

二十一世纪的农业

· 译文集 ·

广东省农业科学院科技情报研究所编

一九八四年十二月

“农业将仍是大田、果园、牧场和放牧牲畜为主。”

——迪士尼乐园题辞

江苏工业学院图书馆
藏书章

• 参加本书编译工作人员(排名不分先后)

薛德榕	罗 林	周其明	龙永惠	洪汉松	谭协麟	洪福昌
张育初	周亮高	屠曾平	骆世明	陈育生	李良基	李乃坚

“农业将仍是大田、果园、牧场和放牧牲畜为主。”

——迪士尼乐园题辞

• 参加本书编译工作人员(排名不分先后)

薛德榕	罗 林	周其明	龙永惠	淇汉松	谭协麟	洪福昌
张育初	周亮高	屠曾平	骆世明	陈育生	李良基	李乃坚

目 录

第一部分 未来的农业.....	(1)
-----------------	-------

第二部分 未来的资源利用.....	(8)
-------------------	-------

一、 食品方面的能源使用.....	(8)
二、 从生物量取得的能源.....	(10)
三、 未来海洋、太空和沙漠的农作.....	(14)

第三部分 农业科技发展预测.....	(20)
--------------------	--------

一、 农业研究和农业技术的展望.....	(20)
二、 种植业技术的发展前景.....	(24)
三、 畜牧业技术的发展前景.....	(28)
四、 植物生物工程展望.....	(34)

第四部分 农业教育与技术、经济管理.....	(40)
------------------------	--------

一、 技术开发与转化.....	(40)
二、 大学教育与产业部门的结合.....	(45)
三、 未来农场的计算机情报系统.....	(49)
四、 农业财务与借贷.....	(52)

第五部分 二十一世纪新农业的展望.....	(57)
-----------------------	--------

第一部分 未来的农业

Robert B. Delaro, Ernest J. Briskey等

按照人口发展趋势预测，到本世纪末，全球人口总数将达到60亿。也就是说，今后二十年内，人口净增长数十六亿，相当于每年增加一个孟加拉国！过去二十年间，人口净增是十二亿，有人预测，到2025年和2080年，生存在地球上的人类总数将分别达到80亿和120亿。发展中国家将占80%~90%。

1982年世界谷物总产16.40亿吨，然而这是一个喂不饱肚子的数字，目前170多个国家中只有8个能解决食物自给。大约还有十亿人在饥饿线上挣扎，其中4.55亿人严重营养不良。今后20年内，人类单对食物的需求就会增加75%。因而，未到本世纪结束之前，全球农业产量必需翻一番。

可惜土地面积并不象人口那样可以无休止地增加。地球陆地也只有27%左右可以耕作，其中包括约13亿公顷可耕地及31亿公顷牧地。专家们估计公元2000年前能供开发的耕地仅约2亿公顷。如果按照联合国粮农组织关于《农业向2000年迈进》的报告预测，从现在起一个世纪后粮食总产将要达到60亿吨，那将意味着在大约10亿公顷收获面积上平均单位面积产量要提高到6吨/公顷，本世纪末人类消费的食物将有3/4要通过提高单产，而不是依靠扩大面积来获得。

在展开介绍这次会议上专家们如何描绘二十一世纪农业新面貌之前，摘要列举美国向卡特总统报告全球2000年中有关农、林、渔业预测的一些基本数字，想必是有帮助的。

人口 世界总人口达到63.51亿。

国民生产总值 总额约14.7万亿美元，人平2311美元。

耕地 总面积约达15.4亿公顷，但人平耕地将从1971—75年的0.39公顷减至0.25公顷。

谷物 总生产量达21.4—22.0万吨，人平产量243—352公斤。人均谷物消费量将普遍增加（包括饲料）。大部分国家仍然需要进口。美国继续是世界最大的谷物出口国。

气候条件与单位面积产量 平均世界农业单产将提高28.6%，受气候影响变幅3%。

肥料消费 每公顷耕地肥料消费量达到145公斤。发达国家的增加率约一倍多，发展中国家增加达三倍。

用水量 总用水量增加，但农用水增加幅度相对较小，所占比重会从1967年的74%下降到54%。

林业 世界森林资源将减少17.4%，人平木材蓄积量由1978年的76立方减少到40立方。

渔业 食用水产品增长速度仍赶不上人口增长，人平食用水产品会由1975年的11.8公斤减少到10.8公斤。

Robert B. Delano (美国联邦农场局局长) 的论文里有这样一段描述：我们预想二十一世纪的农业可能是这个样子：

- 1、90%以上的农场仍将是家庭为单位进行经营；
- 2、农业能源消耗高的现象将有所改观；
- 3、渔业生产及其他水产养殖业的收入将接近种植业的收入；
- 4、大城市将向高层发展，农业“绿色空间”移到城市；
- 5、农场主乐意接受“高级技术”；
- 6、新技术和新的消费需求将由“单一农业”转向更为灵活的农业；
- 7、稳定的国家农场政策将消除人们对人口及其食物供应问题的担忧。

实际上近五十年来美国农场所有制的形式并没有改变，只有2%的农场是联合实体，而这种联合实体的85%是家庭形式的，只有不到10个股东。由于投资的利润率只有4%左右，真正的联合体或联合大企业农业几乎是无利可图。由此不难预料：21世纪美国农场90%以上将仍然是家庭所有和家庭经营。

燃料不足、劳力不足、土地不足将仍是美国农业存在的问题。燃油与劳力的节省将采用少耕或免耕法来解决，节省土地可通过种植高产品种及发展水培法——用营养溶液栽种作物解决。虽然水培法很吸引人，但需要昂贵而严格控制的生长条件及要花很大的力气，看来不会很快推广。

将来的农业机械应用可能会出现两种情况，其一是随着免耕法的推广而尽可能少用机械设备以减少水土流失、节约能源，最终会有近50%的耕作采用这种方法。其二是引入能够同时完成多项工序的多功能农机具。

农场主对其所需的燃料、油料和其他石化产品的供给保障极为关切。1980年国际能源组织曾预言：在五年之内，全世界石油每日需求量将短缺3—4百万桶。十年之内，将达到1千万桶。不过，未来的美国农场主将不会因过分依赖进口燃油而招来能源灾难。个体的农场或合作性质的联合体将能大规模地种植、加工他们自己的燃料作物。他们的着眼点仍将是能源供给的可靠性而不是经济性。同时，核能和煤将是下一世纪唯一可行的供全国所需的重要能源。

一些预言家曾认定所有肉类生产将会离开西部地区和农村牧场而向消费者在地区靠近。其理论是，运输干草、谷物比运输牛只或生肉容易。然而这种重新定位的畜牧业并没出现，也很可能永远不会出现。牲畜发出的臭气和噪音令大多数市民对其敬而远之。

这种情况是不会有什麼改变的。

大建筑师F.L.Wright曾梦想并实际设计过能使人口向高空发展,具城市规模的高层建筑物。每个建筑物可为成千上万人提供住宅及工作,内有商店、工厂、医疗机构及娱乐设施。每个建筑物相隔50英里,环绕建筑物的是绿色的农田,为全部居民提供一切所需物品。

美国东北部人口稠密地区的市民对他们的食物供应的脆弱性越来越感到不安。现在他们所需的食物有80%以上靠外地输入。有鉴于此,将来的都市设计师或许会采纳Wright的意见,建造一些由绿色耕作带环绕着的单座城市建筑物,以保证当地食物供应。现代建筑师对Wright的高层建筑设计作过审查,认为是合理、可行的。估计多少有些与之类似的超级城市建筑物在21世纪会有所出现。

农场经营与工厂不同,尚来是多向的生产中心。将来的农场很可能会完成从专业化农业到更为灵活生产的过渡。随着极为复杂和有效的电信网的出现,现今少数几种农作物和家畜生产的高度专业化现象估计会有所改变。通过使用各种类型的计算机、电子传感器,监测等技术,农场主能容易获得其生产专业以外的生产与销售信息,从而根据市场和消费者的需要灵活地从事综合性的生产。

将来的农场组织机构会花大量时间与精力促进成员之间互相了解。应用现代电信技术,任一组织成员对别的成员的经营情况都能了如指掌。各成员在农场组织的事务中也能随时发表自己的见解,共同维护农场组织的经济上和政治上的自身利益。

要使国家的一贯粮食政策稳定,就要消除政治舞台上的争端。为赢取大量消费者选票而制定的廉价食品政策一直在对农业生产损害作用。消费者暂时得到一些好处。然而在一段时间以后,所得的这种好处将要以两倍的代价来偿还。与同时,由于政府的错误决策,价格压得过低。市场不景气,政策多变等等原因,农业被削弱了。

世界各国政府对农业的干预仍将是世界上出现饥荒的一个重要原因。粮食生产问题的解决并不复杂,只要有拥有土地的权利,制定管理决定(包括决定农场规模等)的权利,调动货物的权利,以及销售自由就行了。

世界粮食生产中,常见的政治上的障碍包括政府拥有和控制土地、生产、价格、运输和市场。清除这些阻碍实现私人刺激的东西,即使缺粮,国家也能生产足够的粮食来。

美国的农业生产体制,尽管半个世纪以来曾有过失误,以及农业历史比大多数国家要短,但仍然为全世界所注目。在有组织的农场主的协同下,通过实行开明的一贯性的粮食政策(这种政策摆脱了政治的控制而能充分利用市场的刺激),美国在将来仍能处于目前这种领先地位。

对涉及粮食供应的人口增长问题我们应持乐观态度。限制人口和努力生产,供应足

够粮食这两件事，只要人类认识到其必要性，就不会办不到的。如果将来有什么东西值得我们担心的话，那就是应该削弱政治的干扰。政治干扰对其所触及的一切，尤其是对农业和粮食生产，以及将来还会对气候都有着明显的妨碍作用。

看来，21世纪农业将会是一个高生产力、高效率、相对来说仍然是高消耗，但更为合理、更符合自然生态规律的现代化新型产业；然而它不至于改变到面目全非，由于农业的变化速度慢，到2000年世界种植业不会发生很悬殊的差异。所谓“新”是指新的技术以及各种现有先进技术综合起来的新运用。因此新的增产是各方面配合起来共同稳步前进，而不是少数几种惊人突破的结果。尤其是在发展中国家，农业生产仍然要大量依靠畜力和人力，那种认为到了2000年所有国家的农民都可以坐在屋子里按电钮的想象是不切实际的。

但是我们有理由设想：在更加肥沃的田野上，农民们将不再频频地翻耕土壤，少耕法和直播法会大量代替其他栽培方法。农业化学药品中的除莠剂和土壤稳定剂效果大大提高，价格下降到农民十分乐意采用的程度。少耕法和除莠剂、土壤稳定剂的常规运用会使目前仍然相当猖獗的杂草和水土流失问题基本解决。在普遍合理地提高化学肥料施用量的基础上，许多国家，特别发达国家的农民会回过头来热衷于制造各种有机肥料，利用所有的作物残渣、人畜粪肥或者城市垃圾污物，使他们赖以收获庄稼的土地松软得象地毯一般。拼命剥夺土壤肥力的方法将被绝大多数农民所摒弃，大地休养生息之后，将为21世纪的增产而孕育着新的希望。

农地上将主要栽培新的优良品种，过去十二年间（1965—1977）新品种由几百公顷增加到五千万公顷，但这仅占作物栽培总面积的1/3。这个发展速度在今后20年内会大大加快。随着遗传工程技术的成功与应用，品种改良中的奇迹会一再出现，我们将有可能看到稻田中生长着一种低消耗、高收获的新型水稻品种，还有其他虽产量不很高，但抗逆性强（尤其是干旱）的新品种；某些供加工用的新作物品种将在经过精确计算和控制条件下“按蓝图生长”，使工厂按预定的模式工作。

人们设想的农业工厂化生产，也许首先在温室栽培园艺中得到实现。应用电脑控制这一类植物生长环境，在2000年将成为极普通的事。这种作物生产与（电站）废热利用并存的形式是本世纪末农业的特点之一。逐步用改良塑料薄膜、硬质塑料和合成建筑材料代替玻璃和钢材，将使温室的造价更低廉以有利于推广。按照工程师的要求使果树定型并采用机械收获，扦插取代嫁接，直播取代育苗移栽，甚至利用组织培养解决快速繁育无性系砧木供应问题等将使园艺业的成本大大降低。到2000年，以非常大的企业为主，辅之以种植味美、特殊品种的家庭小农场即构成整个未来的园艺行业。

耕作制不会有很大的改变，因为一项新耕作制的效应一般要30年才获得明显效果，所以本世纪末之前农民仍将按照现有的耕作制进行生产。第三世界国家应保持并发展复种制，因为它不仅有积极的生态意义和增产效益，而且是一种病虫害防治的有效手段。

农民有信心更多地采用可生物降解的农药来消灭他们的大敌——病虫等有害生物。随着化学和生物技术的发展，崭新的高效低毒农药会令生态学家们完全放心，‘春天’绝不会因此而变得死一般的‘寂静’，过去因为报导失误而造成的似乎农药是万恶之首的错误正在逐步消除。农业化学品的贡献还将突出表现在新动植物生长素的推出和使用效果上。作物栽培模式将因而发生变革，农民通过这种改变可以克服一些目前人力无法干预的不良气候因子影响；利用某种药品，可大大减少土豆、麦类收获后损失，单位面积可供实际消费的收获水平比现在提高35%左右；此外，利用化学方法大大延长动植物产品的储藏寿命也将是一项巨大的贡献。

21世纪的农民将是头脑有魄力的实业家，他们不仅关心如何生产农产品，还特别关心农产品的加工与销售。联合国粮农组织预测到2000年农产品加工量将比1980年增加一倍，随着小农经济和自给性生产向商品性生产过度，农民必然搞“产——销——加工一条龙”合同制。农民与消费者都同时可以从中获得更多利益。

没有任何人怀疑畜牧业在21世纪食品生产中将占更加重要得多的地位，无论是发达国家或是发展中国家的人们对畜禽产品的需求都会大大增加。差别只在于畜牧业发展的形式不同。发达国家的集约畜牧业必然从农场经营转为工厂化经营，生产单位比现在更扩大。这是由于动物生理学、机械化以及电子学的新成就而带来的结果。例如全国性的电脑记录系统被用来进行家畜遗传改良工作；应用遥控获得家畜个体记录资料进行科学管理；天然牧场采取太阳能永久性和移动性电围栏，使载畜量起码提高一倍，有人预言21世纪每个牧业工人平均管理牲畜头数比现在不会多而会更少，但管理将更加精细得多。21世纪有可能开辟新的饲料来源如单细胞蛋白类及禽畜粪便制成的再生性补充饲料。天然饲料如非豆科的牧草和树木固氮遗传工程届时可能起重要作用。家畜的卫生标准将大为改善，口蹄疫、猪瘟将会绝迹，体内寄生虫防治也要达到新的有效水平。在发达国家，如英国、新西兰等，21世纪畜牧业的前途还很难测知，那里的公众要求直接从植物蛋白提取肉类代用品以代替屠宰牲畜。有的专家认为20年内这个问题将会得到解决。但在发展中国家，如印尼等，发展大规模牧场虽有优越的自然条件，但经济上化不来，这些国家宜在城市周围建立饲养家禽和猪的企业，发展非反刍动物。

由于水产养殖业的饲料转化率可达1:1，比家禽生产省料（转化率2:1），比大牲畜的饲料转化率（8:1）更是高得多。所以水产养殖业或渔业将势必成为一种可口的蛋白食物来源。

21世纪的农、林、牧、渔各业将全面兴旺达到一个新的水平。

为了实现上述农业的前景，除了科学技术是首要的关键（在以下各部分还要详细论及）之外，农业的管理和管理人都是具有决定性意义的。J.L.Merrill（美国得克萨斯基督教会大学牧场管理计划主任）和S.T.Sonka（美国伊利诺州大学农经助理教授）认为：要准确预见未来虽然很困难，但是预测还是必要的。他们考虑到：

1、过去长期以来对农业的旧观念如不摒弃，就会继续产生不良影响。如：把农业只看成是一种生存手段，而不是一种经营；以及农民粗鄙无知，不愿联合，只想单干之类的陈腐观点；和生产不讲究经济效益。那种人人都能办农场和大自然会恩赐的情况，在土地和劳力价廉又不用其他什么投资的时候，或许会有过。现在则还需要经验、知识，以及将经验和知识很好地加以应用的能力。

2、在农业生产中，过去、现在和将来都是由国家和个人拥有及有效地利用可用的资源，首先是基本的、可更新的自然资源——气候、土壤、水和动植物，其次——在哪些方面说来更为重要的——是自由企业体制的盈亏刺激。它使得个人能针对中央政府的用地计划和农业管理的各种限制而自由灵活作出自己的合理决定。第三是稳定的政府，它能增加前述的各种自由而不会以过分的控制或无法预料的政策变化阻碍生产力发展。第四是通过农业研究发明、传播、应用技术以提高生产效率。第五是有足够的资金和信贷用以连结从生产到消费的每一个环节。第六是对农产品在国内外有一个有效的运输、加工、安全贮藏、销售的体系。上述资源的有效性及其有效的利用，对将来国家和个人在农业方面取得成功关系极大。

3、一些现行的管理原则在21世纪将会更为需要。基本原则是要认识到每个农场都是一个起作用的生态系统和经济系统。这个系统的每一项决定与行动将对系统的其他部分有所影响。如生产与销售从一开始就应该结合起来考虑。经营要有周密的计划，包括中期计划和长远规划。作出的方案应构成综合的管理体系以避免技术的单一应用，单一应用技术不仅没有多大作用，而且反有害处。要获得最大收益，经营计划应能灵活地适应气候、市场和其他环境因素的变化，并且在可能的时候充分利用这些变化。随着计划的实施，应作细致的观察、记录和分析，以作必要的调整，应尽量运用管理知识使投资产生经济效益，确定可获最大利润的最适投资量，并及时使用资金以取得最大收益。

未来农业因素是关键——智力、想象力、创造力、勤奋和正直。未来的农民将是怎样的农民呢？S.T.Sonka认为：

农场主是我们社会中的重要经济力量，在21世纪他们需要特别的技能。经济上的生存很大程度上取决于他们的自决能力。

1982年一项关于农场主对未来信息需要的研究，目的在明确与信息有关的今天的农场主的管理措施如何，确定农场主、农业部门领导人和其他的农场顾问到底认为什么东西在将来可实行。研究的重点在于与财政管理活动最直接有关的信息使用。在财务管理

问题上，绝大多数被调查者都认为今后五年内，编制平衡表，收入表及现金流通预测表等财务报表对农场主将是非常重要的。看来编制这些报表在21世纪也将是重要的。当然，对农业来说尚未实行由外界评价人对财务报表进行审核，而在非农业经营中，这种事是极为普遍的。被调查的领导和顾问都认为这是势在必行的事。他们预计在三年内，六分之一的生产者将需要外界评价人审核他们的财务报表；七年之内这一比例将会增加到四分之一。但是编制准确的可供审核的财务报表需要准确的数据，而目前三分之二以上的商业性农场主（年销售额超过十万美元的）目前并没有开设独立的业务支票帐户，农场业务与私事没有分账。

本研究中接受调查的269名生产者都是指定的，因为他们都被认为是富有创新精神的信息管理人。在即将到来的信息时代，他们的行动对农业可能有指导意义。对于5年之内哪种会计方法最有可能为象他们那样的农场主所采用的问题，60%以上认为是用计算机完成该项工作，其中的11%已正在应用这种方法。

他们预期将来的农场会计方法不仅实行计算机化，而且可提供详尽的管理信息。90%以上的人估计这种方法能确定单位生产的成本和收入，企业的成本和收入，以及对所收获的作物保持连续的盘存。有影响的生产者还认为获得这类信息对未来农业生产者很有必要。显然，农场会计采用单式帐目，手工方法是难以提供那些详尽信息的。这批农场主认为计算机使用在将来的农场会很普遍。80%以上的人认为象他们这样的农场主很可能在5年之内把计算机应用于：检查收入和支出，作生产记录，预订计划，获取销售信息。在这四项活动中，目前利用得最少的是获取信息。对农场主似乎特别具吸引力的是与信息有关的电信和电传潜力。这些方面的革新可缩短其地理隔离，使他能迅速获得必要的信息以对明天的环境作出决定。

在将来，制定财政决策和解释大量数据都是极为重要的管理技术。家庭式的农场如何完成这类工作？一个可能解决的方法是利用管理咨询人提供专门信息和技术。在研究中被调查的生产者已经是这样做了。生产者和顾问都相信利用咨询人的情况将会增多。所有回答问题的人中，90%以上认为将来咨询对生产者有帮助的五个方面是：会计、财务分析，财产计划，销售和计算机使用。但他们指出，效果良好的咨询服务并不常有，尤其是在财务分析、销售以及计算机使用这三方面。

今天的农场主面临的问题与几十年前的大不相同。农场规模扩大及债务资金使用增多意味着生产者能够更有效地管理生产业务。注重成本与利润，财务决策和销售已成为重要的生存技巧。

这些因素的重要性将来只会增强而不会减弱。信息的获得和利用将会是判断21世纪的农场主是否有决策能力的重要因素。

第二部分 未来的资源利用

S.H. Wittwer (美国密执安州立大学农业及自然资源学院、农业试验站名誉站长) 提出提高农业生产力的三个要素是: 新技术、资源投入和经济刺激。有关新技术和经济问题本编以后各部分专门论述。这里仅就农业能源, 新的动、植物资源方面加以介绍。

一、食品方面的能源使用

JOHN N WALKER

人类由于将天气、病虫害带来的各种危害降低到最低限度, 已能日益扩大对主要食品供应生产的控制。这种过程需要使农业上消耗的总能源量增加。最初, 是以人力为主的。随后, 畜力代替了人力, 终于机械动力又取代了畜力。在这同时愈来愈需要更多的化学肥料和农药, 这样就需要很多能源去制造这些物资。农业生产方式越集约, 每生产单位需要能源就越多。预期朝向需要较多能源的更集约农业的趋势可继续直至二十一世纪。

随着投入农业生产食品方面的能源增长, 投入农场外的能源也一样增加。它们包括食品的加工、运输、保存和准备等。现今, 包括在农场上生产和农场外活动的全体食品方面占美国能源消耗的16.5%。把林业和纤维生产包括进去时, 总消耗百分率还升至22%。图1所示在食品方面能源使用的消耗。农场上生产活动占食品系统中总能源消耗的18%弱。两项最大使用是食品加工和家庭食品准备, 约占所消耗能源一半以上。若包括家庭以外的食品准备, 则三项范围几乎占消耗能源的四分之三。若将来必要减少能源使用时, 很大百分比将是来自这三项中。

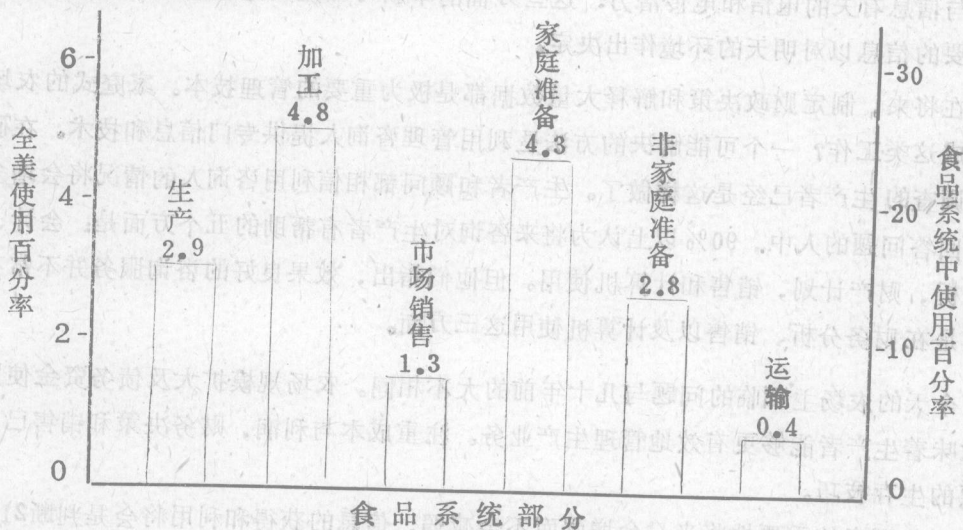


图1 食品系统中能源使用

虽然食品生产需用比较少的能源，但农业则依赖于石油能源，而近年这又曾出现短缺。虽然除运输外的其他组成不是像生产那样依赖于石油燃料，但全面依赖仍 是 很 大 的。食品系统使用能源约有40%是石油、液化石油和天然气。这还未包括在发电厂使用的石油。在农业生产组成中76%的能源使用是在这两方面。

在农活中，运输仍然是主要的能源消耗项目，虽然将来电力车辆在一些农场工作中可能占一定位置，但我们还是需要用燃油来解决运输问题。至于其他方面，可以使用别种能源，如电力可以用于灌溉抽水，煤可以用于制造肥料，而生物能和太阳能可满足作物干燥和畜舍的全部或部分需用能源。

在食品和纤维工业上的节能是可能的。然而，由于大部分能源使用是在农场以外地方，如果要实现最大可能的节省，能源保存的努力必须直接朝向食品系统的所有组成。如果计划得当，是能够取得变化而不会过分影响全部食品利用或产品的质量。然而，在农场以外部分的重大缩减将难以制定，因为农场以外能源输入的总费用是比较少的，因此，要改变商业的刺激很小。相反，使用能源以减低劳力和其他投入将会使食品费用大大降低。

在生产方面，节能必须谨慎行事。有些措施在一个地方可节能，而在别处则反而引起增加。或可能导致减产。如果造成减产，虽然达到总能源使用的下降，每生产单位的效率实际将降低。如果广泛发生产量下降，食品供应则会因此而不足。

在我们进入二十一世纪时，农业在能源效率上将得到改善，但这种增进是适度的。未来的农业看起来和现在是一样。在佛罗里达的迪士尼世界乐园一条新题词这样说：“大多数的作物将是一样，但由于有了遗传工程，品系选育，和新的土地管理技术，作物将长得更健康和更丰富。至于说到有什么不同，我们将只不过在某些环境中出现一些新的作物，在沙漠中有更多农田，有新的农业机械，和从太阳和生物量两者转换得来新的农业能源。农业将仍是大田、果园、牧场和放牧家畜”。比起今天这种农业属于更高的能源密集型，从现有的或更缩减的土地上获得越来越多的产量。

在农场上和农场以外的能源大抵将因经济因素而产生变化。然而，要进步就得有压力，特别在农场范围以外是如此。农业的主要责任是生产食品，现在的效率相当高而且在二十一世纪中也将继续是这样。换句话说，人们还是得吃大米、面包、鱼、肉而不能喝石油，农民仍然要靠机械耕作来把石油转化成食物。2000年前不可能出现其他同样方便而再生性的新能源。从长远来看，氢可能成为一种主要能源，但就全面而言，21世纪还是主要依赖核能。有朝一日农场能生产自己供拖拉机消耗的燃料，即所谓“生物量”能源，但这很难预测。估计下一世纪用作物生产燃料酒精问题能否转变为现实还值得怀疑。问题关键不在于技术，而决定于经济因素和与粮食作物的平衡。21世纪仍然存在着

饥饿的威胁，这是不能忽视的。

对于生物能源的可能性，美国的专家们持较为乐观的态度。下面是其中一篇论文：

二、从生物能取得的能源

WAYNE.H.SMITH

生产比生存要求更多的能源同样是文明和自然生态系统的需要。前一世纪，全世界的发展很快，因为从石油资源取得丰富的能源使收获和加工的成本保持适中。

由于能源丰富，工业革命成为可能。同样，利用外部能源供给农业以避免生产它本身的能源，这样，全部农业活动就能够径直朝向食品、饲料、纤维等商品目标前进。在得到外部能源之前，农业为畜力生产饲草和谷物又用牲畜来干农活及生产食品与其他农产品。例如在20年代，美国每年为这种目的要使用约2500万役畜（据普渡大学，W.E. 泰纳和J.C. 博顿），替换以化学和机械能源迅速的增长，现在一个农民可以生产足够供应给78个人（国内56人，国外22人）的食品。

然而，石油燃料供应的下降再次要我们考虑农业成为能源生产者，但这回要求有所不同，原料主要是液体或气体燃料，而不是给予役畜饲料。

在不久的将来，扩大生物量为一种能源主要是利用林产品加工或不宜作商品树种的残余物。使用这些残余物和农作物的废物，但常常受到可改变性、季节的可利用、供应的不可预告、有限数量和收获、贮存等问题所限制。在很多可更新能源的讨论中（同义语地使用“生物量”和“废物或残余物”等专门名词），生物量包括所有新近形成的植物物质，废物或残余物，特别是可转换成有用能源的生物量的作物。重点放在生物量作物上，因为建立生物燃料工业将要求这种作物慎重生产以保证持久原料。发展这些作物的企图常常因为与粮争地而失败。

生物量生产常受到两方面限制，一是可利用的土地；二是随之而产生的环境恶化问题，两个问题是一致的，因为假定生物量是在边远土地上生产的。但很大面积现用于种有剩余作物的土地，如果这种作物是可利用的和作可获利栽培，则这种地可用于生物量作物。美国农业部的用物品报酬计划（PIK）提议，在1983年把8300万英亩农田休闲。此外，美国农业部水土保持服务处又指出，全国雨量充沛地区中有4400万英亩土地，如果需要时，可以将之改成为耕地。这些耕地可以是来自森林、牧场、或没有管理的林地。这些闲置土地和可利用土地共有一亿英亩以上。还有从其他推定看来还有潜力可挖，全世界现在耕种的土地仅及可耕地的41%。纵观大多数分析，无论淡水区还是海洋区，增加生物量是有潜力的。

I、生物量作物发展

全世界正在审慎地探讨栽培作物的能源商品价值。能源作物对现有栽种的食品、饲料、纤维商品会增加作为农场商品的能源。发展生物量作物必须像发展食品、饲料、纤维等作物一样慎重，以及采用类似科学方法来栽培。

在设计和执行生物能源计划时，必须认识以下两点：

- 1、现有的作物和生产方式都是为食品、纤维或饲料而发展，但不是为能源目的。
- 2、现有生物能转化工艺学是常为酒精或其他工业应用，以及为废物处理而发展，而不是为能源生产。

对这种最后可能的生物能量作物应有系统地评价各种植物资源组：树木，淡水水草，草类及其根茎，盐地植物，碳化氢生产者，和海洋植物等。发展生物能量作物的最先研究步骤如下：

- 1、从对本地和地区的适应性，和产生生物量的潜势来筛分品种。
- 2、在每个新生物量作物之内鉴定，选取其遗传变异性，这对其发展是重要的——注意生长率的范围，抗病虫力，化学构成，和对不良环境的敏感性。
- 3、通过合理密植、适期种植、及时和适度收获，以最小面积，最短时间和最少能量消耗获得最高单产来制定农业生产策略。
- 4、分析植株产物能转化为可利用能源形式的转化率。
- 5、开展遗传改良计划培育能源作物新品种。

从评价得知栽培作为食品、饲料、纤维的农作物与栽培作为能源作物之间有差别（表1）。这些可能的生物量作物必须满足从温带到热带的环境，这些地带的土壤分别从壤土到砂土，并有短期或长期泛滥或定期的干旱。一旦有希望的作物产量和可变换性已确定，则必须在同农民生产目的相容的各种栽植策略中作评价。这样，才能设计出生物量作物以及其生长和收获方式，并使市场在两者之一作选择。能源作物可以为能源生产目的特别地生产，正如食品、饲料、纤维作物要供应这些商品一样。因此，在能源作物在环境上合适和增进纯能源利润时候，农民有选择和栽种具最大经济利益作物的机会。

表1 食品、饲料、纤维作物与可能成为生物量作物的植物特性之比较

食品、饲料、纤维作物	生物量作物
1、使用总产量的小部分（种子、果、叶等）	由整株组成产量
2、着重质量（营养物含量，消化性，碾碎特性，风味，可口性，外貌）的决定因素	质上的约束不多（主要同转换性有关）

3、常需求防治病虫害的药物	对病虫害有生物抵抗力，或感受力弱
4、常要大量施肥，特别是氮肥	在低肥环境有下耐受力和可生产力
5、经常要灌溉或排水以防止水份失调	品种有耐干旱或涝渍土壤的能力
6、经常要耕作或除莠剂以防止杂草竞争	由于很快形成浓密叶层复盖，生长早期有侵占和优势的竞争者
7、收获方式要能保证植株选出部分的质量	整批收获，对质量的要求不高
8、需要高质量土地	品种有耐边远土地的能力
9、播种或移植费用大	能从萌蘖或吸芽再生故栽植耗能较低
10、耗能与产量比率低：集约作物： ≤ 2 ；籽用玉米：2.8；整株玉米：5—9	耗能与产量比率高：低集约作物为20

不能过分强调发展具有特别适于能源目的作物的重要性和为这种生产目标的栽培方式。例如，在波多黎各工作的A.G.亚历山大发展一种“能源甘蔗”生产方式，其结果同平常栽培甘蔗的糖产量一样，但总生物量产量（每公顷250公吨）则相当高。在佛罗里达，我们发现不是为食品、饲料、纤维作物而是为生物量作物设计的栽培方式一般增产二倍多。

生物量作物发展能够有很大提高，但必须利用平常的科学原理，以及能在相宜的时间内获得质的进展的新生物工艺学。特别是DNA重组技术和组织、原生质体培养技术。例如，在能源作物生产中，一个急迫问题是，“氮将如何供应”？我们明白用天然气制造氮肥是不经济的。如果可能用伴生固氮（N-fixing companion）或轮栽作物，生物工艺学又能供给另一选择，即是，把固氮基因嵌进生物量作物内，或嵌进生长在植株根部周围的微生物中。

原生质体培养技术提供引导合意的基因进入一个细胞并从该细胞再产生植株的手段。所有再产生的植株细胞将具有新的基因。从有关或无关品种的原生质体融合亦可提供新的培育和选择有用变异的策略，例如增加生长率、抗病虫力、化学含量能够很容易转化成有用形式。不管植株的来源和田间繁殖（特别在高密度的能源农场中）所引起的问题如何。组织培养技术加上“液体播种”工艺学（在防止干燥的凝胶中种植实生苗）的出现，可提供一种廉价方法以繁殖“遗传上纯种”的能源作物。同样，通过嵌入能耐温、耐盐和耐有机肥的基因，以及抑制发酵副产物的生成，我们能够大大地改进形成酒精或甲烷的转化过程。

M. 卡文在1983年《科学》杂志中的一篇论文概括了遗传工程技术应用的过

程，特别是如何把高产的热带柯拜巴（Copaifera）树和一种适应性很广的大戟属（Euphorbia）灌木中控制高碳氢化合物合成的基因转移到其他作物体内，以生产更高可作燃料的物质。他推论认为应用这些技术就能使用绿色植物这种人所共知的最能充分利用太阳能的工具来生产我们需要的能源。

II、向二十一世纪迈进

石油的供应是有限的和必然会用完，或者从今天使用角度来看变得太过昂贵。美国现存有大量能源，但只有7%是我们可使用的液体或气体燃料。为了将来，我们必需寻找新的多种新能源。幸亏世界不景，目前对为解决这个问题而进行研究和开发的，需要并不太紧迫。

影响发展美国强大能源研究计划的另一个因素，曾是同市场上其他项目有联系的能源价格历史性衰退。准确的市场讯号曾被调整计划和企业联合的活动所误解。事实上石油能源供应是有限的，现在是进行研究的时候了，这样，可避免在“危机的乌云”之下把不充分的技术运用到生产上去。等待将使我们在向有秩序和有效的未来过渡中损失宝贵的时间和资源。

生物量是一种有很大希望的新能源。事实上全世界生产的食物比要养活其人口所需的多10—20%。在美国和欧洲食物生产容易过量，而且普遍过度消费，寻求解决生产过剩问题的方法，是发达国家决策人的头痛问题。就农民来说，很明显，他们需要生产有人愿买，而又不用补贴也有利可图的东西。能源用的生物量就能满足这种需要。

转用土地和把闲置土地和水域投入生物量生产是越来越有可能，由于大多数增加作物生产的计划依赖在新生物工艺学上，这是引导至农业的“科学力量”的伟大时期的希望。因此，土地和其他资源不应约束作为未来可再生能源的生物量发展。

利用废物、作物残余物，和过剩的食物，生物能源计划便不会是无源之水，生物量作物生产将保证能源供应有充分原料。应该大量栽植各式各样的植物品种，并鉴定哪些可以作为生物量原料。必须确定各种投入水平和管理情况，这些作物的生物学产量潜力。在收获和材料处理上，必须发展有合理的收获技术和正确的原料处理技术。在转化生物量为有用能源方式上必须有所突破。要使转化工艺学满足能源工业的要求，因为现用的工艺学是为酒精及工业化学而工作的。最有希望的转化过程似乎是厌氧微生物的消化以产生甲烷，发酵以形成酒精，生物学上的氢生产，和热化学过程以形成燃气。

如果出现生物能源生产或转化工业，必须研究解决许多问题。这些目的既不是容易也不是迅速可以完成的，但研究人员可利用传统的科学方法学、新的生物工艺学、微型计算机控制装置和工程学上发展的机器人以攻克这些问题。新发展的知识必须迅速地