

畜牧业在农业生态系统中的地位*

—窦店畜牧业的系统分析

韩纯儒 刘铁斌

(北京农业大学)

程 序

(北京市农林科学院)

提 要

本研究把畜牧业看作整个农业生态系统中的一个亚系统,定量分析了各种畜禽对能量、蛋白质和营养物质的转化效率,分析了畜牧亚系统与其它亚系统间以及与环境间的能量与物质的交流,从而对窦店畜牧业的生产力水平及其在整个农业生态系统中的地位做出客观评价,对畜牧结构的调整提出了建议,并讨论了农区畜牧业和农业生态系统的开放等问题。

随着我国农田生产力水平的提高和人们对肉、蛋、奶需求的增长,畜禽作为农业生态系统中的次级生产者越来越受到重视。它不仅可将秸秆、饼粕等农副产品转化为肉、蛋、奶等高级营养食品,而且还可通过粪肥将部分营养物质归还土壤,使农业生态系统中养分循环利用。畜禽作为整个农业生态系统中食物链的一个重要环节,其能量、物质转化效率的高低是系统功能好坏的重要标志。同时,畜牧亚系统与其它亚系统以及与环境间的能量、物质交流,对整个农业生态系统的总体特征也有很大的影响。W. Holmes(1980)和P.A. Oltenau(1980)在这方面做过初步的研究工作,但多局限于畜牧系统以内,在农牧复合结构和农牧关系方面的研究是十分薄弱的。

本文以北京郊区农业现代化试点单位房山区窦店村为对象,试图探讨一个种植业、畜牧业集约化程度较高的农业生产单位里畜牧业在农业生态系统中的地位,寻求具有普遍意义的农牧生态系统发展规律,并据此对当前的产业结构调整 and 今后的生态农业建设提出建议。文中引用材料为实地调查及不同畜群的饲养试验测定结果,个别资料引自有关文献**。

一、窦店村畜牧业概况

窦店村农业生产发展过程较突出的一个特点是,在粮食大幅度增产后,自觉地将粮食转化为肉、蛋、奶等畜产品。1985年用作饲料的粮食(包括麸皮等)为2010吨,占粮食总产量的62%,同时,大部分秸秆也用做饲料。种植业与养殖业产值比为46:54,饲养量达每公顷30个羊单位。每公顷产出肉类1635kg(除去架子牛为818kg),蛋类1004kg,奶类526kg。1977年至1985年畜种结构的变化表现为养猪由上升趋于稳定,肉牛,奶牛从无到有进而大发展。1985年草食动物(牛、羊、兔)占总饲养量的63%,集体和专业户经营占80%以上。窦店畜牧系统种群结构见表1。

* 本文经北京农业大学畜牧系杨胜、刘少伯教授,熊易强副教授审阅,特此致谢。

** 刘铁斌(1986),《农业生态系统中农牧关系及其能量与物质的转化流动特征》,(北京农大硕士论文)。

本文于1987年6月10日收到

表1 窦店1985年畜牧种群结构*

Table 1 The Population Structure of Animal Subsystem of Doudian in 1985

畜禽种类	肉牛	奶牛	羊	猪	鸡 (机械化)	鸡 (户养)	鸭鹅	兔	总和
数量(头、只数)	1113	70	947	2154	20003	12000	1400	1600	
每头(只)体重**(kg)	130	318.5	30	25	1.6671	2	2	0.75	
重量(kg)	144776	22295	28410	53760	33342	24000	2800	1200	310448
折羊单位*** (头)	4826	743	947	1792	1111	800	93	40	10352
重量百分比(%)	46.63	7.18	9.15	17.32	10.74	7.73	0.90	0.39	100

* 肉牛、奶牛、鸡(机械化)为集体经营,猪大部分集体经营,其余为分散户养。

** 每头(只)体重系年平均现存量。如肉牛饲养126天,在此期间每头平均体重为376.6kg,则年每头平均体重为
 $376.6 \times \frac{126}{365} = 130 \text{ (kg)}$ 。

*** 每头按30kg折。

二、窦店畜牧系统能量与物质转化效率

为便于畜禽间的相互比较,在能量分析中饲料投入按总能计。物质转化效率则指畜禽群体投入饲料中某元素转化为畜体及其产品中元素的百分率。物质返田率指收集的粪中某物质质量与食进某物质质量之比。

表2 窦店各种畜禽能量和物质转化效率*

Table 2 Energy and matter conversion rates of different animals

序号	项 目	肉牛	奶牛	羊	猪	鸡 (机械化)	鸡 (户养)	鸭鹅	兔	加权平均
1	产出生物能/饲料能	0.06	0.11	0.11	0.24	0.15	0.12	0.08	0.08	0.15
2	产出可食能/饲料能	0.034	0.10	0.06	0.19	0.14	0.11	0.08	0.05	0.11
3	粪能占总产出能(%)	73	74	72	66	59	68	81	82	70
4	N 生物转化率(%)	11	21	24**	27	22	18	21	17	17.70
	返田率(%)	48	45	45	53	31	36	33	45	45.52
5	P 生物转化率(%)	11	14	22	12	23	19	27	9	14.63
	返田率(%)	88	76	71	78	54	63	55	61	77.33
6	K 生物转化率(%)	2	13	5	15	6	5	4	5	6.01
	返田率(%)	80	59	74	82	73	85	86	77	77.99
7	有机物返田率(%)	32	38	19	43	20	36	25	32	32

各种畜禽转化率指其产品部分,如肉牛指肉牛肉,奶牛指牛奶,鸡指鸡蛋及淘汰鸡肉。

羊的N生物转化率计入羊毛,如除去羊毛为21%,窦店羊群主要为绵羊。

由表2可以看出:

(一) 窦店畜禽牧业的“生态效率”——生物能/饲料能为0.15,各种畜禽群体(除奶牛外,均不包括维持畜禽的消耗,只计在窦店饲养期间)排序为猪→蛋鸡(机械化)→蛋鸡(户养)→奶牛、羊→鸭鹅、兔→肉牛。以可食能量产出/饲料能排序为猪→蛋鸡(机械化)→蛋鸡(户养)→奶牛→鸭鹅→羊→兔→肉牛。两个指标的排序大体一致。

(二) 在总产出能中,粪能占60~80%,而且各畜禽间差异较大,生物转化效率和粪尿的可收集性决定其值。

(三) 各种畜禽对N、P、K元素的转化效率各异。但从整个畜禽亚系统来看,畜禽对N的转化效率较高,即N随畜产品输出系统的比例较大,为17—18%,P次之,为14—15%,

K最小, 为6%。

(四) 三元素从粪中的回收率, N一般为40—50%, P、K一般为70—80%。K虽然随畜体及其产品输出系统很少, 但K在尿中含量较高, 因尿一般不便收集, 故损失量较大。鸡粪对K的回收率较高, 而由于鸡粪长期堆积, N的挥发量较大, 故对N的回收率较低。其余畜禽种类看不出有明显差异。

(五) 有机物返田率范围在19—43%, 以猪粪最高。以羊粪和机械化养鸡粪最低。因为猪粪尿每天收集入圈, 羊为放牧, 采用“全进全出制的机械化鸡场1~2年收集一次, 氮素挥发损失很大。窦店整个畜牧系统有机物回收率为32%。

三、窦店畜牧系统蛋白质及饲料转化效率

以畜产品中的可食蛋白质占投入饲料中总蛋白质的百分比做为蛋白质转化效率的指标计算于表3。

表3 窦店畜牧业可食蛋白质转化效率及单位畜产品耗料

(单位: 公斤)

Table 3 The Protein Conversion Rate of Animal Husbandry And Feed Consumption Per Unit of Animal Product In Doudian.

(unit: kg)

项目	畜种	肉牛	奶牛	羊	猪	鸡 (机械化)	鸡 (户养)	鸭鹅	兔	加权平均
蛋白质转化效率 (%)		6	20	12	21.40	20.4	16.4	20	10	12.72
每增一公斤毛重 (蛋奶)	精料	6.66	0.92	0.96	3.25	4.00	5.00	3.90	2.73	4.68
	粗料	8.94	1.43	6.50	—	—	—	2.60	5.00	4.91
	合计	15.60	2.35	7.46	3.25	4.00	5.00	6.50	7.73	9.59
每生产一兆卡可 食产品	精料	3.35	1.07	0.54	1.27	1.86	2.36	1.99	1.97	2.32
	粗料	4.49	1.68	3.62	—	—	—	1.33	3.60	2.57
	合计	7.84	2.75	4.16	1.27	1.86	2.36	3.32	5.57	4.89
每生产一公斤可 食蛋白质	精料	70.35	23.34	12.24	32.43	27.45	34.21	28.66	35.48	47.21
	粗料	94.40	36.53	84.51	—	—	—	19.11	65.04	54.80
	合计	164.75	59.87	96.75	32.43	27.45	34.21	47.77	100.52	102.01

注: 1. 精料包括谷物、麸皮、棉子饼及添加物等; 粗料包括秸秆、草等。青贮按50%精料, 50%粗料计入。

2. 除奶牛外, 均不包括维持畜禽消耗在内。只按窦店饲养期实际消耗计。

由表3可以看出, 奶牛、鸡、鸭鹅的蛋白质转化效率相当接近, 在20%左右。肉牛、羊的蛋白质转化效率较低, 但结合表4可以看出, 其食用的粮食蛋白质只相当于单胃动物的一半。因此, 在评价不同畜禽生态效率高低的时, 要考虑其对粮食的需要。

表4 每生产单位可食蛋白质消耗的粮食蛋白质

Table 4 Grain Protein Needed Per Unit of Edible Animal Protein

肉牛	奶牛	羊	兔	猪	鸡 (机械化)	鸡 (户养)	鸭鹅	加权平均
2.69	2.37	0.70	2.35	3.74	4.47	5.56	3.05	
反刍动物加权平均 2.36			单胃动物加权平均 4.31					3.10

作为草食动物的奶牛, 蛋白质转化效率高于猪, 与蛋鸡不相上下, 但生产单位蛋白质消耗的粮食仅及蛋鸡的50—60%, 而且对作物副产品的利用也较充分。可见, 在农牧混合结构

中,发展奶牛以组织蛋白质生产潜力较大。

突店整个畜牧系统每增 1kg 毛重(或蛋、奶)需耗精料 4.68kg,粗料 4.91kg,合计 9.59kg。每生产 1 兆卡可食产品需精料 2.32kg,粗料 2.57kg,合计为 4.89kg。每生产 1kg 可食蛋白质需精料 47.21kg,粗料 54.80kg,合计为 102.01kg,即由初级植物产品转化为可食动物蛋白质的效率约为百分之一。

四、初级生产和次级生产的相互关系

(一) 初级生产对次级生产的决定作用

以 15 年(1971—1985)农田粮食产量为 x ,畜产品量为 y (滞后一年)的曲线回归方程为:

$$y = 76.93e^{-0.003788x} \quad r = 0.92 \text{ (相关极显著)}$$

农田粮食产量与畜产品量相关显著说明,畜牧业的发展受农田产量的制约,即第一性生产为第二性生产提供物质保证,决定了第二性生产的发展。但是,二者曲线相关,说明二者的发展并不是同步增长(尽管畜产品量滞后一年)。15 年来农田产量增长 1.69 倍,畜禽饲养量增长 1.62 倍,而畜产品增长 5.57 倍。畜产品量的增长不仅决定于粮食产量和饲养量的增长,同时也受技术和市场等其它方面因素的影响。

(二) 饲料平衡

按突店现阶段的农民膳食水平,除面粉以外的农产品都可以做为饲料。

表 5 1985 年各种饲料消费量和提供量
Table 5 Feed Consumed And Provided In 1985

单位:吨
unit: T

项目	饲料消费*	本系统可提供数	说 明
饲料			
玉 米	1763	1777	
麸 皮	168	203	
豆 饼	232		从系统外调入
棉 子 饼	201		从系统外调入
秸 秆	1387	1866	其中本系统可提供玉米秸秆 1142 吨, 小麦秸秆 724 吨
青贮玉米	409	409	奶牛场自产

* 包括 20% 在饲喂中浪费。

由表 5 看出:全村畜牧饲养量与自产饲料大体相适应。玉米、麸皮产出量与消费量基本一致。尚有一部分秸秆未利用,主要是小麦秸秆。随着麦秸氨化技术的推广应用,可适当增加草食动物饲养量,相应调整猪、鸡的比例。但是,本系统严重缺乏蛋白质饲料,豆饼、棉籽饼、鱼骨粉等全部买进。因此可以说,突店现在的农牧结构是以从外部输入这些蛋白质饲料为条件的,这就增加了系统对外部的依赖性。因而潜伏着一定的生态脆弱性和不稳定性。

(三) 有机物循环与养分的回收

从农田有机质和 N、P、K 的平衡分析可以看出,1970—1985 年畜禽粪便占土壤有机质投入量从 13% 上升到 40%,秸秆、残茬等植物部分占土壤有机质投入量从 87% 下降到 60%。进入畜牧系统的有机物有 32% 返回农田,有 5—6% 随畜产品输出系统,有 62—63% 在转化中损失。进入畜牧系统的 N 约有 40% 在转化中丢失。1970—1985 年畜禽粪便中的 N 占农田总投

入N的百分比从7%上升到20%,但秸秆中的N占总投入N的百分比从30%下降到8%。至于P, K, 则因为在畜产品中的存留和在转化中的损失很少,大部分仍然以厩肥的形式返回农田。另一方面,由于将原来输出系统以外或者浪费(烧掉)的那部分植物产品用来作饲料,进而以厩肥的形式返回农田,畜牧业的发展维持了农业生态系统的自给性,强化了系统内部的自我循环机制。目前,窦店全系统通过畜牧业返还农田的N、P、K养分分别为95,28和43kg/ha.y。分别达到农田输出N、P、K量的40%, 44%和43%。畜牧业每年共向种植业提供优质粪肥7259t, 折25.9t/ha, 折合干有机物3.92t/ha。

窦店畜牧业从外部输入的蛋白饲料中所含N、P、K占饲料总含量的比例分别达44.7, 27.7, 和45.5%, 为输出畜产品的251, 200和833%。随购入饲料输入的N、P、K 分别为 26056kg、2743kg和6883kg, 其中随 畜产品输出部分仅分别为 4552kg、388kg 和 413kg。进入农田为11965kg, 2156kg和5379kg, 相当于标准化肥97500kg, 折合每公顷 348kg, 占全年化肥施用量的17%。以上说明, 窦店畜牧业的发展对加强全系统有机物的循环和养分回收起着重要作用。

五、窦店农牧系统能流物流的某些总体特征

(一) 农田有机物产出及其流通循环途径

如图1所示, 窦店每年农田总生物产量为28100kg/ha, 蛋白质产量为 1972kg/ha。实际收获分别为 19102kg/ha, (占68%), 1468kg/ha(占74%)。输出农牧系统的粮食4084kg/ha, 占总收获量的21%和粮食产量的36%。进入畜牧系统的总生物量为11935kg/ha, 占总收获量

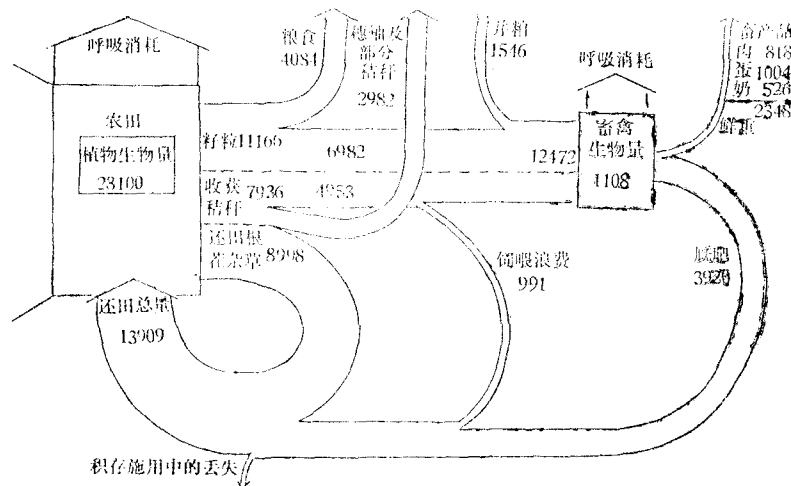


图1 窦店农牧系统有机物生产及其流通循环图(单位: 公斤/公顷)

Fig. 1 Production, allocation and circulation of organic matter in Doudian agroecosystem (unit, kg/ha)

的62%。其中籽粒(包括麸皮)为6982kg/ha, 也占总收获籽粒的62%。农田植物生产总量除约1/3直接还田外, 用于饲料的部分又有约1/3可以粪肥的形式还田。可见, 畜牧业是农业系统初级生产的主要消费者, 是有机物质循环的主要通道之一。畜牧业对能量、物质转化效率的高低, 对整个系统生产力影响极大。

(二) 农牧系统的能流与物流特征

窦店农田由太阳能转化为初级产品能的效率为0.78% (包括农田杂草), 转化为粮食及饲料能的效率为0.56% (实际收获部分), 假定不考虑系统以外的饲料输入, 收获的全部植物产品具有合理的配比用来饲养家畜, 可获 7.96×10^6 大卡/ha·年的可食畜产品能。由太阳光能到动物可食产品能的转化效率可达0.062%。实际由于口粮及市场输出, 虽有大量饲料输入, 生产的可食畜产品能仅为太阳光能的0.041%。每公顷农田可收获植物蛋白质1500kg/ha·y, 动物转化效率为12.72%, 即每公顷农田可获可食动物蛋白质193kg/ha·y。农牧系统的能量与物质流动模式见图2。

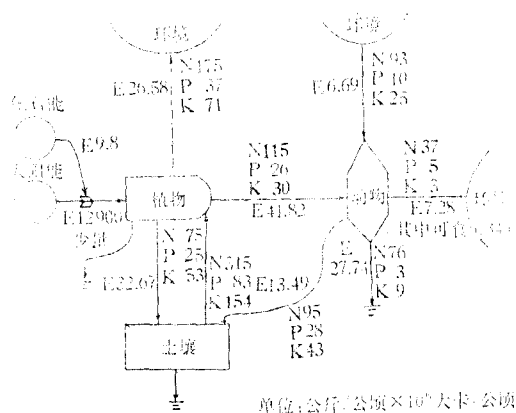


图2 农牧系统每公顷农田上能量与物质的流动模式
(单位: 公斤/公顷 $\times 10^6$ 大卡/公顷)

Fig. 2 Chart of energy and matter flow in each hectare of cropland (unit: kg/ha, $\times 10^6$ kcal/ha.)

给市场的农产品结构得到改善, 使大部分植物初级产品在系统内部得到转化而价值增值, 直接向市场提供肉、蛋、奶等动物蛋白质, 而且还提供了农田闲置劳力的就业途径, 其社会效益也是很大的。

(二) 转化效率

窦店目前畜牧系统每增一公斤毛重 (或蛋、奶) 耗料9.59公斤 (精粗比为1:1), 与林德曼的“十分之一”定律基本吻合。全系统每生产一公斤可食动物蛋白质需耗料102公斤 (精粗比为1:1) 即从植物初级产品到可食动物蛋白质存在着1%的关系。建议在评价畜牧生产时, 除了考虑林德曼效率以外, 同时也考虑其由植物初级产品到动物蛋白质的转化效率。

(三) 农区畜牧业问题

农区畜牧业的主要特征是杂食动物占的比例较大, 集约化程度较高, 受制于粮食产量及技术水平。目前, 窦店畜牧业产值与种植业产值大体相当, 发展趋势是以牧为主, 将围绕畜牧业发展种植业, 这是城郊型农业的一大基本特征。即使在一般农区, 也可以有以牧为主的生态系统。从窦店来看, 以充分利用秸秆和剩余粮食为限, 每公顷耕地负担30—40个羊单位, 草食动物占60~70%是比较适宜的, 但要另有蛋白饲料生产基地和架子牛 (或羊) 繁殖基地。有人把耕牛誉为“未来农业的象征”, 但在窦店农业现代化的进程中, 耕牛已全部被机械取代。在高产农区, 肉牛、奶牛、羊等草食动物将逐步取代耕牛, 成为秸秆等农副产品的

六、结论与讨论

(一) 畜牧业在农业生态系统中的地位

1. 畜牧业消耗了系统内粮食和秸秆的62%, 使这部分初级植物产品在系统中得到转化。通过畜牧返回农田的N、P、K分别为95, 28和43kg/ha·y, 有机质 (干) 3.92t/ha·y。由于从系统外部输入大量的蛋白饲料, 通过畜牧进入农田的N、P、K量又分别增加了43、8和19kg/ha·y, 相当于年施化肥量的17%。如在系统中抽掉畜牧亚系统, 物质再循环指数将会减半。因此, 畜牧亚系统在促进农业生态系统养分循环方面的作用是巨大的。

2. 由于畜牧业的发展, 使农业系统提供

主要消费者。曾晓光(1982)曾提出“奶牛和猪的结合对资源利用比较充分,并有最好的经济效果”,这将有待于实践的进一步验证。

(四) 系统的开放与自我维持

由于系统的开放,扩大了输入和养分循环,整个畜牧业对N、P、K和有机物的还田率(最大可能)分别为46%,77%,78%和32%。由畜牧还田的N、P、K分别为外界总投入量的23%,31%和56%。而窦店畜牧业现阶段不仅消耗了本系统60%以上的粮食和秸秆,而且还从系统以外输入了相当于另一个窦店耕地面积上生产的豆饼和棉籽饼,这样高度发达和开放的畜牧系统在我国农区是少见的。由此看来,仅靠发展本系统畜牧来维持农田养分平衡的想法是不够实际的,如无系统外输入的保证,笼统地说“猪多-肥多-粮多”也是不恰当的。从商品经济和农牧(或农区与牧区)结合的角度出发,高度开放的系统可使整个农业生态系统的结构和功能得到补充,在竞争中处于优越的地位。自我维持的概念是人们基于对自然生态系统的研究得来的。在管理农业生态系统时尽量利用其自组织性和自我维持性,无疑是有益的。但如果过分强调系统的自我维持,农业生态系统的能量、物质循环只能维持在较低水平上,这显然是不可取的。应以新的观念去看待和评价一个高度开放的农业生态系统。关键的问题不是开放度的大小,而是开放是否对系统有利,是否使系统在结构和功能上得到补充、各种优势得以充分发挥。

李比西的农学思想“输入物质的目的是为了对取走物质的补充”,这在当时无疑是认识自然的一大进步,但今天看来,这种观念未免过于保守。由于种种原因,即使一个高产的农业生态系统,也往往在结构和功能上有不完善之处,通过人为输入和控制作为对结构和功能的补充是十分必要的。如窦店系统输入豆饼和棉籽饼不是由于系统过多地取走蛋白质,而是以此补充畜牧业生产的物质基础,克服蛋白饲料不足的限制因子,从而生产更多的蛋白质。农田的化肥投入也是如此,应是有目的地、积极地生产活动,而不是仅在收获后补充。所以说,人为的控制和调节正是农业生态系统的显著特点之一,而不应过分强调自我维持。

参 考 文 献

- Holmes, W. 1980 Secondary Production From Land, In: Blaxter, Sir kenneth, ed. *Food Chains And Human Nutrition*. London, Applied Science Pub. LTD. pp.109—130.
- Oltenu, P.A. etc. 1980 Energy Inputs And Outputs For Livestock Production Systems, In: Pimentel, D. ed. *Handbook of Energy Utilization In Agriculture*. Floride, CRC press Inc. pp.303—431.
- 曾晓光, 1982 对北京郊区混合农业制度发展的技术经济分析, 《北京农业大学学报》8(3): 11—20.
- 顾昕, 耕牛——未来农业的象征, 《北京晚报》1984年4月11, 日第三版。

THE ROLE OF ANIMAL HUSBANDRY IN AN AGRO-ECOSYSTEM ——SYSTEMS ANALYSIS OF DOUDIAN ANIMAL HUSBANDRY

Han Chunru Liu Tiebin

(Beijing Agricultural University)

Cheng Xu

(Academy of Agricultural and Forestry Science of Beijing)

The animal husbandry is regarded as a subsystem in the whole agro-ecosystem in this study. The conversion rates of energy, protein and nutrients by each kind of animals are analysed quantitatively. The commutations of energy and material between the animal subsystem and other subsystems and its environments are analysed, too. The productivity of Doudian village's animal husbandry and its role in the agro-ecosystem are evaluated objectively. Some suggestions on adjusting the composition of animal colony are made. Some problems such as combinations between animal husbandry in the farming and ranching regions, and the appropriate degree of opening of the ecosystem are also discussed.