

虚拟水在解决农业生产和粮食安全问题中的作用研究

柯兵, 柳文华, 段光明, 严岩, 邓红兵, 赵景柱*

(中国科学院生态环境研究中心系统生态重点实验室, 北京 100085, E-mail: jzhao@mail.rcees.ac.cn)

摘要: 随着人口增长和经济发展, 水资源问题日益突出, 农业用水和粮食安全问题已经成为全球关注的重要问题. 本文简要回顾了虚拟水的内涵及其国内外研究现状, 分析了我国的农业用水和粮食安全问题, 根据粮食进口变动趋势和国内外粮食生产条件估算出 2010 年和 2020 年我国进口的虚拟水量分别为 $88 \times 10^9 \text{ m}^3$ 和 $95 \times 10^9 \text{ m}^3$, 并提出了通过进口虚拟水解决我国农业和粮食问题, 从而实现我国水资源的可持续利用.

关键词: 虚拟水; 农业用水; 粮食; 安全; 水资源

中图分类号: X37, F304 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2004)02-0032-05

A Virtual Water Analysis for Agricultural Production and Food Security

KE Bing, LIU Wen-hua, DUAN Guang-ming, YAN Yan, DENG Hong-bing, ZHAO Jing-zhu

(Key Laboratory of System Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, CAS, Beijing 100085, China E-mail: jzhao@mail.rcees.ac.cn)

Abstract: Water resource demand is increasing with the population growth and economic development. Water resource problem for agriculture and food security have become one of the global focal points because of water resource scarcity. The concept of virtual water is useful to analyze and impair this problem. In this paper, virtual water implication was described, and international study progress about it was briefly reviewed. Furthermore, China's agricultural water scarcity and food security were analyzed. According to the grain import prediction and agricultural production conditions of China, the virtual water equivalents of China in 2010 and 2020 were evaluated, which were $88 \times 10^9 \text{ m}^3$ in 2010 and $95 \times 10^9 \text{ m}^3$ in 2020. With the function of virtual water to agricultural water stress, virtual water strategy was suggested to relieve agricultural production pressure from water resource and meet growing food demand as well as to promote water resource sustainability in China.

Key words: virtual water; agriculture; food; security; water resource

水资源缺乏是全球面临的重大问题, 关于水资源的研究成为环境科学研究的重要领域之一. 地球上水资源的不均匀分布使很多国家和地区水资源匮乏, 并严重制约其经济和社会的发展, 对农业生产和粮食安全的不利影响尤其突出. 如何合理、有效地利用水资源已经成为理论界和决策者关注的重要问题, 虚拟水概念的提出为分析和研究水资源问题提供了一种新思路.

1 虚拟水的内涵

虚拟水(Virtual Water)最初是指体现在国际粮食作物贸易中的水, 因为粮食商品的生产需要消耗水资源, 粮食贸易的背后隐含着看不见的水资源交易, 这一部分水被称为虚拟水^[1, 2]. 这个概念随后得到进一步深化, 用于揭示不同种类食物生产耗水量的不同.

虚拟水概念结合了农业科学和经济学的思想, 强调了水是农业生产乃至整个经济社会发展的关键因素. 农业科学关注的是生产粮食需要消耗水, 而经济学关注的是粮食生产用水具有多种机会成本, 投

入粮食生产的水可以用于其它用途, 如生产替代作物或供应城市、工业和娱乐活动用水等. 这两方面涵义的结合意味着虚拟水概念追求合理的水资源管理, 在综合考虑影响水资源供求的各方面因素基础上优化其配置.

不同国家和地区的资源禀赋不同, 粮食输入和用水的直接成本和机会成本也不相同. 虚拟水概念为水资源短缺或贫乏的国家和地区缓解其缺水问题提供一种可能途径, 即通过在国际市场上购买部分本国所需粮食来保障粮食安全, 而不是将国内极为稀缺的水资源大量投入农业生产来满足自身的粮食需求. 事实上, 很多水资源短缺国家生产粮食的成本远远高于世界粮食价格. 因此, 进口虚拟水的策略在这些国家具有重要政策意义.

影响粮食生产用水机会成本的因素很多, 其中

收稿日期: 2003-09-12; 修订日期: 2003-12-10

基金项目: 中国科学院知识创新项目(KZCX-SW-423); 欧盟项目(1CA4-CT-2002-10004)

作者简介: 柯兵(1964~), 男, 北京人, 博士研究生, 主要从事环境经济管理与可持续发展研究.

* 通讯联系人

直接影响因素大致可以概括为粮食供求和农业用水两个方面。前者主要包括粮食需求、粮食生产状况、粮食替代品供求状况、粮食进口能力等,其中,粮食进口能力由国际粮食市场状况、本国外贸条件和国际援助等因素决定。农业用水状况主要包括农业生产结构和用水条件,其中,决定农业用水条件的因素包括农业单产耗水量、节水技术水平、农业用水管理水平、水资源总量、水污染状况、废水处理和回用状况、竞争用水产业状况和发展趋势等。农业是受自然条件制约最显著的产业,其生产水平受自然生态系统和人类社会经济系统的双重制约,除了水资源外,土壤、气候等自然地理条件,以及区域产业结构、经济管理体制等人文社会因素从更广泛的意义上影响着粮食生产用水的机会成本^[3,4]。

虚拟水概念也可以用于分析其它生产活动用水。一些商品在生产过程中耗水量远远超过其它商品生产用水,缺水国家可以通过进口水密集型商品、出口低耗水型商品来突破自身自然资源(水)禀赋的制约,扩大对外贸易并促进经济发展。

2 虚拟水的应用思路

采用虚拟水概念缓解水资源矛盾的思路是,将包含在能从国际上购买的粮食中水量和用于国内粮食生产的水量进行比较。Allan 认为这个问题阐述了

贸易的必然,特别是对于那些水资源不足和外贸欠缺的国家,是很中肯的政策建议^[5]。当今世界的经济和贸易越来越趋于全球化,粮食从富水国到贫水国的全球贸易也可以像石油产品从富油国到贫油国输送一样是可行的^[4]。谷物和其它农产品贸易已经对缺水国家的粮食安全和经济增长起到重要作用,并且会继续发挥作用。体现在食物进口中的虚拟水对于缺水国家而言,是实现受限制水资源供给价值最大化的有效途径。

H. Yang 和 A. J. B. Zehnder 对南部几个地中海国家粮食进口所做的研究表明^[6],粮食进口能够有效地减少本地水资源消耗,换句话说,水资源匮乏可以通过粮食进口得到补偿。这些国家进口大量谷物供给本国需要。表 1 是他们对 6 个地中海国家体现在食物进口中的虚拟水量的估算。

水资源量是决定一个国家农业生产的最重要因素之一。由于水资源缺乏,利比亚本国谷物生产并不多,但进口谷物比例较大,进口的虚拟水与本国可更新水资源的比例高达 5.66,对于缓解本国粮食生产不足和水资源短缺起到了相当大的作用。D. Wichelns 的研究结论是虚拟水贸易促成了进口国的节水,估计 2000 年埃及玉米进口促成了总共节水大约 $2.7 \times 10^9 \text{ m}^3$ ^[2]。而首次估计表明,全球通过粮食贸易产生的虚拟水转移节水量高达 $385 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。

表 1 地中海国家 1995 ~ 1999 年粮食净进口量和相应的虚拟水量¹⁾

Table 1 Net food imports and virtual water equivalent

	阿尔及利亚	埃 及	以色列	利比亚	摩洛哥	突尼斯
每年国内谷物生产 / $\text{kg} \cdot \text{人}^{-1}$	94	236	34	38	212	169
每年净谷物进口量 ²⁾ / $\text{kg} \cdot \text{人}^{-1}$	192	140	453	390	124	202
每年包含在进口非谷物作物中的虚拟水 / $\text{m}^3 \cdot \text{人}^{-1}$	101	85	334	152	76	50
每年包含在肉类、动物脂肪和牛奶中的虚拟水 / $\text{m}^3 \cdot \text{人}^{-1}$	42	15	53	24	7	5
虚拟水进口总量 / $\text{m}^3 \cdot \text{人}^{-1}$	335	240	840	566	207	257
进口虚拟水与可更新水资源比例 / %	0.71	0.27	2.72	5.66	0.19	0.59

1) 因为食物进口每年都不一样,因而所给出的数字是从 1995 年到 1999 年的平均值。
2) 原文根据田间实验数据估算了人均谷物进口量所对应的虚拟水量。

3 中国农业用水与粮食问题

3.1 农业用水问题

中国农业灌溉面临着水短缺和水质污染的双重威胁,而中国 70 % 的粮食产于灌溉地,农业灌溉占了总用水量的 73 % 以上。此外,农业还面临工业和生活用水的竞争,而农业的竞争力低^[7]。在中国平均每 10000 m^3 水养活 4.46 个人。根据这个数字,在中国北部内蒙、河北、北京、天津、山西、河南和山东 7 个省的水资源(大约 $168.5 \times 10^9 \text{ m}^3$)只能养活 75

$\times 10^6$ 的人口,这只是中国当前人口的 23 %^[8],余下 77 % 的人口只有通过南方粮食生产来供养,而南方人口密集,耕地面积不足,粮食生产矛盾也十分突出。水资源的承载能力因为人类活动已经超过了 4 倍。在各种资源的人口承载力估算中,淡水资源的承载力是所有资源中最小的^[9]。

中国的水资源问题总体上看,北方是水量短缺和水质污染同时存在,南方是洪涝灾害和水质污染同时存在。在北方地区,可利用的水资源 95 % 已经被开发,而在南方地区,只利用了水资源的 6 %。表 2

是历年农业灌溉用水情况,可以看出,总体上农业耗水量在增长.但我国农业用水效率比较低,北方灌溉用水大概是 $7500 \sim 12000 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,用水量超过作物实际需要量的 2~5 倍多.

北方水资源不足导致水资源的机会成本较南方高,南水北调工程巨额投资也证明了这一点.对于整个国家而言,一方面,粮食生产的水资源利用效率比

工业化国家低;另一方面,水资源严重不足,不能满足工农业生产和生活用水需要.而且,在水资源的承载能力达到一定限度时,再扩大粮食生产满足不断增长粮食需求的直接投资大为增加,粮食生产成本增加,导致国内粮食价格上升.结果是因为农业生产竞争力低,而致使农业用水成本更高.

3.2 粮食需求

表 2 典型代表年份的灌溉面积和灌溉用水量

Table 2 Irrigated acreages and irrigating water volumes of typical years

年份	有效灌溉面积 $\times 10^8/\text{hm}^2$	灌溉用水量 $\times 10^8/\text{m}^3$	灌溉用水占全 国总用水量比例/ %	人口 $\times 10^8/\text{人}$	耕地面积 $\times 10^8/\text{hm}^2$	粮食总产量 $\times 10^8/\text{kg}$
1949	0.16	956	92.0	5.40	0.98	1132
1957	0.25	1853	90.0	6.46	1.12	1950
1965	0.32	2350	85.0	7.25	1.04	1945
1980	0.49	3574	80.5	9.87	0.99	3206
1988	0.48	3874	-	10.96	0.96	3941
1993	0.50	3440	66.5	11.85	0.95	4565
1997	0.51	3598	70.4	12.36	0.95	4942
2000	0.54	3784	68.8	12.94	1.08	4622

人口增长与人均需求增长共同推动粮食总需求的增长^[10],粮食需求的增长要求粮食供给量的增加.粮食生产的两种基本资源是土地和水,不断增长的粮食需求需要这两种资源的支撑.但实际上,受有限的耕地面积和农业水资源限制,扩大粮食生产面积的空间受到极大限制,解决问题的途径只有依靠

提高单位面积粮食产量和粮食进口.

随着我国人口增长,粮食需求不断增加.根据对粮食需求量预测和产出量预测^[10,11]推算出 2000~2030 年中国谷物和粮食进口需求量和粮食供给的外部依存度(见表 3).

粮食供应的 2 种基本途径是本国粮食生产和粮

表 3 2000~2030 年中国粮食产出、需求与进口预测/ 10^8t

Table 3 China's food output, demand and import prediction from 2000 to 2030/ 10^8t

年份	谷物总需求量	粮食总需求量	谷物总产量	粮食总产量	谷物进口需求量	粮食进口需求量	外部依赖度/ %
2000	4.64	4.89	4.32	4.55	0.32	0.34	6.95
2010	5.09	5.36	4.29	4.52	0.80	0.84	15.67
2020	5.36	5.64	4.49	4.73	0.87	0.91	16.13
2030	5.57	5.86	5.83	6.14	-0.26	-0.28	-4.78

食进口,但水资源不足明显限制了粮食生产的需要.根据虚拟水的机会成本理论,当粮食进口价格低于本国生产成本,粮食生产用水的机会成本高时,粮食进口比较可取.

3.3 粮食安全

粮食安全的定义很多,其大都集中于粮食的可获得性和人们获取粮食的能力.世界银行给出的粮食安全定义是“所有的人在任何时候都能获得足够的粮食满足积极健康的生活需要.它的基本要素是粮食的可获得性和获得能力”.联合国粮农组织提出粮食安全的根本目标是“确保任何人任何时候满足他们身体和经济对食物的基本需求^[12]”,而欧盟定义的粮食安全是没有饥饿和营养不良^[13].Max well

参考这些定义加进了一条自己的建议^[14]:“当一个国家和人民的粮食体系有效地运作,并能消除对没有足够粮食供给的担忧时,则处于粮食安全状态.”1996 年的世界粮食峰会定义的粮食安全是“任何人任何时候都能有足够、安全和营养的食品满足身体和经济上的需要,满足他们的饮食需要和对食物的喜好要求,过积极健康的生活.”^[15]

所有的定义都显示,粮食安全包含供应部分和描述人们获得食物能力的有效需求部分,要么是直接在市场上,要么借助于补贴项目的支持.而且,所有的定义都赞同粮食进口这一粮食安全战略,而不要求一个国家自己生产所有需求的粮食^[2].

粮食的对外贸易依存度是评估粮食安全的主要

指标.就中国目前来说,绝大多数认为,粮食供求处于安全状态^[16].有的研究者认为,即使中国粮食的进口依存度达到 20%,也是安全的^[17].但也有研究者认为,从国家安全角度出发,我国的粮食安全应该靠自给,只考虑国家内部的区域粮食贸易^[18].

4 虚拟水解决中国农业生产和粮食问题分析

4.1 未来农业用水需求

今后很长一段时间内,农业用水消耗仍然将占相当大比重.根据作物灌溉需水量的研究结果^[19]和 2000 年华北 7 省耕地面积进行计算,如果继续保持华北 7 省目前粮食生产面积和产量,那么稻谷、小麦和玉米的灌溉需水量分别为 $5.0 \times 10^9 \text{ m}^3$, $26.5 \times 10^9 \text{ m}^3$ 和 $17.0 \times 10^9 \text{ m}^3$,共需灌溉水量 $48.6 \times 10^9 \text{ m}^3$.表 4 是 2000 年华北平原粮食生产面积.

表 4 2000 年华北 7 省粮食生产面积¹⁾/ 10^5 hm^2

Table 4 Crop production acreage of North China in 2000/ 10^5 hm^2						
省份	农作物总 播种面积	粮食播 种面积	谷物	稻谷	小麦	玉米
北京	45.73	30.83	27.76	1.41	12.17	13.58
天津	53.31	34.59	30.3	3.54	12.17	13.12
河北	902.44	691.87	587.92	14.39	267.88	247.86
山西	404.24	318.65	232.67	0.45	89.32	79.37
内蒙古	591.44	443.59	264.82	11.84	61.71	129.82
山东	1114.73	736.32	643.65	17.68	374.82	241.39
河南	1313.69	902.96	774.37	45.96	492.23	220.13
小计	4425.58	3158.8	2561.49	95.27	1310.3	945.27

1) 2001 年统计年鉴

因农业灌溉水利用效率只有 0.4~0.5,所以,稻谷、小麦和玉米实际需水量约为 $97.1 \times 10^9 \text{ m}^3$,占 7 省总水资源量的 57.63%,而 3 种作物耕种面积占农业播种面积的 53.12%.事实上,7 省的水资源还需要供给工业、生活用水,满足经济发展需要,但实际水资源远远不能满足 7 省的发展需要.尽管因为提高了灌溉效率和采用新的灌溉技术,农业总灌溉量和取水量并未增加,但其它用水所占比例明显增加,对水资源需求并未因为农业用水需求没有增长而下降.而且由于水污染和地下水超采,可用水资源随之减少,水资源供需矛盾更为突出,提供给农业的水资源也相应减少,解决水资源问题就不能从单方面考虑.通过虚拟水战略,适当进口粮食,一方面解决粮食供给不足和减少粮食生产,从而减少其生产用水,另一方面粮食进口实际上是进口虚拟水,节约国内水资源并用于生产进口价格更高的商品,借助国际水资源发展本国经济.

4.2 根据粮食进口量计算虚拟水量

田间实验显示^[3,6,20],在最佳条件下生产 1 kg 干小麦大约需要 1 m^3 水,水稻大约需要 2 倍于自己重量的水生产,玉米大约是等量水生产等量玉米.本文利用上述田间实验结果和 H. Yang 和 A. J. B. Zehnder 的计算方法,根据 2000~2030 年粮食进口预测量可计算出相应的虚拟水量.非谷物类粮食进口所包含的虚拟水量难以定量计算,对于非谷物类粮食的虚拟水计算以进口 1 kg 粮食相当于进口 2 m^3 水比例进行计算.2000~2030 年粮食进口量和进口虚拟水量如表 5.

表 5 2000~2030 年粮食进口量和对等的虚拟水量

Table 5 China's net food imports and virtual water equivalent in 2000~2030				
年份	谷物进口需 求量 $\times 10^8/\text{t}$	粮食进口需 求量 $\times 10^8/\text{t}$	谷物进口虚拟 水量 $\times 10^8/\text{m}^3$	粮食进口虚拟 水量 $\times 10^8/\text{m}^3$
2000	0.32	0.34	320	360
2010	0.80	0.84	800	880
2020	0.87	0.91	870	950
2030	-0.26	-0.28		

计算显示,2010 年粮食进口的虚拟水对等量是 $88 \times 10^9 \text{ m}^3$,也就是说,进口 $84 \times 10^6 \text{ t}$ 粮食相当于进口了 $88 \times 10^9 \text{ m}^3$ 水.节约下来的 $88 \times 10^9 \text{ m}^3$ 水资源量,可分配给不断增长的工业发展和生活需求.

4.3 结果分析

在粮食进口需求量不变的情况下,这种计算得出的虚拟水量结果偏低,因为实验是在最佳条件下进行,同时因为减少了长距离灌渠输送环节避免了渠系输送损失.也就是说,实际进口的虚拟水量比计算结果要高.同时,我国水资源灌溉利用效率比发达国家低,生产等量粮食用水量还存在很大区别.按全国粮食生产水平,灌溉用水、降雨有效利用估算,我国综合的作物水分生产力为 $0.8 \text{ kg}/\text{m}^3$ 左右*.按这种水生产力计算,生产进口的 $34 \times 10^6 \text{ t}$ 粮食所需水量为 $42.5 \times 10^9 \text{ m}^3$,生产 $84 \times 10^6 \text{ t}$ 粮食所需用水为 $105 \times 10^9 \text{ m}^3$,比进口 $84 \times 10^6 \text{ t}$ 粮食的虚拟水量多 $17 \times 10^9 \text{ m}^3$.这是因为我国水生产力低于发达国家,生产单位粮食需水量高,也是我国农业用水不足和需要粮食进口的重要原因.

同时,以上结果只是在耕地资源和水资源允许的前提下,2000 年和 2010 年分别生产上述进口谷物量所需求的水量.实际上,随着工业发展和人口增

* <http://www.watsave.com/nceibs/books/>

长对水资源需求的增加,农业用水的竞争力下降,2010 年调配 105×10^9 水资源用于谷物生产的困难要大很多,水资源的机会成本明显增加.因而,2010 年谷物进口和虚拟水进口的意义不仅是解决了我国农业用水不足,缓解粮食需求压力,对于协调我国经济发展和资源的合理配置和利用的潜在意义更大.粮食进口的背后不仅是虚拟水的进口,还包括有资源合理配置与灵活调整水资源生产等.

5 结论

农业用水需求虽然没有增加,但因为工业用水和生活用水增加,农业用水受到“挤兑”,同时由于水污染和水资源总量不足,农业用水紧张和成本增加.

随着人口增长,中国粮食对外依存度不断增加,要面对粮食生产不足已成为必然.通过对农业用水与粮食生产直接成本和虚拟水的机会成本分析,及时考虑改变粮食供应途径,可以依据本国的农业用水状况和粮食生产能力提高进口粮食的比例,合理配置和灵活调整水资源,水资源缺乏通过粮食进口得到补偿,有利于实现我国水资源的可持续利用.

对未来虚拟水的计算结果表明,通过虚拟水缓解的农业生产用水量比虚拟水量要多,2000 年和 2010 年分别多出 $6.5 \times 10^9 \text{t}$ 和 $17 \times 10^9 \text{t}$,也就是说,我国生产等量粮食所需水量比通过粮食进口的虚拟水量高.有研究^[8]对 2010 年农业用水量估算为 $465.3 \times 10^9 \text{m}^3$,2010 年进口虚拟水量占估算的 2010 年农业用水量的 18.9%,而粮食进口量只占粮食需求量的 15.7%,虚拟水量占农业用水比例高于粮食进口量占粮食需求量的比例.这从另一个方面说明了在我国水资源缺乏和利用效率比较低的条件下,虚拟水能够成为解决农业用水问题的有效途径.

从保障国家安全的角度看,还需要从根本上解决本国农业水资源不足问题,应该加强农业水资源管理,提高水资源利用效率.另一方面,基于本国粮食贸易安全的考虑,粮食进口应尽可能使贸易伙伴国多元化.

参考文献:

- [1] Allan J A. Virtual water: a strategic resource. Global solutions to region deficits[J]. Ground Water, 1998, 36(4): 545 ~ 546.
- [2] Dennis Wichelns. The role of “virtual water” in efforts to

achieve food security and other national goals, with an example from Egypt[J]. Agricultural Water Management, 2001, 49:131 ~ 151.

- [3] Herman Bouwer. Integrated water management: emerging issues and challenges[J]. Agricultural Water Management, 2000, 45:217 ~ 228.
- [4] Turton A R., Moodley S, Goldblatt M, Meissner R. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth[J]. Science, 2002, 289:284 ~ 288.
- [5] Allan J A. A convenient solution[J]. The UNESCO Courier, 1999, 52(2):29 ~ 31.
- [6] Yang H, Zehnder A J B. Water Scarcity and Food Import: A Case Study for Southern Mediterranean Countries[J]. World Development, 2002, 30(8):1413 ~ 1430.
- [7] 洪阳. 中国 21 世纪的水安全[J]. 环境保护, 1999, 10:29 ~ 31.
- [8] Liu C M. Water Resources Development in the First Half of 21st Century in China[A]. Second World Water Forum, China Water Vision, 2000.1 ~ 6.
- [9] 曲格平,等. 中国人口与环境[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.205.
- [10] 康晓光. 地球村时代的粮食供给策略——中国的粮食国际贸易与粮食安全[M]. 天津:天津人民出版社, 1998.107 ~ 110.
- [11] 严瑞珍,程漱兰. 经济全球化与中国粮食问题[M]. 北京:中国人民大学出版社, 2001.278 ~ 308.
- [12] Huddleston B. FAO's overall approach and methodology for formulating national food security programs in developing countries[J]. IDS Bull, 1990, 21(3):72 ~ 80.
- [13] Kennes W. 1990. The European community and food security[J]. IDS Bull, 21(3):67 ~ 71.
- [14] Maxwell S. Food security in developing countries: issues and options for the 1990s[J]. IDS Bull, 1990, 21(3):2 ~ 13.
- [15] Shaw D J, Clay E J. Global hunger and food security after the world Food Summit[J]. Can. J. Dev. Studies, 1998, 19:55 ~ 76.
- [16] 王逸舟. 全球化时代的国际安全[M]. 上海:上海人民出版社, 1999.1 ~ 55.
- [17] 王礼茂,郎一环. 中国资源安全研究的进展及问题[J]. 地理科学进展[J]. 2002, 21(4):333 ~ 340.
- [18] 程国栋. 虚拟水——水资源安全的新思路[J]. 生态经济学报, 2003, 1(2):75 ~ 79.
- [19] 钱正英,张光斗. 中国可持续发展水资源战略研究报告综合报告及专题报告[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2001.87.
- [20] Cohen J E. How many people can the earth support[M]? London & New York: W. W. Norton & Company. 1996.