

南方草地农业潜力及其食物安全意义

李向林, 万里强, 何 峰

中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京 100094

[摘要] 讨论了南方地区草地农业的主要类型, 并结合粮食安全问题分析了南方草地农业的发展潜力。分析表明, 南方地区水热条件优越、土地类型多样, 具有发展多种草地农业系统的巨大潜力。其中典型的南方草地农业系统包括山地温带多年生人工草地、冬闲田黑麦草、冷季和暖季相结合的一年生饲草系统, 以及林草复合系统。随着经济的快速发展, 直接口粮消费不断下降, 而动物源食物消费不断增长, 这就为草地农业发展带来良好机遇。简单推算表明, 南方发展草地农业、实行以草代粮是可行的, 而且潜力巨大。

[关键词] 南方; 草地农业; 食物安全; 稻田当量

[中图分类号] S812

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)09-0009-07

Potential of Grassland Agriculture in Southern China and Its Significance to Food Security

LI Xianglin, WAN Liqiang, HE Feng

Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China

Abstract: Discussed in this article are major types of grassland agricultural systems in southern China and their potential productivities in the context of food security. The analysis indicates that southern China, with a favorable climate and diverse land forms, is of great potentiality for grassland agriculture development. Typical types of grassland agriculture in the region include cultivated perennial pastures on temperate uplands, annual ryegrass on winter-fallow paddyfields, integrated warm-cool season annual forage crops, and silvipastoral systems. With rapid economic growth, there has been a decrease in per capita consumption of food grain, but an increase in per capita consumption of meats, which offers a good opportunity for developing grassland agriculture. A simple calculation indicates that the forage production may substitute the grain production in some extent with respect to food consumption demands.

Key Words: southern China; grassland agriculture; food security; paddyfield equivalent

CLC Number: S812

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)09-0009-07

0 引言

食物安全已经成为关系到我国社会经济可持续发展的重要问题。自联合国粮农组织(FAO)于 1974 年首次提出“食品安全”(Food Security)概念以来,其涵义不断丰富和延伸,已经形成包括食物数量安全、食物质量安全和食物可持续安全在内的广义概念。然而,“Food Security”在我国却译为“粮食安全”,以食物生产为己任的农业,在我国也约定俗成地被简化为作物种植业。这种“以粮为纲”的食物安全观忽视了动物生产在整个食

物生产系统中的作用,不仅未能很好地解决“三农”问题,而且过度强调谷物生产还引发了水土流失、土地退化、环境污染等诸多生态安全问题。

随着我国城乡居民经济收入的增加,我国居民的食物消费结构有了较大变化,动物源食物的消费水平日益增长,牛肉、羊肉、牛奶等源自草食动物的食物消费增长尤为迅速。这就要求我们在食物安全问题上更加重视草地农业。草地农业是生态农业之一种,由我国传统农业的精耕细作结合西方“有畜农业”发展而来。草地农

收稿日期: 2007-03-30

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAD16B07)

作者简介: 李向林,男,北京市海淀区圆明园西路 2 号中国农业科学院北京畜牧兽医研究所,研究员,研究方向为草地生态学、草地改良和草地管理;E-mail: lixl@iascaas.net.cn

业有别于传统农业的显著特点,是将牧草作为植物生产的重要组成部分纳入农业土地利用,并突出草食家畜在食物生产和经济发展中的重要性^[1]。草地农业将植物生产与动物生产相结合,把食物生产系统作为整体来开发利用,符合节约资源、高效产出、生态和生产兼顾、可持续发展的现代农业特征^[2-3]。我国南方地区热量丰富、雨量充沛,有大面积的草山草坡、疏林草地、果园隙地、冬闲田等土地资源,可以发展不同类型的草地农业系统。本文将对南方地区的主要草地农业系统和模式予以讨论,在此基础上结合粮食安全问题对南方地区草地农业的发展潜力予以分析。

1 南方主要草地农业系统

南方大多数地区属于亚热带(少部分热带)湿润气候,热量丰富,雨量充沛。区内地形多样,整体上丘陵和山地是平原面积的4.85倍,多数省区约2~3倍,云南和贵州则分别为12倍和15倍^[4]。平原地区多为水稻产区,作物一年两熟或三熟;丘陵山地则多为林地、草地和旱作农田。从低地平原到丘陵山地,常常具有显著的垂直气候变化。生态环境的立体垂直变化是南方农业系统差异的决定性因素,其影响往往超过水平地带的变化。因此,从平原(或盆地)到山地,适宜的草地农业系统具有明显的不同。

1.1 山地温带多年生混播草地系统

南方山地具有温带气候特点,也是南方草地资源的主要分布区。根据20世纪80年代农业部组织的全国统一草地资源调查^[5],南方地区各类草地总面积达7 952万 hm^2 ,占该区域总土地面积(260.20万 hm^2)的30.56%。南方的草地类型包括暖性草丛、暖性灌草丛、热性草丛、热性灌草丛、干热稀疏灌草丛、低地草甸和山地草甸等7类,其中以热性灌草丛类和热性草丛类草地面积最大,分别占草地总面积的39.2%和31.6%,两类合计占总草地面积的70%以上。这些草地大多数分布于海拔1 000 m以上的山地,常称为“草山草坡”。特别是在云贵高原及其东延的各大山系顶部的山原地带,地势相对开阔,草地面积大而连片,属于山地温带湿润气候,适宜建立以温带牧草为主的高质量混播人工草地。

自20世纪80年代以来,通过“七五”至“九五”国家科技攻关项目以及农业部的示范性开发,我国南方山地人工草地的建植、管理、利用以及防止退化的技术已经基本成熟并相互配套。以豆科牧草白三叶(*Trifolium repens*)和红三叶(*Trifolium pratense*)与多年生黑麦草(*Lolium perenne*)、鸭茅(*Dactylis glomerata*)等禾本科牧草混播而建立的多年生人工草地,可与新西兰的人工草地相媲美,形成了独特的“亚热带山地常绿

温带草甸”景观^[6]。在良好管理条件下,这类以三叶草为基础的人工草地牧草干物质产量在7 500~8 500 $\text{kg}\cdot\text{DM}/\text{hm}^2$ 左右,载畜能力至少达到7.5个羊单位/ hm^2 ^[7]。这类草地适合发展肉牛、肉用山羊以及半细毛羊(毛肉兼用)等家畜,以放牧利用为主,而在交通和市场销售便利的地区可发展奶牛生产。湖南南山牧场是南方草地开发的一个成功典型。南山牧场位于海拔1 760 m的湘西边陲,多年来已经建立了三叶草和黑麦草为主的人工草地7 500 hm^2 ,实行“公司+基地+农户”的产业化经营模式,饲养奶牛3 500多头,建有年产5 000 t奶粉、10 000 t乳制品饮料的生产线各1条,成为我国南方最大的现代化牧场和绿色食品生产基地。

早在10年前,由中国科学院院士、中国工程院院士及著名专家组成的南方草地考察组就得出结论,认为南方草山草坡是亟待开发的后备食物资源,如能高水平开发1 330万 hm^2 ,年产牛羊肉的能力可达300万t,等于生产2 400万t粮食^[8]。

1.2 水稻冬闲田黑麦草系统

南方的低海拔平原地区及山间盆地(平坝),农作物可一年两熟或三熟,水稻是主要作物,在水稻收获后的冷季过去主要种植小麦或油菜等。近十多年来,由于冷季作物的效益日益下滑,加上劳动力向城市的转移,南方水稻产区出现大量的“冬闲田”。利用这些冬闲田种植冷季型一年季牧草,建立轮作草地,生产潜力很大。自从20世纪90年代利用水稻冬闲田种植多花黑麦草(*Lolium multiflorum*)的“黑麦草-水稻”草田轮作系统在广东开始试验以来^[9-13],近10年来已经在南方各地普遍推广,发展迅速。

根据南方各地的经验,冬闲田黑麦草在一个生长季(一般从9月下旬至次年4月中旬约150 d)的干物质产量可达12 000~15 000 $\text{kg}\cdot\text{DM}/\text{hm}^2$,同时还能改善稻田土壤的生物、物理及化学特性^[14-15],有利于后作水稻产量的提高^[12-13]。冬闲田种植黑麦草并配套养畜(禽)的草地农业系统经济效益十分显著。例如,根据笔者在四川省的调查,传统上稻田在冷季种植小麦,粮食产量不过3 500 kg/hm^2 ,收入约为3 000~3 500元/ hm^2 ,而同样的土地种植多花黑麦草,干物质产量可达15 000 $\text{kg}\cdot\text{DM}/\text{hm}^2$,用于饲养兔、鹅、山羊或奶牛,可增加收入15 000~37 500元/ hm^2 。江苏常熟地区通过发展“稻-草-鹅”模式,在不降低水稻产量的情况下,每公顷可产鹅肉5 250 kg ^[16];在广东省潮州、梅州等地,直接出售冬闲田种植的黑麦草可获得收入15 000~45 000元^[17]。

南方水稻产区的冬闲田是极其重要的草地农业资源,如能充分利用,其生产潜力相当可观。冬闲田黑麦草的发展使土地资源得到更充分的利用,可极大缓解南方平原地区饲草资源的不足,对于促进草食家畜生产具有

十分重要的意义。此类地区经济发达、市场繁荣,容易建成产业化程度很高的草地农业系统。

1.3 一年生饲草轮作系统

在南方中、低海拔的丘陵旱作农业区,多具有冬冷夏热的过渡性气候特点,尤以长江中下游地区为甚。在这种气候条件下,多年生牧草常存在越冬(热带牧草)或越夏(温带牧草)困难。利用暖季型和冷季型一年生饲草对温度条件的不同需要,将两者结合、分段种植,可最大限度地利用气候和土地资源,形成长季延长到全年的高效饲草系统。根据对多花黑麦草、小黑麦(*Triticoseale wittmack*)等冷季牧草与饲用玉米(*Vicia villosa* var. *glabrescens*)、高丹草(高粱-苏丹草杂交种, *Sorghum bicolor*×*S. Sudanese*)不同组合的研究^[18],证明冷季和暖季饲草相结合建立的一年生饲草系统全年干物质产量可超过 36 t·DM/hm²(见表 1)。表中数据源自文献^[18]。

表 1 冷季和暖季饲草相结合的一年生饲草系统干物质产量

Table 1 Dry matter yields of integrated forage systems of cool- and warm-season annuals

饲草生产系统	冷季饲草产量 (kg·DM·hm ⁻²)	暖季饲草产量 (kg·DM·hm ⁻²)	合计产量 (kg·DM·hm ⁻²)
黑麦草-玉米	12 575.1	19 390.0	31 965.1
黑麦草-高丹草	12 686.1	14 346.8	27 032.9
小黑麦-玉米	18 720.7	17 966.4	36 329.6
小黑麦-高丹草	18 720.7	17 966.4	36 687.1

如以每年饲草干物质产量 36 t·DM/hm²、每个羊单位每年需要 550 kg·DM、饲草占总日粮的 80% 计算,则这样的一年生饲草系统每公顷的生产力可超过 80 个羊单位,潜力十分惊人。南方地区人均耕地面积很小、人口压力较大,因此土地资源应得到最大限度的利用。传统的旱作粮食作物受制于籽实成熟所需要的特定气候条件,因而气候和土地资源的利用不够充分。饲草生产属于“营养体”农业而不受这一制约,以营养体(生物学)产量计算其生产效率远高于传统粮食生产^[19-20]。

1.4 林草复合系统

南方山区有许多疏林地和果园地,可以用于牧草和家畜生产。有意识地将林地与农作物或草地畜牧业相结合而形成的复合系统,被称为“农林业”(agro-forestry),自 20 世纪 80 年代以来在欧洲和大洋洲均有相当的发展^[21]。农林业有各种不同的类型,其中与草地有关的是“林草系统”(silvipastoral system)和农林草系统(agro-silvipastoral system)^[22]。前者是指木本植物(树)与草本植物在草地开发中的结合,后者则是在林草系

统的基础上增加作物组分(包括饲料作物)而形成的农林草“三元结构”(不同于常说的“种植业三元结构”)。

以往在南方的一些研究工作已经揭示了在疏林地种植牧草和饲养家畜的潜在效益。马尾松林下禾草-三叶草草地的产量受林木密度或林冠郁闭度的影响,要达到较高的牧草产量,必须保证林木郁闭度不能太高(见图 1)。图中数据源自文献^[23]。研究表明,林下种植了牧草的马尾松树高和胸径比未种草的林地分别增加 1.49 和 1.63 倍^[24]。在树木密度为 720 株/hm² 的马尾松林下人工草地放牧 11 月龄的幼牛,在 4 月至 11 月之间的牧草生长季内,幼牛平均日增重达 478 g/d,18 月龄体重达到 200 kg^[25]。同时,草地上的林木可为家畜提供阴凉和生物围栏作用。

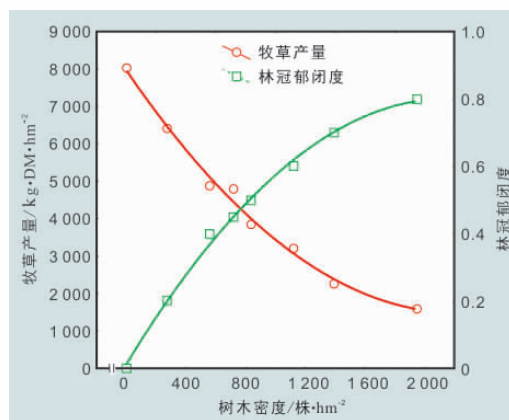


图 1 亚热带丘陵地区马尾松密度和郁闭度对林下禾草-三叶草混合草地产量的影响

Fig. 1 Yields of grasses/clover pasture as affected by the density and canopy closure of pinetrees

亚热带丘陵地区也是经济林的主要分布区,各种果园、茶园的栽种面积较大。在果园种草,可以降低土温、增加有机质、减少地表冲刷,具有显著的生态效益和经济效益。在三峡库区所做的试验证明,柑橘园和茶园种草同样可以增加土壤肥力、减少水土流失、降低夏季土温,同时每亩可增加水果产量 180 kg 左右,每亩增加茶叶 1.6 kg,每亩增收 300~450 元,其中还不算牧草用来养畜后的经济效益^[26]。在亚热带丘陵地区利用经济林的空隙种植牧草,发展复合农业系统,是一种有巨大潜力可控的高效生态农业模式,值得进一步研究、试验和开发。

林间草地或果园草地放牧家畜的最大风险是家畜(特别是山羊)对林木的破坏,风险的大小与林木的种类和年龄、放牧的家畜和载畜量以及放牧的时期有密切关系。为降低这种风险,应尽可能采用刈割和舍饲的利用方式。

2 草地农业与粮食安全

社会和政府对于粮食安全的担忧可能会成为草地农业发展的制约因素。我国粮食生产于 1998 年达到历史记录之后出现连续下降,粮食价格在持续 6 年下降后于 2003 年秋季开始回升,从而引发了许多人对我国粮食的担忧。政府于 2004 年开始在全国实行“粮食直接补贴”,并下达了一系列文件严格控制耕地向建设等非农用地的转移,而 1999 年开始的退耕还林还草工程的规模也大幅度下降,各地牧草种植明显受到影响。那么,我国的粮食安全真的面临巨大挑战吗?统计资料和一些客观的研究结果表明,我国目前是世界上粮食最安全的发展中国家之一,2003 年秋季以来的粮价上涨总体上是一个正常的市场供需反映^[27-28]。

从城乡居民食物消费来看,我国的口粮安全是完全有保障的。自 20 世纪 80 年代以来,我国城乡居民人均粮食消费一直在持续下降,其中农村居民人均粮食消费从 1983 年的 260 kg 下降到 2004 年的 219.3 kg,同期城市居民人均粮食消费从 144.5 kg 下降到了 78.2 kg。相反,同期我国城乡人均肉食(猪、牛、羊和家禽)消费则在微幅波动中持续增加,其中农村和城市居民肉食人均消费分别从 1983 年的 10.8 kg 和 22.4 kg 增加到了 2004 年的 17.9 kg 和 31.3 kg(见图 2)(图 2 资料来源于《中国农业年鉴》1984-2005)。显然,随着家庭经济收入的增加,动物源食物的比例不断增加,而直接的粮食消费需求不断下降(见图 3)。这说明,在家庭经济条件改善以后,居民对食物的质量有了更高的需求,这是近 20 多年来我国畜牧业持续快速发展的主要驱动因素。

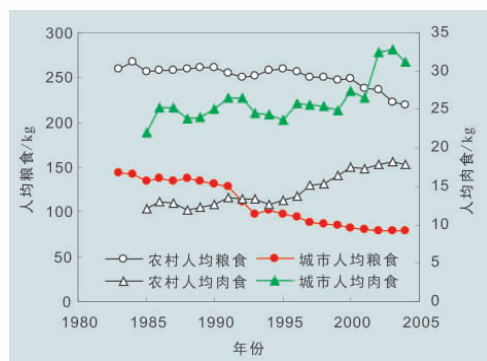


图 2 全国城乡居民粮食和肉食消费水平变化

Fig. 2 Changes in per capita consumption of food grains and meats by urban and rural populations

按照目前城乡居民的平均粮食消费水平,1 个农村人口的粮食消费约等于 2.8 个城市人口的粮食消费。2004 年全国城市和农村人口分别为 5.428 3 亿和 7.570 5 亿,按当年城乡人均口粮消费水平,全国总的口粮消费应为 2.08 亿 t。根据统计数据,我国农村人口比例已经

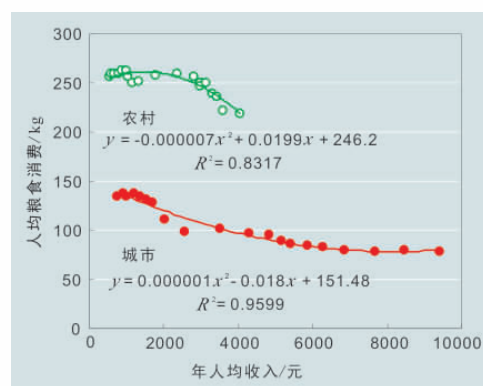


图 3 全国城乡居民粮食消费与人均收入的关系

Fig. 3 Relationship between per capita income and food grain consumption in urban and rural populations

从 1978 年的 82.1% 下降到了 2004 年的 58.2%,城市人口则相应地从 17.9% 增加到了 41.8%,每年平均变化 0.92 个百分点。据此计算,在 2013 年左右我国农村和城市人口将各占一半,届时全国人均口粮消费约为 150 kg,14 亿人口的口粮总需求约 2.1 亿 t,与 2004 年的需求量相差无几。这说明,农村人口比例降低所导致的粮食消费需求减少,可以大体抵消新增人口导致的粮食消费需求增加。2004 年我国粮食总产量近 4.7 亿 t,远远大于口粮消费,说明我国粮食产量的一半左右被用作饲料用粮和工业用粮。

从全国整体来看,目前并不存在对国家粮食安全构成巨大威胁的因素,但饲料粮将是未来全国粮食消费的第一大项。尽管我国猪肉占肉类总产量的比重已经从 1985 年的 86% 下降到了 2004 年的 65% 以下,而且有继续下降的趋势,但作为人均耕地缺乏的国家,我国却是世界第一养猪大国,2004 年猪肉产量占全世界的 47.6%,猪饲料占了世界的 40% 以上;美国是产粮大国,猪肉产量却只占全世界的 9%。与北方相比,我国南方地区饲料粮比较缺乏,但目前南方猪肉人均占有量却高于全国平均水平,而牛肉、羊肉和奶类人均占有量分别只有全国平均水平的 44.67%,42.86% 和 20.41% (见表 2)。因此,在南方地区更需要调整畜牧业结构,大力发展草地农业,增加草食家畜比重。

3 南方以草代粮发展草地农业的潜力

既然我国粮食产量完全能够满足城乡居民的口粮需求,而且全国粮食产量的一半左右是用作饲料的,那么粮食安全的问题实际上已经转化为饲料安全的问题。从解决饲料资源的角度,可以将单位面积粮食(饲料粮)和饲草的生产效率作一对比。为了便于不同农业系统之间产出的比较,在这里引入“稻田当量”的概念。

表 2 全国和南方地区主要畜产品产量
人均占有量比较(2004 年)
Table 2 Comparison of per capita livestock products
in China and the South (2004)

	人均占有量/kg					
	肉类	猪肉	牛肉	羊肉	禽肉	奶类
全国	55.73	36.17	5.20	3.07	10.40	18.22
南方	51.66	38.77	2.32	1.30	8.60	3.72
南方与全国相比/%	92.69	107.18	44.67	42.86	82.71	20.41

注: ① 各产品人均占有量系根据总产量和总人口计算而来。

② “南方”包括上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、海南、重庆、四川、贵州、云南 15 个省级行政区。

③ 数据来源:《中国统计年鉴 2005》和《中国农业年鉴 2005》。

以南方地区主要作物稻谷的饲料代谢能产量为标准, 将其它作物或饲草(可利用)与之比较, 按单位面积饲料代谢能产量折算为相当于稻田的面积, 即为“稻田当量”, 计算结果如表 3 所示。

根据表 3, 如以饲料代谢能产量为衡量标准, 每公顷小麦和玉米籽实稻田当量分别为 0.45 和 0.69, 而每公顷冬闲田黑麦草、青储玉米和人工草地的稻田当量分别为 1.34、2.8 和 0.78。如以每公顷粗蛋白质产量作为衡量标准, 冬闲田黑麦草、青储玉米和多年生人工草地的粗蛋白质产量分别是稻谷的 3 倍、2.7 倍和 1.8 倍, 是小麦的 4.4 倍、3.9 倍和 2.5 倍, 是玉米(籽实)的 4 倍、3.6 倍和 2.3 倍。

表 3 南方地区粮食作物和饲草的干物质(DM)、粗蛋白质(CP)、代谢能(ME)产出及“稻田当量”(PE)
Table 3 Yields of dry matter (DM), crude protein (CP) and metabolic energy (ME) and paddyfield
equivalent (PE) of grain crops and forages in southern China

产品种类	干物质产量 (t·hm ⁻²)	利用 系数	可利用干物质产量 (kg·hm ⁻²)	粗蛋白质含量 /%	粗蛋白质产量 (t·hm ⁻²)	代谢能含量 (MJ·kg ⁻¹)	代谢能产量 (MJ·hm ⁻²)	稻田 当量
稻谷	5.5	1.0	5.5	8.5	0.47	13	71 500	1.00
小麦	2.5	1.0	2.5	13.0	0.33	13	32 500	0.45
玉米	3.8	1.0	3.8	9.5	0.36	13	49 400	0.69
冬闲田黑麦草	12.0	0.8	9.6	15.0	1.44	10	96 000	1.34
青储玉米	20.0	0.8	16.0	8.0	1.28	10	160 000	2.24
多年生人工草地	8.0	0.7	5.6	15.0	0.84	10	56 000	0.78

注: 稻谷、小麦、玉米谷粒产量根据《中国农业年鉴 2005》中 2004 年的数据计算而来, 干物质含量按 88% 计算; 冬闲田黑麦草、青储玉米、人工草地的产量根据文献报道的数据综合而来; 粗蛋白质和代谢能含量根据文献报道综合而来。

目前我国南方 15 省区(不包括台湾)水稻种植面积近 2 500 万 hm², 水稻冬闲田闲置面积很大。假设其中 40% 即 1 000 万 hm² 冬闲田能够在冷季种植一年生牧草, 则相当于增加 1 340 万 hm² (2 亿亩) 稻田的产能。南方玉米种植面积约 609 万 hm², 而目前玉米主要用作饲料。如果将其中 1/3 即约 200 万 hm² 的粮用玉米改为青储玉米, 则相当于 448 万 hm² 稻田的产能, 减去原来粮用玉米减少的 200 万 hm², 相当于新增 248 万 hm² (3 720 万亩) 稻田的产能。南方可利用天然草地面积达 6 500 万 hm², 如果将其中 1/3 即 2 000 万 hm² 建成高产人工草地, 相当于增加 1 560 万 hm² (2.34 亿亩) 稻田的产能。这 3 项合计, 相当于 3 148 万 hm² (4.72 亿亩) 的“稻田当量”, 潜力十分可观。另外, 南方还有 833 万 hm² 的烤烟地, 也可发展冬闲田种草; 106.9 万 hm² 茶园、464 万 hm² 果园, 以及大面积的疏林和隙地, 均可发展不同类型的人工草地。

由此可见, 通过发展草地农业、以草代粮, 能够更好地发挥资源的潜在优势, 对保障我国的食物安全有

重要意义, 也是农民增收、农业增效的一个重要途径。以上只是一个粗略的推算, 而且以解决饲料问题为目的, 其前提条件是整个农业结构(包括种植业和畜牧业)随之调整, 即从当前的“粮-猪”农业向草地农业转变, 减少耗粮型家畜特别是猪的比重, 增加草食家畜(禽)的比重。而这个调整也符合当前我国畜产品消费市场及畜牧业结构调整的发展趋势。

4 结论

对中国这样的人口大国来说, 食物安全是关系到可持续发展的重要问题。食物安全的内涵十分丰富, 而并不局限于粮食安全。随着我国家庭收入的提高, 城乡居民的食物消费结构已经在发生变化, 其显著特点是肉类和奶类的人均消费不断增长、粮食的人均直接消费不断下降。统计数据显示, 我国目前是世界上粮食安全的发展中国家之一。单纯从口粮需求来看, 完全能够保障现有粮食产量, 而饲料粮正在或已经成为我国粮食需求的第一大项。我国人均耕地贫乏, 完全依靠粮

食来保障饲料安全在经济和生态上成本太高, 不符合中国国情。草地农业将植物生产与动物生产密切结合, 着眼于食物生产系统的整体效率, 使食物资源得到更充分的利用, 符合可持续发展的需要。我国南方地区水热条件优越, 具有发展草地农业的巨大潜力, 例如以大面积草山草坡开发利用为特征的山地温带多年生人工草地、以草田轮作为特征的冬闲田黑麦草系统、以丘陵旱作区土地高效利用为特征的冷季和暖季一年生高产饲草系统、以林地和果园草地高效利用为特征的林草复合系统等。以饲料生产为目的简单推算, 每公顷冬闲田黑麦草、青储玉米和人工草地的稻田当量分别为 1.34、2.8 和 0.78。假如南方地区能够发展 1 000 万 hm^2 冬闲田黑麦草、200 万 hm^2 青储玉米和 2 000 万 hm^2 多年生人工草地, 按代谢能产量核算, 相当于新增 3 148 万 hm^2 “稻田当量”, 由此可见南方草地农业的巨大潜力。

参考文献 (References)

- [1] BARNES R F, *et al.* Forages: An introduction to grassland agriculture [M] 5th ed. Iowa: Iowa State University Press, 1995.
- [2] 任继周. 草地农业生态系统通论 [M]. 合肥: 安徽教育出版社, 2004.
REN Jizhou. The general theory of agro-grassland ecosystems[M]. Hefei: Anhui Educational Press, 2004.
- [3] 任继周, 李向林, 侯扶江. 草地农业生态学研究进展与趋势 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(8): 1017–1021.
REN Jizhou, LI Xianglin, HOU Fujiang. Research advances and trend in grassland agroecology [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13 (8): 1017–1021.
- [4] 任继周. 中国南方草地现状与生产潜力 [J]. 草业学报, 1999, 8(增刊): 24–32.
REN Jizhou. Current condition and productive potential of grasslands in Southern China [J]. Acta Prataculturae Sinica, 1999, 8(S1): 24–32.
- [5] 中华人民共和国农业部畜牧兽医司, 全国畜牧兽医总站. 中国草地资源数据[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1994.
The Animal Husbandry Department of Ministry of Agriculture, National Center of Animal Husbandry and Veterinary Service. China grassland resource data [M]. Beijing: Chinese Agricultural Science and Technology Press, 1994.
- [6] 张新时, 李博, 史培军. 南方草地资源开发利用对策研究[J]. 自然资源学报, 1998, 13(1): 1–7.
ZHANG Xinshi, LI Bo, SHI Peijun. Development and utilization of grassland resources in southern China [J]. Journal of Natural Resources, 1998, 13: 1–7.
- [7] 李向林, 白静仁, 韩雪松, 等. 牧压和肥力对亚热带山地牧草净生产的影响[J]. 草地学报, 2001, 9(2): 79–82, 86.
LI Xianglin, BAI Jingren, HAN Xuesong, *et al.* Effect of grazing pressure and soil fertility on net pasture production of subtropical mountain [J]. Acta Agrostia Sinica, 2001, 9(2): 79–82, 86.
- [8] 孙鸿烈, 李振声, 张新时, 等. 南方草地: 亟待开发的后备食物资源[N]. 中国科学报, 1998–05–04.
SUN Honglie, LI Zhensheng, ZHANG Xinshi, *et al.* Grasslands in Southern China: A reserve food resource to be exploited[N]. Science News, 1998–05–04.
- [9] 杨中艺, 余玉萍, 陈会智. “多花黑麦草–水稻”草田轮作系统的研究 I. 意大利多花黑麦草引进品种在亚热带地区集约栽培条件下的生产能力[J]. 草业学报, 1994, 3(4): 20–26.
YANG Zhongyi, YU Yulin, CHEN Huizhi. A study on Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*)–Rice (*Oryza sativa*) Rotation (IRR) system I. Productivity of Italian ryegrass cultivars under intensive cultivation in subtropics of South China[J]. Acta Prataculturae Sinica, 1994, 3(4): 20–26.
- [10] 杨中艺, 潘静澜. “黑麦草–水稻”草田轮作系统的研究 II. 意大利黑麦草引进品种在西南亚热带地区免耕栽培条件下的生产能力[J]. 草业学报, 1995, 4(4): 46–51.
YANG Zhongyi, PAN Linglan. Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*)–Rice (*Oryza sativa*) Rotation (IRR) system II. Productivity of introduced Italian ryegrass varieties under non-tillage cultivation in the southern subtropics of China[J]. Acta Prataculturae Sinica, 1995, 4 (4): 46–51.
- [11] 杨中艺, 潘哲祥. “黑麦草–水稻”草田轮作系统的研究 III. 意大利黑麦草引进品种在西南亚热带地区稻底撒播条件下的生产能力[J]. 草业学报, 1995, 4(4): 52–57.
YANG Zhongyi, PAN Zhexiang. A study of an Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*)–Rice(*sativa*) Rotation (IRR) system III. Productivity of introduced varieties of Italian ryegrass when Seeded into Late rice population in the southern subtropics of China [J]. Acta Prataculturae Sinica, 1995, 4(4): 52–57.
- [12] 杨中艺. “黑麦草–水稻”草田轮作系统的研究 IV. 冬种意大利黑麦草对后作水稻生长和产量的影响 [J]. 草业学报, 1996, 5(2): 38–42.
YANG Zhongyi. A study of an Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*)–Rice (*sativa*) Rotation (IRR) system IV. Effects of Italian ryegrass winter cropping in paddy on growth, development and yield of subsequent rice [J]. Acta Prataculturae Sinica, 1996, 5(2): 38–42.
- [13] 杨中艺, 岳朝阳, 辛国荣, 等. 稻田冬种黑麦草对后作水稻生长的影响及其机理初探[J]. 草业科学, 1997, 4(4): 20–24.
YANG Zongyi, YUE Chaoyang, YIN Guorong, *et al.* Effect of winter cropping *Lolium multiflorum* in rice field on growth of succeeding rice and a preliminary

- approach to its mechanism [J]. Pratacultural Science, 1997, 4(4): 20–24.
- [14] 王 华, 黄 宇, 阳柏苏, 等. 中亚热带红壤地区稻-稻-草轮作系统稻田土壤质量评价[J]. 生态学报, 2005, 25(12): 3271–3281.
- WANG Hua, HUANG Yu, YANG Bosu, *et al.* Paddy soil quality assessment under rice-ryegrass rotation system in red soil region of mid-subtropics [J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(12): 3271–3281.
- [15] 辛国荣, 岳朝阳, 李雪梅, 等. “黑麦草-水稻”草田轮作系统的根际效应: 3-黑麦草根对土壤生物性状的影响 [J]. 中山大学学报 (自然科学版), 1998, 37(6): 94–96.
- XIN Guorong, YUE Chaoyang, LI Xuemei, *et al.* Rhizosphere effects in “Ryegrass-rice” rotation system[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 1998, 37(6): 94–96.
- [16] 张卫建, 郑建初, 江海东, 等. 稻/草-鹅农牧结合模式的综合效益及种养技术初探[J]. 2001, 18(5): 17–21.
- ZHANG Weijian, ZHENG Jianchu, JIANG Haidong, *et al.* Comprehensive effects and cropping-feeding techniques in cropping-livestock system of rice-ryegrass-goose[J]. Pratacultural Science, 2001, 18 (5): 17–21.
- [17] 杨中艺, 辛国荣, 岳朝阳, 等. “黑麦草-水稻”草田轮作系统应用效益初探(案例研究)[J]. 草业科学, 1997, 14(6): 36–39.
- YANG Zhongyi, XIN Guorong, YUE Chaoyang, *et al.* A case study on benefits of Italian ryegrass-rice rotation system[J]. Pratacultural Science, 1997, 14(6): 36–39.
- [18] 刘 芳, 李向林, 白静仁. 川西南农区高效饲草生产系统研究 [J]. 草地学报, 2006, 14(2): 147–151.
- LIU Fang, LI Xianglin, BAI Jingren. A study on the efficient forage production system in the cropping areas of Southwestern Sichuan Province [J]. Acta Agrestia Sinica, 2006, 14(2): 147–151.
- [19] 刘国栋, 曾希柏, 苍 荣, 等. 营养体农业与我国南方草业的持续发展[J]. 草业学报, 1999, 8(2): 1–7.
- LIU Guodong, ZENG Xibo, CANG Rong, *et al.* Vegetative agriculture and sustainable development of prataculture in the South of China [J]. Acta Prataculturae Sinica, 1999, 8(2): 1–7.
- [20] 贡旭疆. 发展营养体农业的理论基础和实践意义[J]. 草业学报, 2002, 11 (1): 65–69.
- YUN Xujiang. Theoretical basis and practical significance of vegetative agriculture [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2002, 11 (1): 65–69.
- [21] LUNDGREN B, NAIR P K R. Agroforestry for soil conservation [M]// EI-SWAIFY S A, *et al.* Soil erosion and conservation. Ankenny, Iowa: Soil conservation Society of America. 1985.
- [22] ATTA-KRAH A N. Trees and shrubs as secondary components of pasture [C] //New Zealand Grassland Association, *et al.* Proceedings of the XVII international Grassland Congress. New Zealand: New Zealand Grassland Association, 1993: 2045–2052.
- [23] 聂中南, 王代军, 周奠华. 林下人工种草、林草结合的研究 [M]// 黄文惠, 王 培. 亚热带中高山地区草地开发研究. 北京: 中国农业科技出版社, 1992: 138–146.
- NIE Zhongnan, WANG Daijun, ZHOU Dianhu. A study on pasture establishment in woodlands and tree-pasture integration [M]//HUANG Wenhui, WANG Pei. Pasture development in subtropical mid-high mountain areas. Beijing: Chinese Agricultural Science & Technology Press, 1992: 138–146.
- [24] 王代军, 聂中南. 森林-草地生态系统中森林生长状况的研究[M]//黄文惠, 王 培. 亚热带中高山地区草地开发研究. 北京: 中国农业科技出版社, 1992: 186–189.
- WANG Daijun, NIE Zhongnan. A study on tree growth in a forest-pasture ecosystem [M]// HUANG Wenhui, WANG Pei. Pasture development in subtropical mid-high mountain areas [M]. Beijing: Chinese Agricultural Science & Technology Press, 1992: 186–189.
- [25] 吴克谦, 周清水. 林下草地产量与家畜生产性能的研究[M]. 黄文惠, 王 培. 亚热带中高山地区草地开发研究. 北京: 中国农业科技出版社, 1992: 172–178.
- WU Keqian, *et al.* A study on pasture production animal performance in woodland [M] // HUANG Wenhui, WANG Pei. Pasture development in subtropical mid-high mountain areas. Beijing: Chinese Agricultural Science & Technology Press, 1992: 172–178.
- [26] 陈伟烈, 张喜群, 梁松筠, 等. 三峡库区的植物与复合农业生态系统[M]. 北京: 科学出版社, 1994: 24–40.
- CHEN Weilie, ZHANG Xiqun, LIANG Songyun, *et al.* Plant species and integrated agroecosystems in the Three Gorges Reservoir areas [M]. Beijing: Science Press, 1994: 20–40.
- [27] 黄季焜. 中国的粮食安全面临巨大的挑战吗 [J]. 科技导报, 2004, 22(9): 17–18.
- HUANG Jikun. Is China's grain security facing great challenge [J]. Science & Technology Review, 2004, 22 (9): 17–18.
- [28] FAO (United Nations Food and Agricultural Organization). The state of food insecurity in the world 2002[M]. Rome: FAO, 2003.

(责任编辑 王 芷)