acreage and solve the problem of feed insufficiency as well as benefiting the adjustment of agricultural structure, farmer income, field utilization and environmental protection. This paper reviews the current status of forage rice in breeding, planting management, harvesting, conservation, processing and utilization, and the perspectives of forage rice production and utilization are discussed.

Key words: forage rice; grain; paddy field utilization; whole crop