

以沼气为纽带的 生态循环农业技术读本

YIZHAOQIWEINIUDAIDESHENGTAIXUNHUANNONGYEJISHUDUBEN

宁夏农村能源工作站 / 编

以沼气为纽带的生态循环农业技术读本

宁夏农村能源工作站 / 编



黄河出版传媒集团
阳光出版社



黄河出版传媒集团
阳光出版社

编委会

主 编
贾向峰

编写人员 (按姓氏笔画排序)

马京军	王 岚	王宏雷	申立志	黄 岩
杜永红	李 敬	李 鹏	杨 巍	杨国平
杨国清	吴彩琴	何海霞	张 枫	赵更生
高 莉	黄 岩	曹 磊		

以沼气为纽带的生态循环农业技术读本

YIZHAOQIWEINIUDAIDE
SHENGTAIXUNHUANNONGYE
JISHUDUBEN



微书店



淘宝书店

责任编辑
冯中鹏

装帧设计



舞文·弄墨 / 晨 皓

ISBN 978-7-5525-3342-2



定价 RMB 35.00元

以沼气为纽带的 生态循环农业技术读本

YIZHAOQIWEINIUDAI DESHENGTAIXUNHUANNONGYEJISHUDUBEN

宁夏农村能源工作站 / 编



黄河出版传媒集团
阳光出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

以沼气为纽带的生态循环农业技术读本 / 宁夏农村
能源工作站编. -- 银川 : 阳光出版社, 2016.12
ISBN 978-7-5525-3342-2

I. ①以... II. ①宁... III. ①沼气利用 - 生态农业 -
农业技术 - 普及读物 IV. ①S216.4-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第316486号

以沼气为纽带的生态循环农业技术读本

宁夏农村能源工作站 编

责任编辑 冯中鹏

封面设计 晨 皓

责任印制 岳建宁



黄河出版传媒集团

阳光出版社

出版发行

出 版 人 王杨宝

地 址 宁夏银川市北京东路139号出版大厦 (750001)

网 址 <http://www.yrpubm.com>

网上书店 <http://www.hh-book.com>

电子信箱 yangguang@yrpubm.com

邮购电话 0951-5014139

经 销 全国新华书店

印刷装订 宁夏凤鸣彩印广告有限公司

印刷委托书号 (宁) 0003642

开 本 880mm × 1230mm 1/32

印 张 6.75

字 数 180千字

版 次 2016年12月第1版

印 次 2016年12月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5525-3342-2

定 价 35.00元

版权所有 翻印必究

前言

以畜禽粪便、秸秆等农业废弃物为原料,发酵产生的沼气可供炊事、供热、发电、增温等生活生产使用,沼气提纯为生物天然气后,还可为机动车加气、进入城乡燃气供应管网供气。沼液沼渣初加工或深加工后可作为优质肥料,形成“养殖—沼气—种植”等三位一体的循环模式。发展生态循环农业,是推动循环经济发展、转变农业增长方式、改善和保护生态环境、构筑人与自然和谐发展、推进现代农业和新农村建设的重要途径。

近年来,各地高度重视农村能源与生态循环农业工作,把农业资源综合循环利用与能源生态建设放在落实绿色发展理念、加快美丽中国建设的战略高度,不断加大工作力度,以农业可持续发展为目标,以沼气为纽带,围绕农牧结合、种养融合,以废弃物资源化、生产清洁化为主要内容,把种植业、养殖业和加工业等紧密结合起来。通过沼气发酵来处理农业废弃物、城乡生活废弃物,大力推进“一控二减三基本”,治理农业面源污染,构建生态循环农业新模式。这对有效防治环境污染、改良土壤提升地力、提高农产品产量和质量、实现农业提质增效和保障农产品质量安全起到了重要作用。涌现出一批农业废弃物变废为宝、转化增值,企业得利润、农业得效益、农民得利益、生态环境得改善的多赢目标典型。围绕“谁是核心主体”“农民怎么参与”“商业模式如何形成”等问题,通过政策资金引导,充分调动和发挥龙头企业等的主体核心作用,构建新型经营主体带动、农民广泛参与的有效利益联结

机制。通过“企业+合作社+农户”等组织形式,紧密连接养殖园区、规模化沼气工程、种植基地;推进养殖企业与沼气工程及沼肥加工企业联合,发挥不同市场主体所长,加强相关部门相互协调、同向协作,打造运行顺畅、利益联结的运行机制,初步形成了企业带动、多主体联合、园区支撑等有效推进机制。

2015年以来,在农业部的大力支持下,宁夏农村能源工作站开展了大中型沼气工程四位一体示范建设、沼气转型升级、沼气五位一体智慧农业试点示范,探索集粪污处理、沼气生产、集中供气、沼肥生产利用为重点的生态示范园模式,将大中型沼气池、畜舍、蔬菜大棚、温度控制系统、智能控制系统有效结合,探索以沼气为纽带的种养循环利用系统和沼肥循环农业发展模式。2016年,以沼肥为纽带的“生态循环农业综合技术推广”,列为全区20项重大农业实用技术推广项目,在8个市(县、区)及农垦系统建立100~500亩的示范点20个,推广沼肥综合技术和生物防病技术,辐射带动全区推广使用。在项目实施中,参阅研究了国内同行大量的研究成果,对近几年我区相关的试验示范推广成果进行了初步梳理总结,编写了该《技术读本》,以期为宣传培训和今后更大范围的推广起到抛砖引玉的作用。

由于水平和时间所限,尽管征求了相关专家和一线工作人员的意见,并在一定范围内进行了讨论,但难免有疏漏和不当,敬请读者和同行批评指正。在此,特别对书中引用文献资料的作者表示衷心感谢!同时,个别引用文献资料中,还没有查到作者姓名等信息,在此表示深切的歉意!

编者

2016年11月

目 录

CONTENTS

第一章 当前我国面临的农业资源环境和可持续发展问题 / 001

- 一、耕地和水资源短缺 / 002
- 二、耕地土壤基础地力下降 / 005
- 三、农业面源污染日益突出 / 008
- 四、农业生态系统恶化 / 017
- 五、自然灾害频繁 / 020

第二章 生态循环农业的原理内涵特点及技术支撑 / 024

- 一、农业生态系统 / 024
- 二、生态循环农业的原理和理念 / 027
- 三、生态循环农业的内涵 / 029
- 四、生态循环农业的基本特征 / 030
- 五、生态循环农业的特点 / 030
- 六、生态循环农业的技术支撑 / 032
- 七、生态循环农业与有机农业、传统农业 / 035
- 八、生态循环农业的探索实践 / 036

第三章 沼气工程产品应用及沼肥的应用效果 / 040

一、我国沼气发展概况 / 040

二、沼气的定义和原料 / 042

三、沼气工程的主要产品 / 044

四、生产沼气的基本原理和基本条件 / 050

五、生产沼气的基本工艺流程 / 053

六、沼气产品的综合利用 / 054

七、沼肥在农业生产中应用效果试验 / 064

八、沼肥在改善土壤和浸种等方面的效果试验 / 080

第四章 以沼气为纽带的生态循环农业模式 / 095

一、种养结合模式 / 095

二、种养加功能复合模式 / 098

三、温室大棚综合利用模式 / 100

四、南方“三位一体”生态农业模式 / 106

五、生态农场模式 / 109

六、休闲观光型发展模式 / 113

七、三级循环模式 / 115

八、一控二减三基本模式 / 123

九、农业废弃物利用模式 / 126

十、水田生态种养模式 / 130

十一、北方“四位一体”及农村庭院生态农业模式 / 132

十二、西北“五配套”生态农业模式 / 136

十三、实施和创新模式的主体 / 138

第五章 宁夏的推广应用 / 143

一、沼液复合微生物肥的研发生产 / 145

二、规模化沼气工程沼肥生产 / 149

三、沼肥应用的试验研究 / 155

四、沼肥有机肥的推广应用 / 172

附录 1 / 184

附录 2 / 192

参考文献 / 206

第一章 当前我国面临的农业资源环境和可持续发展问题

我国人多地少水缺,人均耕地面积和淡水资源分别仅占世界平均水平的 $\frac{1}{3}$ 和 $\frac{1}{4}$,用世界 10%的耕地和 6%左右的淡水资源,生产出了全球 $\frac{1}{4}$ 的粮食,养活了世界 $\frac{1}{5}$ 的人口^[1]。在取得巨大成就的同时,也付出了巨大代价,带来了许多问题。很大程度上,我国农业所取得的巨大成就实际上是以大量地依赖资源的高强度开发和牺牲生态环境为代价。一方面,农业资源长期透支,复种指数高,四海无闲田,资源利用的弦绷得越来越紧;另一方面,农业面源污染加重,农业生态系统亮起了红灯。资源和环境已经成为农业发展的两个紧箍咒。农业保供给、保收入、保安全、保生态的压力越来越大,尤其是近年来农业资源和环境问题日益尖锐,农业可持续发展受到极大的制约。

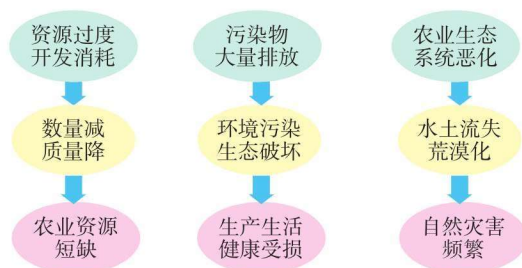


图 1-1 农业资源环境和可持续发展面临的问题

一、耕地和水资源短缺

(一)耕地资源短缺

我国是世界上人口最多的国家。《2015 中国国土资源公报》显示,截至 2015 年末,全国耕地面积为 20.25 亿亩。基本特点是“一多三少”,即耕地总量多、人均耕地少、高质量耕地少、可开发的后备耕地资源少。目前,全国人均耕地 1.5 亩左右。而且,现有耕地中,中低产田比例高,耕地单产水平比发达国家低 30%左右。耕地后备资源总量中,可开发土地只有 1.2 亿亩左右。随着国家经济发展、城镇化进程加快、西部生态建设与退耕等速度加快,大量的耕地被占用,大量土地被粗放利用,甚至浪费,耕地数量继续减少的压力仍然很大。国家虽然提出了严格的耕地保护制度和耕地总量动态平衡制度,但全国每年耕地面积还是减少 40~46.7 万 hm^2 ,未来耕地面积减少将是一种不可避免的趋势,18 亿亩耕地红线和把饭碗牢牢端在自己的手上面临最为严峻的考验。

以宁夏为例,根据 2014 年底《宁夏回族自治区土地利用变更调查报告》,宁夏农用地面积 381.78 万 hm^2 ,占全区土地总面积的 73.50%;建设用地 30.53 万 hm^2 ,占全区总面积的 5.88%;未利用地 107.15 hm^2 ,占全区总面积的 20.63%。2014 年,全区耕地总面积 129.01 万 hm^2 ,占土地总面积的 24.84%,占农用地总面积的 33.79%。人均耕地近 0.2 hm^2 ,居全国第 4 位。耕地资源中,灌溉水田面积 18.81 万 hm^2 ,占总耕地面积的 14.57%;水浇地面积 32.03 万 hm^2 ,占总耕地面积的 24.83%;旱地面积 78.17 万 hm^2 ,占总耕地面积的 60.60%。全区耕地主要是无灌溉设施、靠天吃饭的旱地,灌溉水田和水浇地主要靠黄河自流灌溉和引扬黄(河)灌溉,比例

较小。在宁夏未利用地面积 107.15 hm^2 中,水域面积 6.49 万 hm^2 , 占未利用地面积的 6.05%,荒草地 60.22 万 hm^2 ,占未利用地面积的 56.20%,盐碱地 3.49 万 hm^2 ,占未利用地面积的 3.26%,沼泽地 0.81 万 hm^2 ,占未利用地面积的 0.76%,沙地 11.61 万 hm^2 ,占未利用地面积的 10.83%,裸露地 24.54 万 hm^2 ,占未利用地面积的 22.90%。虽是全国 8 个土地后备资源超过千万亩的省区之一,但开发难度大、投入高。随着工业化、城镇化进程的推进,建设用地和农业用地矛盾加大,全区每年新增建设用地占用耕地约 0.66 万 hm^2 ,占补平衡补充耕地的质量不高,补充耕地 50% 以上面积较之占用耕地的质量低 2~3 个等级。加之局部地区耕地质量下降,次生盐渍化加重、耕作层变浅等问题凸显,确保粮食稳产增产与资源约束的矛盾日益突出。

(二) 水资源短缺

我国水资源的短缺相比耕地问题更为突出。人均水资源(总量)占有量约为 2100 m^3 ,不足世界平均占有量的 1/3,每公顷耕地平均占有水资源量为 2.16 万 m^3 ,约为世界平均水平的 1/2,且北方水资源分布极不平衡,使本来有限的水资源很难被充分高效利用。许多地方农业发展过度依赖地下水,华北平原每年农业用水约占地下水开采量的 70%。华北、西北等地区缺水状况将进一步加剧,预计 2010—2030 年我国西部地区缺水量约为 200 亿 m^3 。加上农业灌溉技术落后,输水渠道大部分是土渠,工程老化失修和配套设施不全,近 50% 的灌溉水量在输水过程中因渗漏等而损失,使我国农业用水的有效利用率仅为 40% 左右,远低于欧洲等发达国家 70%~80% 的水平。20 世纪 80 年代我国水资源缺口为 400 亿 m^3 ,到现在已接近 500 亿 m^3 ,其中

北方地区的缺水量占全国总缺水量的 2/3。部分省区地表水开发利用强度已到极限,华北平原由于地表水不足导致地下水超采严重,使大面积地下水水位下降,许多地方出现地下漏斗;沿海地区发生海水入侵、地下水咸化等。干旱缺水已成为制约我国农业和农村经济发展的主要因素。

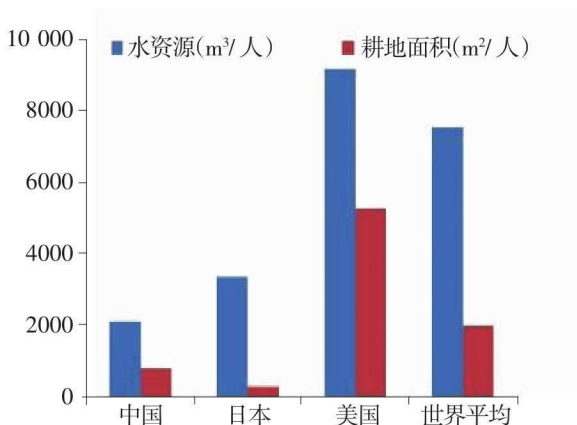


图 1-2 我国与日本、美国及世界人均耕地和水资源对比图

仍以宁夏为例,宁夏地处西北内陆干旱地区,降雨少、蒸发强,水资源匮乏,且分布极不均衡。2010—2014 年,全区年平均降水量为 320 mm,年径流 15.44 mm,地表水资源 7.99 亿 m^3 ,地下水资源 21.87 亿 m^3 ,扣除地表水与地下水的重复计算量 19.81 亿 m^3 ,水资源总量仅为 10.05 亿 m^3 ,人均水资源量不足全国平均水平的 1/3。而且地区分布极不均匀,南少北多。全区降水量南多北少,南部山区年平均降水 400 mm,引黄灌区年平均降水不足 160 mm;蒸发量南低北高,南部山区年平均蒸发量在 1500 mm 以下,引黄灌区年平均蒸发量超过 2500 mm;在时间分配上呈现明显的雨热同期,夏秋多、冬春少,雨季多集中在 6~9

月。南部山区面积占全区的 50% 以上,耕地占 70% 以上,人口约占全区的 40%,却是宁夏水资源最紧缺的地区。北部平原区因黄河过境,灌溉条件较好,水资源相对丰富。全区地表水资源最少,仅为 7.99 亿 m^3 ,只有全国平均值的 6%;年平均降水量低,且水资源总量和人均水资源均有减少的趋势;降水的利用率和生产效率不高。宁夏天然降水的利用率平均不到 35%,降水生产效率只有 $1.5 \sim 4.0 \text{ kg/km}^2 \cdot \text{mm}$ 。农田灌溉用水浪费严重,有效利用系数为 0.48。随着黄河来水的减少,国家分配我区可耗用黄河水量已由“87 分水方案”的 40 亿 m^3 减少到 35 亿 m^3 ,缺水形势日益严峻。

二、耕地土壤基础地力下降

基础地力是指不施肥时,农田靠本身肥力可获取产量的能力。优质耕地土壤是长期发育或多年培育的结果,通常土层深厚,富含有机质,水氧气热协调,保水保肥、耐旱耐涝、高产稳产,基础地力高。20 世纪 80 年代之前,限制我国耕地土壤生产能力的主要问题是土壤氮磷养分不足,随着多年来化肥投入量和作物产量的持续增长,耕地土壤氮磷养分供应状况虽有较大改进,但基础地力低却没有得到根本改善,已经逐步成为我国目前耕地土壤质量的主要问题。

土壤退化、基础地力下降,是自然因素和人为因素共同作用的结果。自然因素包括破坏性自然灾害和气候、母质、地形等异常的成土因素,是引起土壤侵蚀、沙化、盐化、酸化等自然退化过程的基础原因。人为因素是加剧土壤(地)退化的根本原因,如人为因素引起的“温室效应”,导致气候变暖和由此产生的全球

性变化,造成严重的土地退化。砍伐森林、过度放牧、不合理农业耕作等都是人为因素。土壤的退化,表现为有机质含量下降,营养元素短缺,土壤结构破坏,土层变薄,土壤板结,从而导致生产力下降。据有关实验与调查显示,我国各主要农区广泛存在的不合理耕作、过度种植、农用化学品的大量投入和排灌沟渠设施老化,已经导致农田土壤普遍性的耕层变浅,养分非均衡化严重,土壤板结,土壤生物性状退化,土壤酸化、盐渍化增加,防旱排涝能力差,耕地土壤基础地力不断下降。长期以来的掠夺性经营,广种薄收,重用轻养,土壤有机质得不到应有的补充,导致土地肥力衰退,土壤理化性状态变劣,土地肥力下降。我国各主要农区,由于长期使用浅耕机械,同时不重视科学施用有机肥料,农田活土层已明显变浅,作物根系难以下扎。全国土壤主要污染物超标率为 16.1%,镉、汞、砷等重金属不断向农产品产地环境渗透^[2]。氮磷肥料严重超量使用,化肥中氮肥、钾肥的利用率为 30%~50%,磷肥的利用率仅为 10%~20%。因养分供应失衡,作物病虫害严重,农田农药用量大幅度增加,导致我国生产条件最好的部分耕地土壤盐害、酸化严重、结构破坏、农药残留、土壤污染问题十分突出,土壤生物性状、健康功能严重衰退,生产性能大幅度下降。自 20 世纪 80 年代农村耕地从集体大面积经营转化为一家一户的经营方式,耕地管理单元变小,农民户均经营面积不足 10 亩,仅为欧盟的 1/40、美国的 1/400、日本韩国的 1/3~1/2^[2],使用权变更比较频繁,对农田基本建设有所忽视,许多地区农田沟渠失修。由于农田沟渠老化,难以有效进行农田的防旱排涝。不合理灌溉使地下水位上升,含水层进一步升高,使矿物和盐分浓集在地面附近,造成约 20%的耕地存在不

同程度的盐渍化或次生盐渍化,土壤物化性能变坏,从而妨害作物的生长。由于耕地基础地力下降,保水保肥性能、耐水耐肥性能差,对干旱、养分不均衡更敏感,对农田管理技术水平更苛求,因此土壤更加“吃肥、吃工、吃水”,增加产量或维持高产,主要靠大量使用化肥、农药、农膜和灌溉用水。

优势特色作物主产区连年种植,出现了连作障碍和土壤病虫害,也导致土壤地力和作物品质下降。重金属不能为土壤微生物分解,而且可为微生物富集。因此土壤一旦被重金属污染,难于彻底消除,会对土壤形成长时间的威胁或破坏。

宁夏地处西部干旱带,被黄土高原和腾格里沙漠及毛乌素沙地所包围,除河套引黄灌区外,绝大部分土地为沙漠、荒滩和干旱少雨的山地,干旱多风,土壤保水保肥能力差,土地产出能力低。现有耕地中,灌溉耕地仅占 39%,靠天吃饭的旱地占 61%,中低产田面积比重高。宁夏土壤分为 10 个土纲、17 个土类、37 个亚类、75 个土属,其中自南向北水平地带性土壤分布着雨养农业区的黑垆土和黄绵土、中部干旱带的风沙土和灰漠土、扬黄灌区的灰钙土、银南灌区的灌龄土、银北灌区的盐碱土,垂直地带性土壤主要有分布于贺兰山的亚高山草甸土和粗骨土以及分布于六盘山的灰褐土。肥力较高的灌淤土和黑垆土仅占 11.7%。

南部山区现有耕地主要土壤类型是黑垆土和黄绵土。黑垆土保肥能力较强,但水土流失较为严重;黄绵土水土流失严重,有机质含量低。分布于六盘山等山地的灰褐土一般土层较薄,少量的红黏土质地黏重、耕性不良。中部干旱区主要土壤类型是风沙土和新积土,其中风沙土颗粒松散、无结构,有机质和速效养分含量很低,极易风蚀;新积土是没有或很少经过生物作用