

植物生理学与跨世纪农业研究

ZHIWU SHENGLIXUE YU KUA SHIJI NONGYE YANJIU

吴丁 卢翠乔 主编

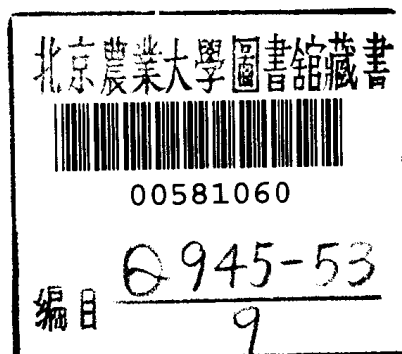


科学出版社

植物生理学与跨世纪农业研究

吴 丁 芦翠乔 主编

110-126



科学出版社

1999

内 容 简 介

本书均系专家、学者和第一线科技工作者从事科学研究的第一手资料,内容涉及崭新的生物技术、提高农作物产量的技术方法和理论基础、克服不良环境对作物危害的技术方法等。本书具有学术性、实用性、超前性,研究技术方法和仪器手段先进,选题结合农业经济发展需要,在科研和生产建设中实用性较强。本书可作为生物学、农学、林学、园艺学、环境科学的科研工作者及高等院校、专科学校的广大师生以及领导干部决策的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

植物生理学与跨世纪农业研究/吴丁,芦翠乔主编.-北京:科学出版社,1999.5

ISBN 7-03-006932-3

I. 植… II. ①吴… ②芦… III. ①植物生理学-研究②农业技术-科学研究 IV. Q945

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 22597 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1999 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1999 年 5 月第一次印刷 印张:26 3/4

印数:1-1 080 字数:612 000

定价:45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈杨中〉)

主 编 吴 丁 芦翠乔

编 委 (以姓氏笔划为序)

王智忻	王清连	王广兴	王小纯
芦翠乔	李明军	苏德荫	吴 丁
陈海燕	邹 琦	张嘉宝	郑友三
郑文华	周继泽	赵可夫	栗进朝
韩锦峰	祭兴元		

植物生理学的展望

本世纪初,季米里亚捷夫从唯物论的观点出发,曾宣称:植物生理学研究的内容不外乎植物体内物质、能量与形态的转变。经过半个多世纪自然科学的飞速进展,我们进一步了解到,其内容还要加上“信息的转变”,就是说,植物的个体发育乃是在环境信息的启发下,植物遗传信息的顺序表达;而且物质、能量与形态的转变都从属于它。这也显示,植物生理与其个体遗传和生态环境有着千丝万缕的相互关系。

生物是个开放系统,在不断地适应环境的变化中谋取生存、继续演变,有其过去的继承、现在的建树、将来的发展。植物生理学也当作如斯观!

人类已经可以走出长期栖息的地球之外,开始遨游在苍茫的太空中;从掌握物质的结构变化中换取无限的能量和制造无数的产品。然而至今人类还“寄生”在植物上,靠它生产有机物来食用和维护生态环境。人类社会的蓬勃发展对这些需要日益迫切,必然要积极努力,揭发其中植物生理机制的奥秘。愿与同仁共勉!

姜成后

1998. 5. 1

前 言

中国植物生理学会第七次全国会议期间(太原)召开了山东、山西、河南、河北四省植物生理学会秘书长扩大会议,决定在河南召开“植物生理学与跨世纪农业学术研讨会”,为了配合会议的召开,特出版这本达 60 万字的论文集。

本书包括北京、上海、天津、河南、河北、山东、山西、陕西、江苏、安徽、江西等十几个省市植物生理学界的院士、教授、博士、硕士、学士和第一线科技工作者从事科研的最新成果。共分六个部分:一、中国跨世纪农业的特点与对策;二、植物生物技术与 21 世纪的农业;三、旱农节水高产生理研究;四、作物高产高效生理研究;五、作物环境生理研究;六、农作物采后代谢、贮藏与加工生理研究。重点论述了植物生理学对中国跨世纪现代化农业发展的重大作用;生物高新技术的新成果;发展集约农业、设施农业、集水农业、节水农业、逆境农业、同产高效农业、生态农业、观光农业的新理论、新技术、新方法以及农作的收获后贮藏、加工和利用的新理论和新工艺;又有克服植物病害对作物为害的理论和实用技术。本书具有超前性、先进性和实用性的特点,它的出版对我国跨世纪现代化农业的发展必将起到积极地推动作用。

21 世纪,是生物科学的世纪,也是农业大发展的时代。面对 21 世纪我国人口逐年增长,人均占有耕地数量和生物资源占有量逐年减少,面临着人口、食物、能源、资源、环境危机的状况,依靠生物科学特别是居中心位置的植物生理学的原理和技术来推动农业的可持续发展已经提到了重要的议事日程。我国是农业大国,党和政府历来重视农业,在建国初期即制定了发展国民经济“以农业为基础”的方针。1998 年 10 月 14 日中国共产党第十五届中央委员会第三次全体会议通过,公布了“中共中央关于农业和农村工作若干重大问题的决定”。“决定”指出:“必须从全局出发,高度重视农业,使农村改革和城市改革相互配合、协调发展,坚持以农业为基础,从政策、科技、投入方面大力支持农业”。“由传统农业向现代化农业转变,由粗放经营向集约经营转变,必然要求农业科技有一个大的发展,进行一次新的农业技术革命”。在世纪之交,新的千年将要来临之际,党中央这一英明决定的公布,对广大植物生理学工作者是最大的鼓舞和鞭策,我们决心在这次新的农业技术革命中继续发挥各自的聪明才智,为实现我国农业现代化作出更大的贡献。本书的出版必将在我国这次新的农业技术革命中发挥积极的作用。

87 岁高龄植物生理学界的老前辈、前北京农业大学副校长、国家农业攀登计划主持人、博士研究生导师娄成后院士在百忙的工作中十分热情地为本书作了序,娄老师高瞻远瞩、寓意深长地对本世纪植物生理学学科的发展,作了极为精辟的论述,并对本学科今后的发展指明了方向。这不仅是对我国植物生理学工作者的巨大鼓舞,同时也是对国际植物生理学工作者的巨大鼓舞。在此向尊敬的娄老师表示崇高的敬意和衷心的感谢!

在编辑过程中,曾得到中国农业大学闫龙飞院士,中国科学院许志宏副院长(前中国科学院上海植物生理研究所所长),中国科学院上海植物生理研究所沈允钢院士、博士生导师、《植物生理学报》主编王天铎研究员,中国科学院西北水土保持研究所山仑院士,中国科学院上海分院院长、中国植物生理学会理事长汤章城研究员和邓楚生秘书长,河南省

王明义副省长、副省长兼省科协主席张涛教授,河南省科委姚聚川主任、黄兴维副主任、于守智副主任,河南省农业科学院院长董庆周研究员、副院长张忠山研究员都曾经给以热情的指导、支持与鼓励,在此对以上专家和领导致以诚挚的敬意和衷心的感谢!

由于时间仓促,书中难免有疏漏和错误之处,敬请读者批评指正!

《植物生理学与跨世纪农业研究》编委会

1998年10月16日

目 录

一、中国跨世纪农业的特点与对策

植物生理学与 21 世纪的农业	沈允钢(1)
可持续农业的若干问题	王天铎(4)
试论中国农业可持续发展问题	赵可夫 冯立田(9)
试论跨世纪农业的特点及立体农业的增产机理	林 亢 芦翠乔 吴 丁等(14)
作物抗旱生理与 21 世纪农业	李云荫 尚忠林(19)
植物的性别决定与分化控制在农业生产上的应用	张乃群 杨建伟(28)
水分胁迫下冬小麦的渗透调节及其与光合作用的关系	武玉叶 李德全 赵士杰等(32)
作物根系对于旱逆境的反应和适应性	李春香 李德全 王玮等(42)
玉米、水稻雄性不育细胞质专化性病害研究进展	王立安 高志环 阎芝芬等(48)
植物与病原菌互作中的 Ca 及 CaM 研究进展	毛爱军 王智妍 韩公社等(54)
植物嫁接杂交的机理	刘用生 李秀菊(59)
高效农业支柱产业之一植物饮料的分类与发展策略探讨	陈永伶 楼浙辉 王晓球等(64)
生物技术在棉花上的应用进展	刘 方 张宝红(74)
植物生理学在传统农业向现代化农业过渡中的作用	周嘉槐(80)
谈谈未来植物生理学的理论和应用	刘富林(84)

二、植物生物技术与 21 世纪的农业

用转基因技术研究植物细胞的信号转导途径	宋纯鹏 王学臣 阎隆飞(86)
青花菜原生质体培养及其遗传转化研究	钟仲贤 李 贤 李国梁(93)
花生胚轴离体培养及基因转化	鄧玉宝 祁玉峰 蒋武生等(99)
外源 DNA 导入大豆引起性状变异	周延清 苑保军 张根发等(103)
三种基因型小麦原生质体培养	黄 粤 翟晓灵 郑学勤等(107)
甘薯离体茎生长点几种培养因子的生长反应	陈海燕 任海英 寨秀兰等(111)
知母悬浮培养下的体细胞胚胎发生	梁玉玲 管延英 成亚利等(116)
Dicamba 对玉米胚性愈伤组织诱导及植株再生的影响	杨丽莉 贾伟珑 郜 鹏(119)
影响花椰菜花粉胚状体诱导因素的研究	蒋武生 鄧玉宝 高睦枪等(123)
活性炭在植物组织培养中的应用研究进展	刘用生 汤菊香 鲁玉贞(127)
芋试管苗离体培养与保存技术研究	毕可华(131)
柿树离体繁殖中防止玻璃苗发生的研究	张妙霞 孔祥生 张益民等(135)
柿树离体繁殖中防止外植体褐变的研究	孔祥生 张益民 张妙霞等(139)
橡皮树丛生芽诱导及快速繁殖	冯 莉 余晓丽 张嘉宝(144)
青霉素对小麦幼穗离体培养的调控作用	刘 萍 闫志佩 汤菊香(147)
怀山药器官培养与植株再生的研究	李明军 汤菊香 杨建伟等(150)
四种观赏植物组培快繁技术研究	芦翠乔 吴 丁 蒋武生等(154)
影响嫁接少球悬铃木成冠因素的研究	王 永 马雪芹 孙君亮等(159)
胚珠和胚离体培养在花生种间杂交中的应用	张新友 刘恩生 殷冬梅(162)

三、旱农节水高产生理研究

- 多变低水环境下高粱、玉米籽粒产量及水分利用效率变化的生理基础研究 苏 佩 山 仑(169)
- 不同类型作物对干湿交替水环境的反应 苏 佩 郭礼坤 山 仑(176)
- 土壤大气湿度变化对玉米生长和 WUE 效应研究 黄占斌 山 仑(181)
- 节水农业中作物需水量的计算与理论分析 上官周平(187)
- 氮磷营养对小麦水分关系的影响 张岁岐 山 仑 薛青武(193)
- 黄土高原半干旱地区春小麦的光合特征初探 邓西平 山 仑(199)
- 雨水利用及其理论基础 黄占斌(203)
- 乙烯利提高玉米幼苗抗旱机理初探 张 骁 张 霖 宋纯鹏(207)
- 土壤水分胁迫对夏大豆养分吸收及产量影响的初步研究 刘 辉(211)
- 玉米品种苗期抗旱性的鉴定研究 张彦芹 黄明镜(214)
- 硬粒小麦离体叶片失水过程模型 王雪征 刘 毅 陈淑萍(219)
- 剩余蒸腾作为小麦抗旱性指标的研究与分析 王雪征 刘 毅 陈淑萍等(223)
- 谷子品种抗旱性与体内水分平衡 马建萍 古世禄(227)

四、作物高产高效生理研究

- 豫薯 10 号特高产生理基础的研究 雷书声 杨爱梅 秦云霞等(232)
- 玉米改良单交制种增产机理的研究 苏淑欣 李 世 尚文艳等(237)
- 不同耕种方式对稻茬小麦根、叶生长特性的影响 张守元 罗 伟 史瑞青等(243)
- 小麦不同粒型品种内源激素的变化和源、库、流的关系 史瑞青 余 飞 王小纯等(249)
- 冬小麦穗粒重与源流库关系的研究 刘学勋 孙笑梅 杨东升(255)
- 冬小麦氮素过量反应的研究 刘 毅 王雪征 茜大彬等(264)
- 黄瓜无土育苗基质的应用研究 陈振德 黄俊杰 蔡 葵等(269)
- 黍子发芽温度的探讨 李 世 苏淑欣 方佳新(276)
- 渗透胁迫下稀土对小麦叶片保护酶及膜脂过氧化作用的影响 王玉国 王玉庆 冯文新等(282)
- 辐射绿豆早熟突变体同工酶的研究 李国柱 张小冰 管振谦等(286)
- DPC 化调对麦套棉¹⁴C 同化物运转分配及再分配的影响 曹鸿鸣 王明友 金桂芳等(289)
- DS-10 对小麦苗期的几项生理效应 张江涛 齐景韶 索奎铃等(293)
- 激素预处理对冬贮月季硬枝插条生根的效应 柏新付 毕可华(297)
- 农化调节剂对玉米形态及产量的影响 黄明镜 张彦芹 晋凡生(300)
- 植物生长调节剂在香椿日光温室生产中的应用研究 栗进朝 芦翠乔 孙英豫(304)
- 乙烯利对棉花等生育调节效应的研究 鲁木森 赵会杰 唐 蓉等(308)
- 小麦胞质不育系花粉败育的生理机制研究 赵会杰 毛凤梧 刘华山等(313)
- 烤烟不同生育期叶片中碳氮代谢与品质关系的研究 刘卫群 韩锦峰 王德勤等(318)
- IAA 及 ABA 对棉花杂种优势表达的作用 刘传亮 邢金松 李秀兰(324)
- 301 增产宝在农业上的利用 王金山 王 伟(328)
- 露天煤矿废弃地复垦中的水分变化及其合理利用 王文英 卢崇恩 马志本等(333)

五、作物环境生理研究

- 盐胁迫对菜豆光合作用的气孔与非气孔限制 冯立田 赵可夫 刘连栋等(339)
- 碱地肤耐盐性的研究 武之新(344)
- 草酸诱导黄瓜抗病效果及其机理初探 张宗申 彭新湘 姜子德等(353)

苯丙氨酸解氨酶和多酚氧化酶与玉米自交系对丝黑穗病抗性的关系	蒋小满 卜庆梅 赵羹梅(358)
天然植物病毒治疗剂 V_A 诱导枯斑三生烟对 TMV 的抗性与细胞内防御酶系的关系	商振清 李兴红 赵春颖(362)
全自动分析仪的分析原理及其应用	陈淑萍 王雪征 刘毅(369)
九龙江口红树林秋茄和白骨壤的渗透调节物质及其在渗透调节中的贡献	赵可夫 卢元芳 范海等(372)
模拟涝害下的棉花栽培试验	鲁木森 唐蓉 程炳嵩(377)
植物生长调节剂对小麦抗倒性及穗粒重的调控效应	史瑞青 李亮琴 周新保等(381)
寄种对小麦种子萌发的生理影响初报	乔文祥 高明 裴腊梅等(385)

六、农作物采后代谢、贮藏与加工生理研究

香石竹等切花瓶插期保鲜剂延缓衰老效果及生理生化变化的研究	卜芸华 付征叶 杨玉珍(389)
温度和化学药剂对牡丹切花乙烯释放和贮藏品质的影响	史国安 王长忠 郭香凤等(393)
杏果实成熟度与 H_2O_2 代谢的关系	郭香凤 史国安 王淑芳等(397)
构果汁超氧化物歧化酶活性及营养成分分析	郭香凤 史国安 韩建国等(400)
不同育种年代玉米过氧化物酶和酯酶同工酶的研究	刘丰明 乔文祥 牛连杰等(404)
甜、糯玉米适采期的确定及采后保鲜技术研究	陈永欣 翟广谦 田福海等(409)

一、中国跨世纪农业的特点与对策

植物生理学与 21 世纪的农业

沈允钢

(中国科学院上海植物生理研究所, 上海 200032)

提 要 在 21 世纪里, 为保证社会和经济的可持续发展, 大幅度改善农业生产是重要的环节。种植业是农业的基础, 因此, 植物生理学将大有用武之地。植物生理研究将对农业生产的两大方面的发展起重要作用: 一为深入了解植物生长发育规律与机理, 挖掘各种增产潜力; 二为研究植物代谢及其调控途径, 改善农产品质量及提高其利用率。

关键词 植物生理学 农业 生长发育 代谢 光能利用

即将来临的 21 世纪是一个科学与技术对人们的生产与生活发生全面和深刻影响的时代, 其主要特点之一是着重解决如何从各个方面来保证社会和经济的可持续发展。这是 20 世纪人类活动所引起的最普遍和最严重的问题。

从人类历史上看, 近几十年来世界的变化可以说是最快的。科学技术的进步给人们带来了空前的物质文明, 然而也导致了走向绝路的危险。这主要是前一阶段的发展主要是依靠无节制地动用大自然遗产来支持的。这包括大量开采利用矿产资源、滥伐森林和破坏生态环境。因而到了即将跨越世纪的时候, 人们在赞美自己成就的同时不得不惊呼世界正面临着人口、食物、能源、资源和环境等危机, 担心这世界的繁荣正在陷入难以为继的困境。于是把如何使社会和经济可持续发展道路的问题提上了最迫切的议事日程。

怎样能做到可持续发展是一个很复杂的问题, 需要全方位综合的努力, 其中, 大幅度改善当前的农业生产是非常重要的环节, 因为它和世界面临的一些危机都有密切的关系。人口问题最突出的困难是如何养活今后还将不断增长的人口, 也就是要保障人们生活必需品的供给, 其最基本的来源当然是农业。对于食物, 更责无旁贷地要依靠农业。因为在可见的将来, 人们还提不出其他可产生这么大量而适合人类需要的食物的替代途径。关于能源和资源, 人们在探讨多种新的解决办法, 但农业可提供巨大的可再生能源和资源则是既现实又具有十分诱人的前景的。至于环境恶化, 则它对农业的影响最普遍, 而当今这种方式的农业生产也存在严重污染环境。因此, 在进入 21 世纪的时候, 大幅度改善农业生产在社会和经济可持续发展中的重要性是非常突出的。这需要依靠科学技术使农业生产登上一个有助于解决世界面临的多种危机、并保证能继续繁荣的新台阶。

与改善农业生产有关的科学技术很多、范围很广, 但生命科学是基础, 因为农业是人

们利用生物机能来获得产品的生产活动。农业包括农、林、牧、副、渔等方面,其中种植业是根本。种植业是和植物打交道的,所以,植物生理学在发展 21 世纪农业中将大有用武之地。现试从两个方面作一些简要的分析。

1. 深入了解植物生长发育规律与机理,挖掘各种增产潜力

种植业包括作物、果树、森林、牧草、藻类和其他水生植物等的栽培管理,其种类还在不断扩展。它的性质为通过人们的努力使植物生长发育得更符合人类的要求,以便得到收获或供牲畜、鱼、禽等食用后得到更浓缩的农产品。它们的栽培管理方式很不一样,但都必须符合植物生长发育的规律,因而都需要植物生理工作者结合各种栽培的特点进行研究。从现有的发展趋势看,种植业大体可以分成三种类型:

1.1 适应农业

这是目前主要的形式,在 21 世纪中看来仍占主要地位。凡在自然的气候、土壤或水体中栽培植物的种植方式都属于这一类,其特点是尽可能使植物的生长发育适应当地的气候环境而获得较好的收获。人们采取的措施主要是选用合适的品种和种植方式,根据植物的生长情况加以施肥、灌溉和应用一些生长调节物质,使植物在当地的条件下得到尽可能高的收成。实际上,施肥、灌溉等措施也就是在改变环境条件,但总的来说,这类种植业主要还是靠调控植物来适应当地的气候和土壤等环境而得到产量的。要调控得好,需要各方面的努力,植物生理的研究无疑是重要基础。随着植物生长发育规律和机理的了解愈来愈深入,调控手段愈来愈完善,气象预报愈来愈精确,计算机技术愈来愈发达,可以预料在 21 世纪里,这类农业虽然还基本上是“靠天吃饭”,但人们可根据各方面的情况,及早计划好一年的种植进程,并随时监测其生长动态,如果与预定的有出入,则可及时加以微调,以便在特定条件下得到最优化的收获。

1.2 环控农业

随着科技进步和经济的发展,利用塑料棚、温室和地膜等栽培植物的方式在城市附近正在日益增加。它们的特点是在不同程度上调节自然环境使之适合植物生长的需要,其中较先进的已经能在一定范围内变动温度、湿度、 CO_2 浓度、营养液成分等,使植物的产量比露天栽培的高好几倍。目前,这类栽培的成本是相当高的,耗能和耗物比较多,难于更普遍地推广。要使它成本降低、耗能耗物减少、产量更高、品质更佳,尚需要各方面的努力,其中,植物生理的研究是非常重要的。因为必须在深入掌握植物生长发育需要的基础上,才能考虑以最节省的环控办法来做到较充分地发挥增产潜力,从而获得最佳效益。

1.3 非耕地农业

随着经济建设的发展,使我国原来就很有限的人均耕地急剧下降。这是非常令人担忧的事情。除了严格限制将耕地转作它用外,人们在想各种办法将各种非耕地转成耕地。但这并不是很简单的事情。草率处理不仅生产力很低,而且还会引起水土流失等严重后果。因而,各种形式的非耕地农业正在出现。这包括山坡草地栽培、鱼鳞坑植树、利用屋顶、墙面种植蔬菜等。在非耕地上种植物需要解决一系列困难,但最主要的问题是如何在这些情况下能保证植物生长发育所需要的条件,植物生理学不仅可明确植物完成这些生理过程的物质和环境要求,并且还可因地制宜地设计出各种新的种植方式。它将为农业利用各种

非耕地上的太阳能作出积极贡献。

2. 研究植物代谢及其调控途径,改善农产品质量及提高其利用率

随着经济发展和生活水平的提高,人们对农产品的质量要求也越来越多。这就需要植物生理工作者了解与质量有关的成分及其代谢调控途径供育种和栽培管理时参考。

目前植物生长过程中合成的有机物只有一部分被人们当作经济产量,其余的部分往往被浪费,甚至胡乱处理而污染环境。这是非常可惜和不应该的。植物生理工作者通过研究植物代谢及其调控途径,可以设法使它转化成经济产量的比重提高,或使通常不当作经济产量的部分含有较高的有用成分而提高这些部分的利用率。

在深入掌握有关成分代谢及调控的基础上,人们还正在发展通过大规模植物细胞培养来生产一些珍贵的有用物质。这样,植物生理研究更可能为植物产品的工业化生产开辟出新的生产方式。

可持续农业的若干问题

王天铎

(中国科学院上海植物生理研究所, 上海 200032)

1. 可持续性的基本原理

地球上的物质不生不灭,各元素除极少量放射性元素外,其量也是守恒的。太阳能会随着太阳中氢的耗竭而逐渐减弱、地壳里的各种经过地质年代富集起来的高浓度的物质会随着矿业开采加工制成产品,有些(如金属)在加工时还要进一步富集,其过程中消耗能量;以后随着用它们制造的器物磨损或腐蚀而重新稀释,以至难以再回收。

可持续性就资源消耗而论,就是各种资源稀释并向无用的状态转化(统称消耗)的缓慢程度。

环境污染是另一个类型的不可持续性,即有害物质进入农业系统,也因为其稀薄而难以转化或在经浓缩后去除,本文将不讨论这个问题。

2. 可持续性的时间尺度

农业需要多种资源,按其消耗的缓慢程度,可以分为下表中的各等级,其中石油、煤(天然气也一样)因为燃烧而转变为二氧化碳,铀转化为其他元素而失去能量,磷、钾矿则因开采而富集、转化,最后在作肥料施用稀释。

表 农业用主要资源持续时间略表

资 源	耗竭时间尺度(约数)	说 明
水	∞	
二氧化碳	∞	还在上升中
太阳能	10^9 年	逐步衰减,但极缓慢
风力	10^9 年	同 上
水力动能	10^9 年	同 上
石油	50 年	我国蕴藏较少,且多数处于海洋与沙漠区
煤	500 年	我国蕴藏较多
磷矿	50 年	我国蕴藏较少
钾矿	50 年	我国青海有大量蕴藏
铀矿	50 年	我国蕴藏量较少

3. 可持续性的相对性

可持续性与不可持续性之间有时是可以转化的,其差异是相对的;不同资源的情况也不同。

3.1 土壤及其中的营养成分

3.1.1 无机养分的循环及其破坏

在工业不发达的农业社会里,人口中的大多数为农民或居住在农村,大部分秸秆等农业废弃物和人畜的粪便都就地返回农田,城市因多数规模不大,粪便也被郊区的农民收集还田,因而无机养分中离开农业系统的比重很小,近代工业发达地区,大量人口流入城市,许多城市范围极大,市中心与农村的距离拉大,返回农田的量大幅度下降,返回部分也不会回到远离城市的农产区。

以秸秆还田,或作饲料用后过腹还田,或者通过沼气发酵,都可加强无机养分的循环,特别是其中的氮,可以避免在燃烧时丧失,但无论是秸秆、粪便或沼气发酵的残渣废水,无机养分浓度很低,按单位重量的养分计算,运输花工耗能很多。据 Pimental 计算,在美国的畜牧场,因为采用圈养方式,牛群集中,将粪便运到田里所用的燃料,比制造同样氮量的化肥所用燃料高出一倍。因此虽然收回了养分,却多花了不可更新的化石燃料。其终于实现还田,是由于环境保护的考虑(算总账时还要考虑有机物对土壤的有益作用和厩肥中所含的其他营养元素)。

3.1.2 水土流失造成的不可持续性

水土流失造成的养分损失有几方面:①土壤中可溶性物质流失,这只有下渗水流失时出现,数量很小,而且进入河流,下游地区可以在灌水时利用,即使流入海洋,从全局来说也并未损失;②表层土壤被侵蚀,连同其中的养分流失,但土壤颗粒在河流下游在引水灌溉时还可进入农田。例如,古代尼罗河下游平原的农田就靠尼罗河水带来的沃土维持起肥力,但是下游农田土壤中也有无机养分,因被新来土壤覆盖,在未经充分利用时就被压到下层,失去了被利用的机会,从总体上不如留在上游地面上利用更为充分。土壤侵蚀严重时,整个表土丧失殆尽,以致植被覆盖无法形成,或极为稀薄,下层母质(基岩)因无植物根的作用,风化变缓,虽然物质仍在,但对农业无用;③泥沙下泄,造成下游淤塞,决口频繁,损失巨大;下游为了防止决口,花大量人力物力修筑堤防,黄河是典型的例子。但是泥沙在河口形成陆地,增加农田;同时减少海洋面积。

3.1.3 海产中营养元素的回收

除少数内陆河流外,多数河流将汇集起来的营养元素送往大海,对陆地来说,是个损失,但是海产品又将其中的很多营养元素带回陆地上的居民消费。如果能将其中所含的养分以食品废弃物和粪便等形式返回农田,就可以形成良性循环,不致减少,除氮以外,土壤中所有其他无机营养元素的流失的最终方向都是大海,因而理论上只要能不断地从使海产消费后的废弃物和粪便,都可回归土壤,则生物圈中除氮以外的营养元素都不会减少。

3.2 燃料

在农业社会里,人类炊事与取暖所用的能源主要是秸秆和薪炭,以后学会了开采煤,近一个世纪又学会了开采石油和天然气,这大大提高了燃烧的方便与集中的程度,而且使

炼钢、航空等成为可能,但是化石燃料储量有限,如何节约使用和寻找替代物,是长期维持整个现代产业所必须考虑的。现代化农业虽然劳动的效率远比传统农业高,但是能耗也高得多,它是否能够持续,取决于能源供应与能量的使用效率。

化石燃料中的石油与天然气按重量或能量计算,储蓄远低于石油和天然气,特别是中国,这又使得节约用油与气比节约用煤更为迫切。但是近代农业机械中,由于大量田间作业需要用拖拉机或其它能移动的机械,用电的比例很低。

理论上沼气以秸秆、人畜粪便作原料,是一种可更新能源,但是原料与残渣的进出也要耗能,而且难以都用沼气驱动机器进行。

农业操作的能量消耗中,有些是不容易变化的,仅由于机械的改进而可以提高其效率;有一些是可以代替的,例如用化学除草代替中耕,可以大大节省能量消耗,但是带来环境污染。

灌溉用能,在用河水时或能够补给的浅层地下水,且用量不超过补给量时,其深度起伏不大,单位水量的能耗变化也不大。但是当抽提速度超过补给量而用深层地下水时,则随着水量的消耗和地下水水位的下降而能耗不断增加。华北有些地方深水井提水深度已经大大超过大气压力,因而除提水耗能与深度成正比增加外,抽水用泵也要多次升级,提水成本随地下水埋深的上升而升高。美国 Ogallala 储水层经数十年提水,埋深不断下降,提水成本也不断升高。科罗拉多地下水灌溉的圆盘式农田,20 余年前曾形成特殊景观,现已难以为继,这都是把农业生产建筑在耗用不可更新的水资源的灌溉系统上的教训。河北京汉铁路沿线高产农区地下水埋深以每年 0.8m~1.0m 的速度下降,泰安地下水位已达-150m,井深达-300m,如不改弦更张,成本势必继续上升,至无水可抽为止。

3.3 不同不可更新资源之间的相互替代

多种资源可以相互替代,有的是直接替代,虽然用途相同,效率却不相同。如用我国煤的储量远比石油丰富,但是燃煤远不及燃油方便,因而影响效率。多年前就有过用电动机拉犁耕地,既能用煤代替石油,又因省去了在田间行走的拖拉机而减少了拖拉机自重带来的能耗,还免除了拖拉机轮胎对土壤的碾压。但是因为操作不便,始终未能推广。城市废弃物回归土壤,提高了无机营养元素的周转,减少了化肥生产的能耗,却增加了运输中的能耗。

3.4 用不可更新资源来提高可更新资源的利用率

农作物有机物形成的两大基本原料水和二氧化碳都是可更新的,而制造农具的原料(铁和其他金属、塑料)等则是不可更新的,农业动力用能源除水力和风力外,大部分是不可更新的,从这个意义上说,整个农业都是以不可更新资源来提高可更新资源的利用率,要从根本上改变农业的不可持续性,就要从根本上改变这种状况,但是迫于人口压力和提高生活水平要求,一时难于做到。目前可以也应该立即着手的,是提高不可更新资源的利用效率,用可更新资源替代不可更新资源,以减少不可更新资源的消耗,逐步减少农业的不可更新性。

前面已经举了一些例子说明,要想将营养物质循环利用,必须投入能量,也就是为了使某些物质(在农业上主要是营养元素)持续地利用,造成化石燃料的不可更新地耗用,这两者之间的平衡,在农业上是根据价格来确定,但是目前价格的制订主要根据现在甚至过去的生产成本,从持续发展的角度,要把不可更新性因素加到价格中去。

4. 几种容易引起混淆的说法

(1)常听到的说法是把可更新水量与不可更新水量放在一起,而且不区别其单位。例如说“某地年降水量 100 亿 m^3 ,另有地下水 200 亿 m^3 。”但是年降水量是取之不尽用之不竭的;而地下水则是随着抽提而减少的,地下水中也有一部分是可回补的,但是其回补量除有进入本区的外来河流之外,也是降水量的一部分。就其单位而言,降水量的单位有时间因次“/年”,而地下水的单位则没有。两者单位不同,无法合并计算或加以比较。

与之相类似的说法是说某地区“地下水丰富”,实际上所谓丰富,深层水是地质年代积累起来的,随着抽提而减少;浅层水是降水和/或灌溉水补充形成的,在有灌水的情况下,如果引水量减少,或采用节水灌溉办法,就会减少。

这些说法都混淆了资源的存量与流通量,两者的单位不同,不能相加,但是两者又是可以相互转化的,如上述灌水可以转化为地下水的例子。

(2)发展林业可以减少大气中 CO_2 的增加。发展林业虽然可以将大气中的 CO_2 经树木同化后形成木材,但是木材的使用寿命是很短的,纸张的寿命视用途而定。报刊、办公包装用纸、学习用纸中,只有极小部分是长期保存的,其余都在一两年内作为废纸处理,燃烧或腐烂了。木质家具或房屋,虽然不是消耗品,但是千年的木质建筑是罕见的,这说明仍然不是永久性的固定。

但是用木材(薪炭)或其制品作燃料,如能代替煤炭或石油等化石燃料,也有减少 CO_2 释放的作用。从这个意义上说,薪炭林反而比作家具或建筑材料用的森林对减少大气 CO_2 浓度上升的作用更大。

(3)把土壤中某些元素目前含量较高,不需增施当成永恒的情况。例如,常说某种土壤某些元素含量丰富,不需要添加,这对短期内是对的。但是如果把它看作是该土壤的永恒特性,就不对了,特别是在商品农业生产中,农产品远销外地甚至外国,有去无回;加以大量施用氮肥或氮、磷、钾肥,大幅度提高了产量,同时也就加速了常量与微量元素的外流,从而使得原来不表现缺乏的营养元素也变得缺乏起来。

5. 黄河水资源利用中的可持续性问题

黄河水对缺水的华北平原是可贵的资源,但是要引水用于灌溉,要付出一些代价。自流灌溉不需要提水,因而不需要动能。但是泥沙沉积,占用农田;虽然淤积后仍可形成良好的农田,但是淤积过程中不能作农田,而且其上的房屋等永久性建筑也需重建,造成损失。至于冬春枯水季节又是引水的高峰季节,造成断流,影响海洋中某些动物的回游;如海营营养物质减少,影响海洋中藻类生长,间接影响海产,这是个资源合理配置的问题。

黄河带到下游的泥沙,本来是中游可贵的土壤,带到下游或海洋,虽然物质没有损失,但是总的说并不增加可用的养分(见前)。对中游黄土高原,因为土层深厚,表面看来,失去的只是有机物,因而土质变劣,无机养分并不明显降低。但从长远考虑,黄土层虽厚,是有限的,总有一天露出底岩,那时候又要等待岩石的缓慢风化,所以从长远考虑,防止水土流失是必要的,但是作为眼下推动水土保持的动力,还是保持已经形成的良好农田土壤的得