

中国小麦燃料乙醇的能量收益

李 胜¹, 路 明², 杜凤光³

(1. 北京城市学院经济管理学部,北京 100083 2. 全国人大农业与农村委员会,北京 100034 3. 河南天冠企业集团有限公司,南阳 473000)

摘要 分析了燃料乙醇能量收益问题提出的背景,国外有关燃料乙醇能量收益研究的最新进展及国内研究现状,采用全生命周期分析方法,计算了小麦燃料乙醇净能量值和能量产投比,对中国小麦燃料乙醇的能量收益进行了评价。主要结论有 如不考虑副产品能量价值,旧工艺和新工艺的 *NEV* 分别为 -17022 MJ/t 燃料乙醇和 -11778MJ/t 燃料乙醇,*R* 值分别是 0.64 和 0.72 ;如考虑副产品能量价值,旧工艺和新工艺的 *NEV* 值分别为 2271MJ/t 燃料乙醇和 11249MJ/t 燃料乙醇,*R* 值分别是 1.05 和 1.27,从能源经济性角度看,旧工艺和新工艺的能量收益已是正效益,且新工艺的能量收益显著提高 与美国玉米燃料乙醇生产相比,如考虑副产品能量价值,新工艺和美国玉米燃料乙醇的 *NEV* 分别为 11249MJ/t 燃料乙醇和 7457MJ/t 燃料乙醇,*R* 值分别是 1.27 和 1.34。由于小麦转化率要低于玉米,因而小麦燃料乙醇的 *R* 值会低于玉米燃料乙醇。中国小麦燃料乙醇生产 (新工艺) *NEV* 大于美国玉米燃料乙醇的原因在于 中国小麦燃料乙醇副产品综合利用水平 (3027MJ/t 燃料乙醇) 已明显优于美国玉米燃料乙醇 (078MJ/t 燃料乙醇)。

关键词 小麦 燃料乙醇 能量收益 净能量值 能量产投比

文章编号 1000-0933 (2007)09-3794-07 **中图分类号** X24 X382 **文献标识码** A

Energy gain of wheat ethanol in China

LI Sheng¹, LU Ming², DU Feng-Guang³

1 *Economy and Management Department, Beijing City University, Beijing 100083, China*
2 *Agriculture and Country Committee of the People's Delegation Congress, Beijing 100034, China*
3 *Henan Tianguan Enterprise Group, Nanyang 473000, China*

Acta Ecologica Sinica,2007,27 (9) 3794 ~ 3800.

Abstract :The paper analyzed the research background of ethanol energy gain, its latest developments in the world and research statue in China. Furthermore, based on the lifecycle analysis, the paper calculated the net energy value and energy output-input ratio of wheat fuel ethanol, and evaluated the energy gain of wheat fuel ethanol in China. The main conclusions are as follow :If the energy of byproduct was not being calculated, The Net energy values in old and new technology were -17022 MJ/t and -11778 MJ/t fuel ethanol, and the values of *R* were 0.64 and 0.72, respectively. If the energy of byproduct was being calculated, The Net energy values in old and new technology were 2271 MJ/t and 11249 MJ/t fuel ethanol, and the values of *R* were 1.05 and 1.27, respectively. The energy gains, which were significantly improved by the new technology, in old and new technology are both positive benefits according to the economic benefit of energy. Compared with the corn fuel ethanol production in America, with the calculation of byproduct's energy, the net energy values in new and American technology were 11249 MJ/t and 7457 MJ/t fuel ethanol, and the values of *R* were 1.27 and 1.34, respectively. *R* in wheat fuel ethanol is lower than in corn fuel ethanol due to higher conversion in corn relative to wheat.

基金项目 国家农业部软科学课题基金资助项目 (354)
收稿日期 2006-07-04 ;**修订日期** 2007-05-16
作者简介 李胜 (1965 ~),男,呼和浩特市人,博士,副教授,主要从事战略管理和循环经济研究. E-mail 1ishengxhjj@126. com
Foundation item The project was financially supported by the soft science foundation, Ministry of Agriculture, China (No.0354)
Received date 2006-07-04 ;**Accepted date** 2007-05-16
Biography 1I Sheng, Ph. D, Associate professor,mainly engaged in strategy management and circular economy. E-mail 1ishengxhjj@126. com

Chinese technology for the production of wheat fuel ethanol (new technology) has greater net energy value in comparison with American technology, which is because the advantages for comprehensive utilization of wheat fuel ethanol in China (3027 MJ/t ethanol) were evident relative to the corn fuel ethanol production in America (6078 MJ/t ethanol).

Key Words : wheat ; fuel ethanol ; energy gain ; net energy value ; energy output-input ratio

1 燃料乙醇能量收益问题的提出

从变性燃料乙醇发展历史看,推广实施变性燃料乙醇及车用乙醇汽油所面临的一个重要的争议内容是关于变性燃料乙醇和车用乙醇是否真的能从根本上实现“能源经济性”。执反对意见的学者认为,虽然作为粮食作物的乙醇,在生命周期的最初环节是要吸收大气中的 CO₂,但在粮食的种植过程中不可避免地会用到化石燃料及电能,在乙醇生产环节,电能、热能又是必须的。因此,使用车用乙醇汽油只不过是把机动车排放的温室气体转嫁给了前期环节。而且,乙醇燃烧所释放的热量,甚至不足以用来补充生产乙醇中所消耗的化石能量,即变性燃料乙醇的使用,实际是一个负的能量效益过程^[1]。

美国的支持者则认为,乙醇产品的确能在较为合理的能源结构方面得到一个净收益^[2],用美国国内丰富的煤炭和天然气资源能够有效地把粮食转化成一类可替代石油的液体燃料。这种方法简化了能量平衡问题,既把此问题看成为液化化石燃料的能量价值。

2 国外有关燃料乙醇能量收益研究的最新进展

关于燃料乙醇能量收益问题,巴西和美国都进行了专门的研究。作为世界上唯一大规模使用乙醇作为机动车燃料的国家,巴西对甘蔗乙醇的能量收益进行了研究,结果见表 1。根据这一计算结果,使用甘蔗生产乙醇,最高能达到 11.2 的产投比,其能量效益可观。

表 1 巴西甘蔗及乙醇生产中的能量^① (MJ/t 甘蔗)

Table 1 The energy in the production of sugarcane and ethanol, Brazil (MJ/t sugarcane)

	平均值 Mean		最佳值 Maximum value	
	投入 Input	产出 Output	投入 Input	产出 Output
甘蔗生产 Sugarcane production	189.9		175.5	
乙醇生产 Ethanol production	46.1		36.4	
乙醇所产生 Produced by ethanol		1996.4		2045.3
蔗渣附加值 Additional values from bagasse		175.1		328.5
总计 Total	236.0	1271.5	211.9	2373.8
产投比 Output-input ratio	5.39		11.2	

美国的情况相对复杂一些,作为主要使用玉米来生产乙醇的国家,美国在变性燃料乙醇的能量收益研究中所得结果分歧很大。由于使用不同年代的产量、农业生产投入、工业生产效率、市场价值等的数据,所得的能量效益结果有正有负^[1~4]。近年来,美国的阿岗国家实验室(Argonne National Laboratory)在综合考虑各种因素的基础上,对玉米乙醇的净能量值(Net Energy Value, NEV,下同)进行了一系列的研究,并得出结论:随着社会的发展和科技的进步,乙醇生产技术和农业生产效率的提高,玉米乙醇的净能量值(定义为乙醇的能量减去用于生产乙醇所消耗的化石能量)得到显著提高,使用乙醇作为燃料能收到明显的能量效益。根据 20 世纪末期的研究结果,玉米乙醇的能量产投比可达到 1.34^[4]。

3 国内有关燃料乙醇能量收益研究现状及本文研究的技术路线

我国以淀粉质原料生产燃料乙醇还处于起步阶段,理论界对中国小麦燃料乙醇项目的研究似乎更关注其

① 资料来源:燃料乙醇与中国. 新型替代能源系列丛书 Reference: Fuel ethanol in China. Textbook series for new substituted energy

http://www.ecologica.cn

粮食安全性和市场竞争性,而对其能量收益还没有引起足够的重视。中国农业大学黄忠水等人虽然对粮食作物生产乙醇的能量收益进行了分析,但只是非常粗略的估算,缺乏有说服力的依据^[1],未对小麦燃料乙醇的能量收益进行研究。

截至目前,国家批准建成了吉林燃料乙醇公司、黑龙江华润酒精公司、河南天冠集团和安徽丰原集团四家定点生产燃料乙醇企业,四家定点企业中以小麦为主要原料生产燃料乙醇的企业只有天冠集团一家^[1]。因此,本文以天冠集团作为基础案例进行中国小麦燃料乙醇能量收益的研究,其结论应具有代表性。

小麦燃料乙醇能量收益选择净能量值和能量产投比进行评价。同时,采取新旧工艺对比分析,并与美国玉米燃料乙醇进行适当对比。

小麦燃料乙醇生产涉及小麦种植、收获、运输和乙醇转化、销售等环节,则净能量值亦应包括以上诸环节的能量衡算。图 1 为小麦燃料乙醇全生命周期分析框架图。

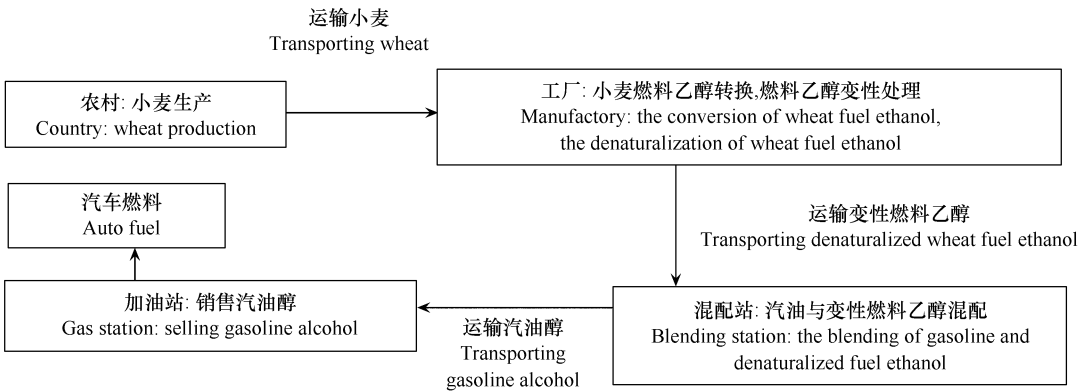


图 1 小麦燃料乙醇生命周期分析框架

Fig. 1 The block diagram for lifecycle analysis of wheat fuel ethanol

4 净能量值估算

大多数研究,净能量值估算仅包括主要能量投入。次要能量投入,象建设乙醇厂、农场交通工具和运输设备所需的能量,其计算是十分困难的。再者,与乙醇厂相关的次要能量投入在每公升产品中将占很少一部分。这是由于在固定资产投入中包括的能量,如建工厂用的水泥,应分摊于乙醇厂存在期间所生产的所有产品(包含副产品)中。就农产品而言,农场设备所含的能量应分摊于农场存在期间所收获的所有谷物(包含不用于乙醇生产的谷物)。只有 Pimentel 尝试计算包括建造乙醇厂及农业机械制造所需材料中所需的能量^[1]。

基于以上分析和为了能与美国玉米燃料乙醇生产的净能量值^[1]进行对比,本文对小麦燃料乙醇生产的净能量值计算亦仅考虑主要能量投入。

4.1 麦田生态系统投入的能量估算

估算小麦投能水平需要可靠的数据。但遗憾的是,最近十多年来对于小麦生态系统的工业能投的研究还很缺乏。目前天冠集团燃料乙醇生产所需原料全部采用河南本省的小麦(南阳地区占 33%),本研究对南阳地区小麦生态系统最近 6a 的能流变化趋势进行了详细的分析,并假设河南其它地区小麦生态系统和南阳地区小麦生态系统有比较一致的能量投入,衡量能量投入用单位种植面积来估算小麦产品平均投入能量水平,其结果见表 2^[1]。

敏感性分析计算得出,小麦产量是净能量值计算中的一个关键性数据,因为在其它条件不变的情况下,小麦产量每增加 1%,小麦燃料乙醇的净能量值就会增加 1.78%。小麦产量年变化是不稳定的(图 2)。用 1999~2004 年连续 6a 的平均产量替代了调查的年平均产量。

表 2 中,无机能包括农药、化肥、电力、燃油的能量投入。1999~2004 年生产 1 t 小麦所需的能源从 6269 MJ 下降到 5185 MJ,平均为 5913 MJ,如考虑小麦干燥的能量投入(据调查,1 t 小麦干燥所需的能源消耗为

40kwh,折能系数取 12.5MJ/ (kw·h)^[6]),则小麦的平均工业能投为 6413 MJ/t。对于大多数农户来说,出于经济利益的考虑,谷物收获后,往往采用自然干燥的方式,故本研究中不考虑谷物干燥的能量投入,小麦的投能按 5913MJ/t 计。

表 2 南阳地区麦田生态系统投入无机能的年份变化

Table 2 The year changes of the inorganic energy input in wheat ecosystem, Nanyang

年份 Year	1999	2000	2001	2002	2003	2004	年平均 Mean in year
农药 (0 ⁶ kJ/hm ²) Pesticide	1.38	1.22	1.07	1.15	0.99	0.84	1.11
化肥折能量 (0 ⁶ kJ/hm ²) Converting energy from fertilizers	15.43	15.94	15.81	15.68	16.06	16.71	15.94
所用的电力 (0 ⁶ kJ/hm ²) Electric power	3.38	4.13	3.75	3.28	3.00	2.63	3.36
燃油 (0 ⁶ kJ/hm ²) Fuel	4.26	4.55	4.36	4.78	5.02	6.14	4.85
无机能/小麦 (MJ/t) Inorganic energy/wheat	6269	6525	6083	5876	5542	5185	5913

4.2 小麦运输的能量估算

从粮库到天冠集团的小麦运输所需的能量估算假设 天冠集团从省内各地调运小麦情况见表 3。根据各地到天冠集团的调运量和运输距离,确定小麦到企业的平均运输距离。运输距离的计算以调运量做为权重,即运输距离是加权平均值。能耗通过运距来测算。经计算平均运距为 204km,运输工具为汽车,用油是柴油,柴油车百公里耗油为 35L/100km。柴油的热值为 44 MJ/kg^[6],单车汽车平均运量为 8t,则运输每吨小麦所需的平均能量为 328MJ/t。

4.3 小麦燃料乙醇转换的能量估算

热能和电能是小麦生产燃料乙醇的主要能源。天冠集团通过燃煤获得电能和热能,电力主要用于研磨粉碎和电动机的运转,热能则用于发酵、乙醇蒸馏和脱水处理,蒸馏后的废气则用于干燥和酒糟的处理。鉴于小麦生产燃料乙醇要耗用大量的冷却水,研究中考虑了水资源的消耗。

表 3 天冠集团陈化小麦调运情况

Table 3 The scheduling and transportation of aging wheat in Tianguan enterprise group

项目 Item	南阳市 Nanyang	信阳市 Xinyang	驻马店 Zhu Madian	平顶山 Ping Dingshan	周口 Zhoukou	商丘 Shangqiu	开封 Kaifeng
调运量 (2001 年至今) t Scheduling and transportation quantity (2001 – Present)	185000	35000	77000	65000	50000	112000	30000
权重 Weights	0.34	0.06	0.14	0.12	0.09	0.20	0.05
到天冠集团的运输距离 (m) Transportation distances to Tianguan enterprise group	60	220	220	150	300	400	300

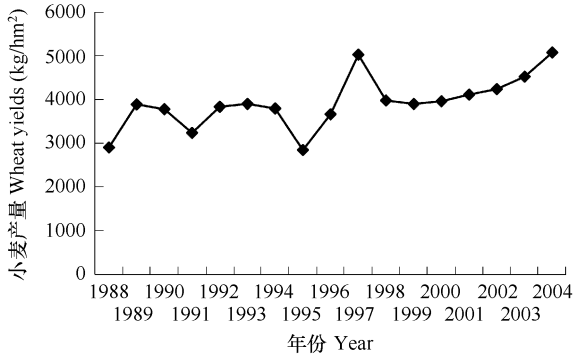


图 2 南阳典型区域小麦产量

Fig.2 Wheat yields in representative regions of Nanyang

资料来源 南阳典型地区定点调查户常年定点调查数据

Reference :Investigation data from pointing farmers in representative regions of Nanyang

新旧工艺由小麦转换燃料乙醇的能量估算结果汇总于表 4 中。

表 4 生产 1t 小麦燃料乙醇所耗能量				
Table 4 Energy-consuming for the production of one ton wheat fuel ethanol				
项目 Item	蒸汽 0 Steam	电 (W·h) Electricity	水 0 Water	综合能耗 (MJ) Comprehensive energy-consuming
旧工艺 Old technology	4.7	350	63	24563
新工艺 New technology	3.5	330	20	18923

4.4 副产品能量收益估算

对副产品进行能量估算有 4 种基本的方法 第 1 种方法是把副产品含有的能量用于总的能量估算,通常采用消化能 (饲料可消化养分所含的能量)或代谢能 (饲料消化能减去尿能及消化道可燃气体的能量) 计算;估算副产品能量值的第 2 种方法是通过与乙醇及其副产品相关的市场价格来计算,这个方法存在的不足是乙醇和副产品的价格是由大量与能量无关的市场因素决定的 第 3 种方法,人们可以不顾生产的目的或副产品的经济价值,根据多种产品的重量分摊能量投入。这种方法存在的问题是产品的重量不一定是衡量其能量的一个好方法 第 4 种方法是基于假设乙醇副产品的能量收益与生产替代品所需的能量是相等的条件下估算。生物物质含能,一般按其燃烧产生的热量计算。粮食或饲料含能有总能和营养能两种含义,前者指用热量计测得的粮食或饲料燃烧热值总量,可反映生态系统固定转化的能流水平 ;后者指粮食或饲料所含化学潜能中能为人体或牲畜同化的部分,反映了其对人或牲畜的营养价值,大约比总能低 10% 左右^[1]。

本文采用的方法是 对麸皮、谷朊粉和 DDG 等副产品能量收益均不按消化能或代谢能计算 因为消化能或代谢能只是一个食品营养值的衡量单位,而不是能量核算中一个好的衡量单位^[1]),而统一按总热值估算。结果汇总于表 5 中。

表 5 副产品能量价值 (MJ/t 燃料乙醇)						
Table 5 The energy values of byproduct (MJ/t fuel ethanol)						
项目 Item	麸皮 Bran	谷朊粉 Gluten powder	高级醇 High alcohol	DDG	沼气 Marsh gas	合计 Total
旧工艺 Old technology	—	—	264	14718	4311	19293
新工艺 New technology	11682	4727	264	4931	1423	23027

4.5 燃料乙醇变性和混配的能量需求

燃料乙醇在企业外售前需进行变性处理,即加入 5% 的组分汽油,最终形成企业外售的产品-变性燃料乙醇。变性燃料乙醇运到当地的石化公司油库进行混配,形成汽油醇 E90 (含变性燃料乙醇 10%,标号为 90# 的汽油含 90%) 和 E93 (含变性燃料乙醇 10%,标号为 93# 的汽油含 90%)。1t 燃料乙醇变性和混配的电消耗是 3.2kW·h,即 38MJ。

4.6 燃料乙醇销售中的能量需求

为了计算从燃料乙醇厂运输到混配站和加油站 (南阳地区) 所需的能量,假设如下 :从企业到混配站用 10t 罐车运输的距离为 10km,从混配站到加油站亦用 10t 罐车运输,运距平均为 50km,汽车用油是柴油,柴油车百公里耗油分别为 35L/100km。柴油的热值为 44 MJ/kg,则运输 1t 燃料乙醇所需的平均能量为 77MJ。

5 小麦燃料乙醇的能量收益评价

5.1 能量收益评价指标和标准的确定

按 Hosein Shapouri, 等和黄忠水等人对净能量值和能量产投比的定义^[4,5],本文对小麦燃料乙醇能量收益采用价值性指标净能量值 (Net Energy Value,NEV) 和比率性指标能量产投比 (R) 予以评价。计算公式分别为:

$$NEV = [E - (P + T + C + M + D)] + C_p$$

(1)

式中, E 为燃料乙醇的热值 P 为小麦生产中的能量投入 T 为小麦运输的能量需求 C 为燃料乙醇转化的能量 M 为燃料乙醇变性和混配的能量需求 D 为燃料乙醇运输的能量 C_p 为副产品的能量。

$$R = O/I = (E + C_p) / (P + T + C + M + D)$$

(2)

式中, O 为能量产出 I 为能量投入。

小麦燃料乙醇能量收益的评价标准是 $NEV > 0$ 或 $R > 1$, 能量收益为正效益, 否则是负效益。

5.2 小麦燃料乙醇能量收益评价

将以上分析结果汇总于表 6 和 7 中, 用公式 1 和 2 计算 NEV 及 R 值, 计算结果列于表 7 和表 8。

表 6 中国小麦乙醇研究中的能量投入假设

Table 6 Energy input hypothesis in the research of wheat ethanol, China

项目 Item	小麦产量 Wheat yield (t/hm ²)	工业能投 Industrial energy input (MJ/t wheat)	小麦乙醇转化率 Conversion rate of wheat ethanol (ethanol/t wheat)	乙醇转化能耗 Energy-consuming for conversion of ethanol (MJ/t ethanol)	乙醇生产过程能耗 Energy-consuming in the production of ethanol (MJ/t ethanol)
旧工艺 Old technology	4.301	5913	0.2835	20857	24563
新工艺 New technology	4.301	5913	0.2785	21232	18923
Hosein Shapouri, 等 (2002, 玉米燃料乙醇)	7.845	2396	0.314	7631	18295
Hosein Shapouri, 等 (2002, corn fuel ethanol)					

表 7 不考虑副产品能量价值的能量使用、 NEV 和 R 值 (MJ/t 燃料乙醇)

Table 7 Energy using, NEV and R values without the calculation of energy values of byproduct (MJ/t fuel ethanol)

项目 Item	旧工艺 Old technology	新工艺 New technology	Hosein Shapouri, et al (1)
小麦生产 Wheat production	20857	21232	7631
小麦运输 Wheat transportation	1157	1178	800
乙醇生产 Ethanol production	24563	18923	18295
乙醇变性、混配和运输 Ethanol denaturalization, blending and transportation	115	115	561
总能量 Total energy	46692	41448	27287
NEV	-17022	-11778	2383
R	0.64	0.72	1.08

- 通过以上分析和计算, 可得以下结论:
- (1) 如不考虑副产品能量价值, 旧工艺和新工艺的 NEV 分别为 -17022 MJ/t 燃料乙醇和 -11778MJ/t 燃料乙醇, R 值分别是 0.64 和 0.72, 无论是旧工艺还是新工艺 NEV 都为负, 即小麦燃料乙醇的使用, 实际是一个负的能量效益过程。
- (2) 如考虑副产品能量价值, 旧工艺和新工艺的 NEV 值分别为 2271MJ/t 燃料乙醇和 11249MJ/t 燃料乙醇, R 值分别是 1.05 和 1.27, 新旧工艺 NEV 都为正值, R 值大于 1, 从能源经济性角度看, 其能量收益是正效益。

(3) 采用新工艺可将每吨小麦燃料乙醇转换的能源需求由 24563 MJ 降到 18923 MJ, 同时, 副产品综合利用能值则从 19293 MJ 增加到 23027 MJ。天冠集团小麦燃料乙醇生产的实践证明 采用先进的工艺, 燃料乙醇生产不但可以实现更低的能耗, 而且在生产小麦燃料乙醇的同时, 通过延长农业产业链, 提升副产品综合利用能源价值, 可以有效提高其能源经济性 新工艺延长了产品流, 增加了麸皮和谷朊粉两个子系统, 实现饲料、

食品与生物质能燃料乙醇联动生产)。

表 8 考虑副产品能量价值的 *NEV* 和 *R* 值 (MJ/t 燃料乙醇)

Table 8 Energy using, *NEV* and *R* values with the calculation of energy values of byproduct (MJ/t fuel ethanol)

项目 Item	能量分配 (%) Energy distributon		能量使用 Energy using	副产品价值 Byproduct values	用于生产副产 品的能量 Energy for the production of byproduct	考虑副产 品的 <i>NEV</i> <i>NEV</i> with the calculation of byproduct	<i>R</i>
	乙醇 Ethanol	副产品 Byproduct					
旧工艺 Old technology	59	41	46692	19293	27399	2271	1.05
新工艺 New technology	44	56	41448	23027	18421	11249	1.27

4) 与美国玉米燃料乙醇生产相比,如不考虑副产品能量价值,新工艺和美国玉米燃料乙醇的 *NEV* 分别为 -11778 MJ/t 燃料乙醇和 2383 MJ/t 燃料乙醇,*R* 分别是 0.72 和 1.08,新工艺能量收益为负,美国玉米燃料乙醇能量收益已为正值。如考虑副产品能量价值,新工艺和美国玉米燃料乙醇 (考虑副产品能量价值) 的 *NEV* 分别为 11249MJ/t 燃料乙醇和 7457MJ/t 燃料乙醇,*R* 分别是 1.27 和 1.34。

玉米产量 (4 植物) 从理论上要比小麦 (3 植物) 高,小麦的淀粉含量 沃冠集团所用的小麦淀粉含量平均为 60%) 明显低于玉米 (69%),小麦转化率要低于玉米,小麦燃料乙醇能量总投入高于玉米燃料乙醇,因而小麦燃料乙醇的 *R* 值会低于玉米。

新工艺燃料乙醇 *NEV* 优于美国玉米燃料乙醇的原因是小麦燃料乙醇副产品综合利用水平 (3027MJ/t 燃料乙醇) 要好于美国玉米燃料乙醇 (078MJ/t 燃料乙醇)。

References :

[1] Pimentel D. Ethanol fuels :energy security, economics and the environment. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 1991, 4,1—13.

[2] Anderson R C, Thomas J L, Roger D W. The economics of gasoline ethanol blends. American Petroleum Institute, Washington, DC Research Study #045, 1988,11,27—36.

[3] Shapouri H, Duffield J A, Graboski M S. Estimating the net energy balance of corn ethanol. U. S. Department of Agriculture, Economic Research Service, AER-721, 1995.

[4] Hosein S, James A D, Michael W. The energy balance of corn ethanol :an update. U. S. Department of Agriculture, Office of the Chief Economist, Office of Energy Policy and New Uses. Agricultural Economic Report No. 813,2002,7 1—16.

[5] Huang Z S, Ji W, E Z M. Analysis of the synthetic benefit to developing fuel alcohol for our country. Energy Conservation, 2001,12, 3—6.

[6] Li S, Lu M. The circulation economy pattern of agricultural industrialization enterprise :a case study of Tianguan enterprise group in Henan. Journal of China Agricultural University,2004, 9 (1), 79—83.

[7] Li S, Lu M. Study on the characteristics and evaluation of energy flow of wheat farmland ecosystem in Nanyang of Henan Province. Crops,2005, 3 : 29—32.

[8] Chen F. Agricultural ecology. Beijing :China Meteorological Press,1998. 159—161.

[9] Yang F. Animal nutrition. Beijing :China Agricultural Press, 2001. 90—100.

参考文献 :

[5] 黄忠水,纪威,鄂卓茂. 我国开发燃料乙醇酒精的综合效益分析. 节能,2001, (2) 3~6.

[6] 李胜,路明. 农业产业化企业循环经济模式研究. 中国农业大学学报,2004,9 (1) 79~83.

[7] 李胜,路明. 河南省南阳麦田生态系统能流特征及评价. 作物杂志,2005,3 29~32.

[8] 陈阜. 农业生态学教程. 北京 :气象出版社,1998. 159~161.

[9] 杨风. 动物营养学. 北京 :中国农业出版社,2001. 90~100.