

世界生物燃料的普及现状

裴永浩, 于万舒, 郭苗苗, 陈怡, 吴桐, 王千秋, 宋锦玉*
(辽宁石油化工大学, 辽宁抚顺 113001)

摘要:生物燃料是碳中性燃料,同时也是可再生能源,用生物燃料替代化石燃料可有效应对地球变暖问题,而且可提高能源安全。但是,世界不同国家及地区生物燃料的普及情况存在很大不同。介绍了生物柴油及生物乙醇的优点,以及欧洲、美国、亚洲等国家及地区生物燃料的普及情况,并提出了一些建议。

关键词:生物柴油;生物燃料;生物乙醇;环境污染;生物质

中图分类号:TQ645

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2016)12-0005-05

DOI:10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2016.12.002

Current status of biofuels in the world

PEI Yong-hao, YU Wan-shu, GUO Miao-miao, CHEN Yi, WU Tong,
WANG Qian-qiu, SONG Jin-yu*
(Liaoning Shihua University, Fushun 113001, China)

Abstract: With the increasingly serious environmental problems in the world, it has a certain significance to understand the charm of biofuels and the popularity of biofuels in different countries and regions. In this paper, the advantages of biodiesel and bio-ethanol are introduced. The popularization of biofuels in Europe, the United States, Asia and other countries and regions is introduced. Some suggestions are put forward as well.

Key words: biodiesel; biofuel; bioethanol; environmental pollution; biomass

生物燃料是碳中性燃料,即使作为燃料燃烧也不增加二氧化碳排放,所以通过替代化石燃料可有效应对地球变暖问题,而且还是可再生能源。同时,生物燃料还是不受产油国等地域限制的能源,是可持续发展的能源。在生物燃料中,发酵玉米及甘蔗而得到的乙醇作为汽油发动机用燃料受到世界关注;菜籽油及大豆油等植物油与醇进行酯交换而得到的生物柴油作为柴油发动机用燃料备受关注。

利用生物能源的意义在于:通过替代煤、石油、天然气等降低化石资源的使用量,从而降低二氧化碳排放量;通过开发利用未利用的生物质能源,节约化石能源^[1]。

1 生物柴油燃料

生物柴油燃料(Bio Diesel Fuel,简称BDF)是由植物油脂得到的柴油的替代燃料的总称。生物柴油具有优异的环保性能,而且具有较好的低温发动机启动性能、润滑性能、安全性能、燃烧性能、可再生性能等优点^[2]。同时,生物柴油按一定比例与石油基

柴油调和使用时,可降低油耗,提高动力性,并降低尾气污染^[3]。生物柴油的优良性能使得采用生物柴油的发动机废气排放指标远低于欧洲II号标准,甚至可满足更加苛刻的欧洲III号排放标准。在温室气体排放量逐年增多、大气污染越来越严重、地球变暖已经成为全球范围内不可忽视问题的今天,使用生物柴油可改善因汽车尾气排放所导致的环境污染问题,生物柴油可以说是真正的绿色柴油^[4]。

1.1 欧洲

德国是目前欧洲范围内生物柴油消耗量最大的国家。根据资料统计,德国生物柴油的生产能力已经达到100万t/a,其生物柴油的使用量占石油基柴油市场的3%左右,占整个欧洲生物柴油消费量的46%。德国主要以纯生物柴油(B100)作为车用燃料。目前,德国已经建立了1000余个生物柴油加油站。1994年,为了控制生物柴油的质量水平,德国推出了以油菜籽为原料生产生物柴油(RME)的标准,即DIN V51606。

法国从20世纪90年代初期开始使用生物柴

收稿日期:2016-07-13

基金项目:辽宁石油化工大学大学生创新创业训练计划项目(2016119)

作者简介:裴永浩(1963-),男,副教授,从事新能源、能源经济等方面的研究,peiyshk401@163.com;宋锦玉(1963-),女,高级工程师,主要从事清洁能源、情报调研及编辑工作,通讯联系人,024-56865105, sjy631122@163.com。

油,目前已成为欧洲生物燃料(生物乙醇和生物柴油)使用量最大的国家。法国将大部分生物柴油直接供给炼油厂,以 5% 的调和比例加入到以石油为原料的柴油中,然后作为产品(EN590 柴油)在市场销售。换言之,规定混合比例小于 5% 时没有必要注明柴油中混合了生物柴油。但是,在排放控制区域,B30 生物柴油也可作为公共交通燃料。为了充分发挥生物柴油的优点,德国提出了利用 100% 生物柴油的战略^[5]。

欧洲规定,加盟国有义务到 2005 年使用 2% 的生物燃料(占运输用燃料的百分数),到 2010 年使用 5.75% 的生物燃料。2002 年,全欧洲的生物柴油实际生产量为 200 万 t,其中,德国的生产量为 110 万 t,约 55 万 t 在德国国内销售。

欧洲各国都独自制定了生物柴油的质量标准,但是 2003 年制定了欧洲统一标准——车用生物柴油燃料标准 EN14214 及取暖用生物柴油燃料标准 EN14213,并从 2004 年 1 月开始实施^[6]。

欧洲联盟(EU)从防治地球温暖化的观点出发,为了大幅降低温室气体(Green House Gas, GHG)的排放,给加盟国制定了严格的目标值。作为气候变动及能源政策的一部分,欧洲 2009 年提出了可再生能源指令(Renewable Energy Directive; RED)即 2009/28/EC,其内容是:到 2020 年,可再生能源在 EU 消费的总能源中所占的比例达到 20%;生物燃料在车用燃料中所占的比例达到 10%。

与其他国家和地区不同,欧洲生物柴油的消费量大大高于生物乙醇^[4,7]。

1.2 美国

在美国,美国陆军、邮政公司、电力公司等是使用生物柴油的主力军。在所使用的生物柴油中,占总消费量 95% 左右的是混合 20% 生物柴油的 B20,1% 左右是纯生物柴油,剩余部分为混合生物柴油 5% 左右的 B5。

在美国,生物柴油作为一种替代燃料已经被美国能源发展委员会(DOP)、美国环境保护委员会(EPA)和美国试验与材料协会(ASTM)等三大机构认可。在使用方式上,美国与欧洲国家不同,主要是以 B20 调和燃料为主(即 20% 生物柴油与 80% 石油基柴油调和),应用于环保要求高的城市的公共交通、政府车队、海上娱乐船和地下采矿工业等方面。在标准制订方面,2001 年 12 月,ASTM 发布了生物柴油正式标准 ASTM D6751—02。该标准规定了用

于调配 B20 柴油的 B100 生物柴油的标准:2003 年,美国将 ASTM D6751—02 标准修订为 ASTM D6751—03 标准,主要变动是依据产品硫含量不同,将生物柴油分为 S15 和 S500 共 2 个产品牌号^[8]。

美国从 30 多年前就开始以藻类为原料的生物燃料的生产。为了大力发展藻类生物燃料事业,实现藻类生物燃料的商业化,美国能源省(DOE)从资金方面对藻类开发公司及相关领域提供资金方面的支持^[9]。2010 年 5 月,美国能源部发表了国家藻类生物燃料技术路线图,由此可以看出美国对藻类生物燃料的重视程度^[10]。

1.3 亚洲

1.3.1 中国

我国的生物柴油主要以废食用油及植物油为原料。我国生物柴油开发项目主要包括以废食用油及废动物油脂为原料的加工工艺。我国生物柴油生产能力达到 300 万 t/a,但是实际生产量及用作运输燃料的量很有限。其原因是:在大城市还没有有效地回收原料途径的情况下建设了生物柴油生产厂,因此不能提供确保装置安全稳定运转所需的废食用油^[11]。

目前,我国生物柴油的生产量不足 100 万 t/a。我国的大型石油公司将所生产的生物柴油的一部分输送到加油站,剩下的部分销售给工厂。据介绍,柴油中混合生物柴油的地区只有海南岛。

我国三大石油公司即中国石油天然气集团公司、中国石油化工集团公司及中国海洋石油总公司,为了将富含油的麻疯树、乌桕树、楷树作为生产生物柴油的原料使用,进行了麻疯树、乌桕树、楷树等树木的种植试验。但是,试验并未取得成功^[12]。

我国有多种多样的可生产生物柴油的原料,从 21 世纪初开始使用生物柴油。欧洲生产生物柴油的原料 80% 以上为菜籽油,而我国生产生物柴油的原料多种多样,包括棕榈油、含油植物种子、产业废弃脂肪、废弃食用油等,所以质量标准中包括的具体指标与欧洲标准有所不同,我国生物柴油质量标准对甘油单酸酯、甘油二酸酯、三酸甘油酯以及磷、金属、碘值、甲醇等未做规定。

我国的生物柴油标准 GB/T 20828—2007 从 2007 年 5 月开始实施。生物柴油原料丰富的云南省及海南省为了促进生物柴油的普及,制订了本省的车用生物柴油质量标准^[13]。

1.3.2 日本

对几乎没有以石油为中心的化石资源、能源自给率不足10%的日本而言,从提高能源的自给率、利用森林资源、保护环境等方面考虑,正在积极利用并普及生物能源^[11,14]。

日本每年生产260万t的食用植物油,但是原料几乎都是进口的,所以日本几乎不可能像欧洲那样由农作物直接生产生物柴油。为此,日本使用废食用油作为生产生物柴油的原料。目前日本每年的废食用油为50万t,其中的一半直接废弃掉,剩余部分作为家畜肥料、皂用原料或燃料使用。

虽然生物柴油是环境负荷小的燃料,但是对日本而言生物柴油的成本高,混合柴油(生物柴油与石油基柴油的混合油)的价格高于柴油的价格,这是需要解决的问题。在2007年3月31日之前,日本没有与生物柴油燃料相关的质量标准,但是,根据修订的“基于确保挥发油等质量相关法律的柴油的强制标准及质量标准”(通称柴油质量法),可将低浓度的(脂肪酸甲酯质量分数:5%)生物柴油混入柴油中使用。2008年2月,制订了JIS K 2390“车用燃料-混合用脂肪酸甲酯”^[15-16]。

生长速度快、单位面积产量高的藻类生物燃料适用于国土面积小的日本。日本实施了阳光计划(1974—1993年)及新阳光计划(1993—2000年)^[17],但是,活动内容以调查为中心,培养试验等留在实验室规模,并未进行大规模的示范试验^[18]。

2010年4月,筑波大学大学院、东京工业大学大学院、东北大学大学院、国立环境研究所、出光兴产株式会社、日辉株式会社、住友重机械株式会社等大学及企业发起建立了“藻类产业创造财团”^[19],期待着对藻类生物燃料进行研究并实现商业化生产。

1.3.3 韩国

韩国从2006年开始将生物柴油的混合比率每年提高0.5%,从2010年开始维持在2.0%的水平。2010年韩国柴油的消费量为 2.1×10^7 kL, BD普及量为395 000 kL,约为柴油消费量的2%^[11]。

在韩国石油公司中,SK能源GS Caltex作为BD生产商生产BD。在BD的16个生产厂家(合计生产能力为1 204 400 kL/a)中,SK化学(136 000 kL/a)及GS生物(100 000 kL/a)的生产能力占20%。今后如果使用再生燃料基准(RFS),石油公司对BD的关注度将进一步提高^[20]。

韩国生物柴油普及量及混合比率见表1^[20]。

表1 韩国生物柴油普及量及混合比率

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011
BD混合比率/%	0.5	0.5	1.0	1.5	2.0	2.0
BD普及量/kL	49510	108752	195743	288212	395181	—

1.3.4 其他亚洲国家

马来西亚是全球最大的棕榈油生产国^[11],推行以棕榈油为原料的生物燃料的普及促进政策。根据2006年制定的生物燃料法,从2008年开始有义务使用B5(含5% BDF的柴油)。面向马来西亚国内,还计划直接使用将5%的精制棕榈油与柴油混合的Envo Diesel。

印尼是继马来西亚之后位于第二位的棕榈油生产国,预计今后将超过马来西亚成为全球最大的棕榈油生产国^[11]。印尼提出了到2010年将以BDF为主的生物燃料的混合比例达到10%的目标。马来西亚和印尼的BDF不仅能满足本国市场,还瞄准EU、日本等,正致力于扩大BDF的生产量。

以椰子树油为原料生产BDF是菲律宾的特征,也规定有义务向柴油中混合BDF,促进BDF的普及^[11]。此外,泰国和韩国也开始使用BDF。

另外,近年来作为BDF的原料,麻疯树(*Jatropha curcas*)备受关注。麻疯树的种子中含40%~50%的油植脂,但是因为含植物凝血素等毒性物质,为此不能食用。因此,麻疯树可以说是不与人类争粮的资源。此外,麻疯树还可以在干燥地及荒凉地栽培,因此在印度等国增加了栽培量。

一般情况下,亚洲诸国对柴油的需要量比汽油大,所以对BDF的期待很大。但是,BDF的性质根据原料油脂中脂肪酸组成而变化,所以对BDF进行标准化也是重要的课题。

2 生物乙醇

乙醇以糖(葡萄糖, $C_6H_{12}O_6$)为原料,利用酵母发酵而制得,广泛应用于饮料、食品、化学原料中。生物乙醇用于汽油发动机,不仅是为了降低温室气体的排放,提高能源安全,构筑可持续的社会体系并有效降低 NO_x ,而且是为了通过往汽油中混合生物乙醇将汽油的辛烷值提高到93。通过混合生物乙醇,可提高汽油发动机的压缩比,提高燃料的热效率。换言之,通过使用生物乙醇,不仅可以降低 CO_2 排放量,而且具有减少化石燃料使用量的效果。

2.1 欧洲

欧洲是由27个国家组成的联合体,由欧洲委员会(EC)及欧洲议会制定基本政策及目标,构成国家独自建立实施方案并加以实施,但是因为各国的经济实力及产业构成不同,其生物燃料的使用情况也各不相同。在欧洲使用生物燃料的国家有德国、瑞典及法国。2011年欧洲生物乙醇生产量及进口量合计达到 4.5×10^7 kL,欧洲根据燃料质量指令(Fuel Quality Directive, SQD)确定生物乙醇的混合量,一般使用混合10%生物乙醇的E10^[21]。

法国从2009年4月开始销售E10汽油,德国从2011年2月开始销售E10^[22]。

2.2 美国

美国是生物乙醇的生产大国^[23],以玉米为主要原料^[24]。虽然以玉米为原料的第一代生物乙醇在降低美国对化石燃料的依存度、防治环境污染等方面起到了积极的作用,但是,因为受种植面积限制,不可能无限制地扩大其生产量,因此不能作为长远之计^[25]。

纤维素乙醇是不与人争粮、不与粮争地的生物燃料,而且原料来源广泛,CO₂减排效果明显。虽然因为工艺难度大、生产成本高等原因,大部分纤维素乙醇项目还处于研究开发阶段,但是为了实现纤维素乙醇项目的商业化,美国政府从政策及资金上给予了大力支持,相信在不久的将来纤维素乙醇项目会取得快速发展。

2.3 亚洲

2006年全球乙醇生产量(包括未作为燃料使用的乙醇)为 5.0×10^7 kL,其中美国和巴西占70%左右,位于世界第三的我国乙醇生产量为 4.0×10^6 kL,位于第四的印度乙醇生产量约为 2.0×10^6 kL。

我国第10个五年计划(2001—2005年)开始推进燃料乙醇事业,规定具体指定的省有义务使用E10(混合乙醇10%的汽油)。黑龙江、吉林、辽宁、河南等四省已开始在全省范围内使用E10,河北、山东、江苏、安徽、湖北等五省成为从2005年开始有义务使用E10的省份。过去,主要是以玉米淀粉为原料,但是近来因为受谷物价格上涨的影响,禁止将玉米用于燃料生产,提出以甘薯等为原料的方针,但是,因为存在现有的生产厂离新的原料产地较远等问题,所以能否顺利转换备受关注。

印度从2003年开始在9个州及4个直辖地使用E5。但是,因为2003年及2004年甘蔗欠收,因

此曾直接进口糖蜜和乙醇。约1/2的糖蜜作为生产食用乙醇的原料,燃料乙醇的生产能力约为 5.0×10^5 kL。印度政府要求从2006年11月开始在全国范围内使用E5,从2007年开始使用E10。

从1980年开始,以木薯粉为原料制造乙醇的试验装置在东南亚的泰国运转,但是当时只是停留在验证阶段,真正开始普及燃料乙醇的是从2003年开始,从2005年开始对燃料乙醇的需求急增。对E10燃料,通过免除乙醇部分的税金,从政策上对E10燃料给予资助,使E10燃料的价格低于通常的汽油。原计划从2007年开始用E10替换所有的高级汽油,但是受2006年政变的影响,未能按计划实施。泰国乙醇的原料为甘蔗或木薯粉,2006年生产量为 2.5×10^5 kL/a,但是计划建设大量的新乙醇厂,所以预计乙醇产量将飞跃性地增加。

从2003年8月28日开始,日本立法禁止销售高浓度的含乙醇汽油(乙醇含量大于50%),将汽油中乙醇的容许值定为3%,含氧化合物(醇类及醚类)的容许值定为1.3%。其根据是:将高浓度的乙醇燃料用于通常的汽油发动机车时,不仅会导致橡胶及树脂的性能下降,同时腐蚀铝材料使燃料泄漏,存在发生火灾的危险,而且存在提高NO_x的倾向。

从2006年开始至2010年,日本对混合7%的乙基叔丁基醚(ETBE,以乙醇为原料制造)的汽油进行了风险评估。评估结果得到了混合7% ETBE的汽油不会危害人类健康的结论。

对日本而言,可作为生物乙醇原料的资源少,而且成本也高。目前,有以建筑废材或纤维素等为原料生产生物乙醇的方法,但是还处于技术开发阶段。为此,日本进口生物乙醇,但是具有出口能力的国家是距日本甚远的巴西^[15]。

不管是以石油为原料生产的乙醇,还是以生物质为原料生产的乙醇,其腐蚀性都很强,需要用于专用车或部分改造的汽油发动机车,今后若要使用提高生物乙醇含量的汽油,汽车厂商需要制造并销售新车甚至适用于乙醇的车辆。

3 建议

如果使用石油等化石燃料,即使提高汽车发动机的效率,大气中CO₂的绝对量也肯定是增加的,而CO₂在大气中分解至少需要50年^[6]。为了防止地球变暖,进一步降低CO₂的排放,全球都在致力于以碳中性且可再生的生物质为原料生产液体燃料,替代石油、煤、天然气等化石燃料的技术开发。

生物质资源是清洁的可再生资源,具有减轻使用煤、石油等化石资源时引起的环境问题(排放 SO_x 、 NO_x 引起的酸雨问题及排放 CO_2 引起的温室效应问题)的潜能。从目前来看,生物质存在受资源的制约及收集成本高等问题,而且生物质在全球一次能源中所占的比例不足10%。因此,短期应使用废弃物类生物质,将其转化为生物乙醇、生物柴油等生物燃料,中长期应使用并普及不与人争粮、不与粮争地的木质纤维素类中未利用的生物质资源,将其转化为生物燃料。

生物质资源可分为草本系天然生物质,农产废弃物,废纸、生物垃圾、污泥等废弃物等,比较分散地存在于各个地区。所以,构筑有效的收集、运输系统非常重要。尤其是,收集并预处理不与粮食竞争的木质纤维素类生物质资源,将其转化为乙醇、BDF等运输用燃料,同时开发评价体系,对制造具有优异的经济性且环境友好的生物燃料是必不可缺的^[14]。

生物乙醇、生物柴油等生物燃料是作为汽油、柴油等车用燃料的替代燃料使用的。但是,生物乙醇与汽油混合使用时,存在在流通阶段因水引起相分离、金属腐蚀、橡胶类膨胀等问题的风险;生物柴油的氧化安定性及低温流动性比以石油为原料的柴油差,为此,作为车用燃料使用时需要把握其燃料特性。

参考文献

- [1] 坂西欣也. バイオマス利活用の意義と今後の方向性[J]. 廃棄物資源循環學會誌, 2010, 21(1): 18-22.
- [2] 霍梦佳, 牛胜利, 路春美, 等. 生物柴油热解的 TG、FTIR 联用研究及动力学参数计算[J]. 化工进展, 2014, 33(6): 1435-1439.
- [3] 胡秀英, 马迪, 杨延海, 等. 固体碱催化剂 $\text{K}_2\text{CO}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的制备及其催化餐饮废油制生物柴油的性能[J]. 燃料化学学报, 2014, 42(6): 683-689.
- [4] 宋锦玉, 宋官龙, 史春薇, 等. 欧洲生物柴油燃料及其原料的最新动向[J]. 应用化工, 2015, 44(8): 1515-1519.
- [5] 山根浩二. 廃食油バイオディーゼル燃料の製造と利用技術[J]. 化学装置, 2005, (4): 20-23.
- [6] 山根浩二. バイオマス自動車燃料の最新動向[J]. 資源環境対策, 2006, 42(1): 69-76.
- [7] 宋锦玉. 地球变暖问题及生物燃料的使用[J]. 当代化工, 2012, 41(3): 284-287.
- [8] JPEC 石油エネルギー技術センター. 欧州のバイオディーゼル燃料の最新状況 [DB/OL]. [2014-10-10] (2015-11-13). http://www.pecj.or.jp/japanese/minireport/pdf/H26_

- 2014/2014-015.pdf.
- [8] 中国金属新闻网. 目前已制订生物柴油标准的国家 [DB/OL]. [2014-11-22] (2015-11-13). <http://www.metalnews.cn/xinxi/7310778.html>.
- [9] 宇野博志. 藻類からのバイオ燃料製造の現状 [EB/OL]. [2011-03] (2015-11-13). http://mitsui.mgssi.com/issues/report/r1103j_uno.pdf.
- [10] 宋锦玉, 闫玉玲, 宋官龙. 美国藻类生物燃料的研究开发动向[J]. 化学工程师, 2012, (6): 37-39.
- [11] 矢野伸一. アジアにおけるバイオ燃料生産・利用の展望と産総研で製造技術開発[J]. 環境技術, 2007, 36(12): 7-12.
- [12] JPEC 石油エネルギー技術センター. 中国の軽油の需要動向 [DB/OL]. [2015-08-27] (2015-11-12). http://www.pecj.or.jp/japanese/minireport/pdf/H27_2015/2015-013.pdf.
- [13] JPEC 石油エネルギー技術センター. 中国の自動車用燃料品質規格の現状 [DB/OL]. [2013-09-26] (2015-11-12). http://www.pecj.or.jp/japanese/minireport/pdf/H25_2013/2013-015.pdf.
- [14] 坂西欣也. 中国の自動車用燃料品質規格の現状[J]. 廃棄物資源循環學會誌, 2010, 21(1): 18-22.
- [15] 山根浩二. 自動車用バイオディーゼル燃料の現状と課題[J]. オレオサイエンス, 2008, 8(8): 3-9.
- [16] 宋锦玉, 裴明远, 史春薇. 温室气体排放及日本的应对措施[J]. 当代化工, 2013, 42(10): 1437-1440.
- [17] 日本農林水産省. オランダにおける藻類利用の技術開発と地域での実用化推進に関する状況調査 [EB/OL]. (2012-02). <http://www.s.affrc.go.jp/docs/kankoubutu/foreign/top.htm>.
- [18] 刘波, 裴明远. 日本藻类生物燃料的研究进展[J]. 化学工程师, 2012, (7): 45-47.
- [19] 井上勲. 藻類産業創成コンソーシアム設立の趣意 [DB/OL]. (2010-04). <http://algae-consortium.jp/established/>.
- [20] 石油エネルギー技術センター. 中国韓国情報交換會議報告 [DB/OL]. [2011-11] (2015-11-12). <http://www.pecj.or.jp/japanese/jpecnews/pdf/jpecnews201111.pdf>.
- [21] JPEC 石油エネルギー技術センター. バイオ燃料導入の現状——欧米を中心に [DB/OL]. [2013-05-10] (2015-11-13). <http://www.pecj.or.jp/japanese/jpecnews/pdf/jpecnews201305.pdf>.
- [22] JPEC 石油エネルギー技術センター. 欧州におけるバイオ燃料の政策、需給動向とバイオガソリンの流通実態 [DB/OL]. [2011-11] (2015-11-13). <http://www.pecj.or.jp/japanese/jpecnews/pdf/jpecnews201111.pdf>.
- [23] 李桂菊, 张军, 陈伟. 生物燃料发展现状及利弊争议[J]. 能源与环境, 2009, (5): 85-86.
- [24] 李雪静, 乔明, 潘元青, 等. 国外石化公司二氧化碳减排措施及对中国的启示[J]. 石油和化工节能, 2010, (4): 37-41.
- [25] 宋锦玉. 美国纤维素乙醇商业化项目的进展情况[J]. 当代化工, 2011, 40(5): 517-520. ■