

# 窝铺山区生态农业试验区水土资源 开发利用和保护研究

骆洪义 王绍江\* 白谦河\* 李永昌 刘长俭\*\* 孟繁金\*\*

(山东农业大学·泰安·271018)

**摘 要** 由于山区生态农业建设存在着水分短缺、土壤贫瘠与水土流失等几大不利因素,研究水土资源的开发利用就成了山区生态农业建设的重要内容。作者分析了窝铺山区水土资源利用与水土流失问题,认为必须尊重和爱护自然,合理利用,开发水土资源,建立新的生态平衡关系。对环境应养与用兼顾;对自然资源应合理索取与注意补偿,防止浪费;对待能量要有有用有投。在试验区的开发利用过程中,根据生态经济学原理,结合当地自然条件与生产特性,融水土资源的保护、开发和利用为一体,为生态农业的发展起到了良好的示范作用。

**关键词** 生态农业 水土资源 治理措施 效益

## Exploitation and Utilization as well as Protection of Soil and Water Resources in Eco-agricultural Experimental Areas of Wopu Mountain

Lou Hongyi Wang Shaojiang Bai Qianhe Li Yongchang Liu Changjian Meng Fanjin

(Shandong Agricultural University, Taian, 271018)

**Abstract** Because of some unbeneficial factors, such as water shortage, soil barren, soil and water loss, etc., in constructing eco-agriculture of mountains, study on exploitation and utilization of soil and water resources has been becoming the important content for constructing mountains' agriculture of Wopu. By analysing utilization of soil and water resources and problems of soil and water loss, it was suggested that we must obey and protect nature, utilize and exploit soil and water resources rationally; establish a new ecological balance; protect and utilize resources, at the same time; exploit resources rationally and compensate it for a loss; prevent waste of resources; treat energy in investment-utilization. The protection and exploitation as well as utilization of soil and water resources were mixed as a whole during the experimental exploitation and utilization according to eco-economic principle and local physical condition and productive features, which play a great exemplary role for developing eco-agriculture.

**Key words** eco-agriculture soil and water resources control measurements benefits

生态农业是对传统农业进行改革的重大举措。在山区进行农业开发,一方面水分短缺,土壤瘠薄;另一方面,水土资源的不合理利用,将会造成水土流失。水土流失是生态系统中一种无益的物质和能量输出,当这种输出达到一定程度时,就会破坏生态平衡。因此,在山区进行生态农业建设,水分短缺,土壤瘠薄与水土流失几乎同时成为制约生态农业发展的主要因素,水土资源的合理开发利用便成为山区生态农业建设的重要内容。

柳埠镇是一个山区镇,同样存在上面的水利与土地问题,为此,在本项目的实施过程中,我们根据生态学原理,进行了大规模的水利工程建设及土壤培肥,整修地堰、修建水土保持工程等为主要措施的土地建设。针对当前生态农业建设中普遍存在的忽视土壤肥力问题的弊端,开展了土壤培肥途径,节水灌溉,养分动态平衡分析,土壤能量动态平衡分析及土地评价等研究项目,融水土资源的开发、利用和保护为一体,使试验区各项水利、水保设施布局 and 土地利用科学化、规范化、系统化,以获得最高的经济、生态和社会效益,为类似地区的生态农业建设探索一点经验。

## 1 水土保持与土地建设在山区生态农业中的地位与作用

土地由地貌、土壤、植被、水文地质、气候等因素组成的自然综合体。它是人类生活和劳动的空间场所,也是工农业生产的基本生产资料。在这个自然综合体中,土壤肥力的高低,成为影响土地利用稳定性的关键因素,如土层厚度、土壤养分含量高低等,因此,培肥地力、改善生产条件成为提高土地质量的重要措施。

农业生态系统是一个开放系统,在这个生态系统中,土壤具有特殊的作用,首先在于,我们一切农事操作和先进科学技术的运用,必须以土壤适宜作为前提条件。建设生态农业的目的就是要使这个系统内的各个因素协调,以期获得较大的经济效益和社会效益,也就是说,在获得较高产出的同时要保护地力。如果我们仅仅注重从土壤中有较多的获得,而忽视土壤的培肥,从生态系统与土壤是一个活的有机体的观点来看,整个农业生态系统的抗逆性能会变得越来越低,进而危及该生态系统的稳定性。对山区来说,土地建设的内容除了土壤肥力的保持与提高,水土保持也是维持农业生态系统平衡的重要内容。

柳埠镇窝铺山区生态农业试验点位于泰山北麓,具有较为典型的山区农业生态系统的特点,如土层较薄,水土流失较为严重,土壤侵蚀模数为  $1\ 720\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。部分山体中上部为裸岩或稀疏灌丛等,水土保持能力差,生态环境有恶化的趋势。农田中,水利设施不配套,地堰年久失修,破坏严重,水保工程不健全等,因此,在生态农业的建设过程中,如果不首先从保持水土、培肥地力入手,将会有事倍功半的结局。

在山区,干旱是制约农业生产的关键因素。试验区内原有水浇地只占农田面积的 36%,果园水浇面积只占果园面积的 25%,位于山体中上部的农作物和果树大多数得不到灌溉,粮食和果品产量低而不稳。试验区内部分群众的生活用水十分不便,有的需到离村较远的低洼水源地担水,误工误时,遇到干旱年更加困难,直接影响农村商品经济的发展。农业用水一方面缺水,另一方面浪费也很大。原有水利设施老化失修、不配套,未能发挥应用的效益。若不对水资源进行人工调节,解决时空分配不均这个问题,势必导致整个生态系统的严重不平衡,影响其它行业的发展。

## 2 水土资源状况

窝铺山区生态农业试验区(以下简称试验区),包括周家峪、三岔、岱庵庵和岳阳 4 个行政村,

其中周家峪、三岔、岱密庵属花岗片麻岩区,岳阳村为石灰岩区。两区自然条件有较大差异,本文在叙述时,前者称砂石山区,后者称青石山区。

## 2.1 水资源

试验区水的主要补给源是大气降水。由于受泰山山脉和季风的影响,降水量较北部偏多,且年际变化大,季节分配不均的特点。多年平均降水量 796mm,多年最大降水量 1 445mm,最小降水量 313mm,汛期 6~9 月份降水占全年的 71%。

砂石山区多年平均径流深 250mm,年径流总量 287.5 万  $\text{m}^3$ ,年径流系数为 0.31,正常年份河道基本不断流,可开发利用。青石山区多年平均径流深 170mm,年径流总量 37.5 万  $\text{m}^3$ ,年径流系数为 0.21,无干流河道,雨后干枯,河川径流难利用。由于降雨时空分配不均,农作物用水需进行人工调节。砂石山区主要水源为地表径流,无深层地下水,其沟道工程拦蓄能力为 9.0 万  $\text{m}^3$ ,如考虑年内多次蓄水调节作用,每年拦蓄利用 17 万  $\text{m}^3$ ;河道提水灌溉每年可利用 7.2 万  $\text{m}^3$ ,其它方式利用 3.1 万  $\text{m}^3$ ,总计利用 27.3 万  $\text{m}^3$ ,占径流量的 8.4%。青石山区岩石裂隙发育,地表水少且不易贮存,主要水源有途经该地南侧的河川径流(客水)和地下层间岩溶裂隙承压水。

## 2.2 土资源

砂石山区中上部为棕壤性土(群众称马牙砂、粗砂土)。该类土壤剖面发育不完全,无心土层,呈微酸性,土层一般小于 30cm,含有大量粗砂和砾石,结构差,水土流失严重,耕作困难,适宜发展林、牧业。中下部为棕壤(群众称红粘土、黄粘土),土体发育较完全,土层较厚,心土有沉积粘化层,持水力强,质地较粘重,通透性较差。

青石山区中上部是由石灰岩母质形成的一种薄层褐土性土,呈中性至微碱性反应,土体发育不完全,无心土层,土层浅薄,且夹有大量砾石,宜发展林、牧业。中下部为褐土,土层较厚,土体发育完全,保肥保水,熟化程度高,耕性较好。

存在的主要问题:土壤养分低而不协调,普遍缺磷;土壤耕层浅,阻碍作物根系下扎;土壤流失严重,恶化了生态环境;土地利用结构不合理,尚有大片土地荒芜,经济效益低。

## 2.3 水土流失状况

砂石山区岩石易风化,地面坡度陡,水流汇集快且动能大,致使水土流失严重,土壤侵蚀模数 1 720 $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ,水土流失的主要形式有面蚀、地堰倒塌,局部坡陡处有滑坡现象,坡脚风化物堆积地有沟蚀发生。分散的细小水流搬运较小的细土粒,使土壤砂砾含量越来越大。砂石山区坡地土层大多比青石山区厚,植被较易恢复,但库、塘、河床淤积严重,土壤保肥能力低。

青石山区地表径流小,物理风化不显著,土壤侵蚀速度相对较低,侵蚀模数在 800~1 200 $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 之间,水土流失的主要形式有面蚀、地堰倒塌。山顶多数已砂砾化或裸岩化,立地条件变得十分恶劣;山中上部坡地土层薄,开发利用有一定难度。

多年来,当地人民群众发扬自力更生,艰苦奋斗的精神,大搞农田基本建设,兴建了许多水利水保工程,取得了一定成效,但由于各方面原因,尚有 3.2 $\text{km}^2$ 水土流失面积未治理,环境面貌没有根本改变。3 年期间,通过采取水土保持措施,基本上形成了坡地、农田、沟道三层防护体系,为生态农业建设奠定了良好的基础。

# 3 水土治理与土地建设的基本措施

## 3.1 治理的理论依据

生态农业就是以生态学原理为指导,在一定区域内,按照生态规律和经济规律指导农业生

产,不断提高太阳能的利用率,生物能的转化率和废弃物的循环率,使农业系统内的物质和能量到反复多层次的综合利用,以求得经济效益、生态效益和社会效益协调统一的良性循环农业。生态系统是水、土、光、热等无机环境和生物群落的有机组合。作为基本因素水和土,遇到非正常丧失或遭受破坏时,必然会影响系统内原有的协调稳定关系,即水土流失会破坏生态系统的平衡;反之,在水土流失地区实施保持水土的措施,重新调整水、土的状况,合理保护、开发和利用水土资源,就可以建立新的生态平衡关系,确保农业生产高产、稳定、优质、低耗。

在开发利用水土资源,发展生产过程中,必须尊重自然,爱护自然——对待环境,要养、用兼顾;对待自然资源,要合理索取,注意补偿,防止浪费;对待能量,要有用有投。我们在实验区进行水土资源开发利用过程中,根据生态经济学原理,结合当地自然条件和生产特性,融水土资源的保护、开发和利用为一体,为生态经济复合系统的建设奠定良好的基础。工作中,以建设水利工程为骨干,加上水土保持系统,使水利工作由过去为田间农作物服务,扩大到农、林、牧、副全面发展,为净化、绿化、美化环境服务;调节控制水的范围由平面扩大到立体,由单纯调节控制水分,扩大到能调节控制水土。这样可大大改善试验区的生产条件和生态环境,促进生态农业的发展。

### 3.2 主要的治理措施

**3.2.1 田间技术措施** 农田是以作物种植为中心的能量转换和物质循环的特殊生态系统,除受自然环境诸多因素的影响外,还受人工控制调节的影响。按照能量守恒定律,要想从土地多索取能量(产品),就必须向土地多输入能量,以保持土地输出和输入能量的相对平衡。我们通过采取田间工程、地膜覆盖等措施增加农业投入,并推广立体种植方式。

**田间工程:**对原有梯田修边垒堰,平田整地,堰埂坡顶种植密生草条花,建成标准较高的基本农田。梯田边埂能拦蓄设计频率暴雨,超标准暴雨经排水沟、溢水口排出田面,无灌溉条件的每隔20~30m加筑一道横栏,其高度略低于边埂,使小区域内田面基本平整。

**地膜覆盖:**对缺水区域种植的果树或经济作物采取地膜覆盖措施,达到提高地温,保持土壤水分,增加作物产量的目的。

**立体种植:**为充分发挥山区农田的空间差、光照充足和空气流通等自然地理优势,根据生态位原理,推广间、套、混为主要形式的种植方式,以增加地表植被覆盖率,获得较大的效益。周家峪村实行葡萄间种西瓜、花生、芝麻、豆类等,年亩收入达1500~2000元。

**3.2.2 林草措施** 我们根据生态学中关于物种共生互惠的原理,采取乔、灌、草结合,集中连片与见缝插针结合,一年生与多年生结合,栽植乔、灌、草混交的水保林,果粮间作的经济林,护坡林、用材林等,形成带、网、片相结合的林草防护体系,达到保持水土,涵养水源,改善局部小气候,美化环境的目的。

在山岭薄地、沟头、沟岸等营造水土保持林,主要树种有刺槐、松柏、花椒。为保护林木生长,尽快形成完好的森林环境,治理期间划出封山区4180亩,并分片修建了护林房,配备了护林员。

新建果园多在防护林下,坡度较缓的地带,通过挖大穴、搬客土栽植各种名、优、稀、特品种果树。新植果树29600株,主要有苹果、桃、李子、杏、板栗、软枣等。为保持水土,果树沿等高线布置,植点互错,并与灌木、经济作物间作。

在地势平缓,土层较深厚,水热条件较好的路旁、渠旁、河旁、庭院四周及其它闲散土地,栽植速生丰产林6200株,以增加木材产量,缓和民用木材短缺的状况。

#### 3.2.3 工程措施

##### ①蓄水保土工程

坡面工程:采取改变微地形,提高土壤的蓄水保土能力,使雨水就地蓄渗,就地利用。3年期间新建水平梯田 120 亩,改建梯田 510 亩,新整水平阶 350 亩。岱密庵村西荒坡面积大,有土质好、坡度缓、近水源的优势,1991 年,在山中下部按大弯就势、小弯取直的原则,新建石坎梯田 120 亩;在山体中上部,沿等高线挖大穴,搬客土,整成水平阶,栽植果树。对原有山坡耕地进行整修,建设排灌设施,防止水土流失。共修筑地堰 3 500 条,长 21km,水土流失治理率 85.9%。

沟道工程:按从上到下,从毛沟到干沟分类防治的原则,逐级修建消力跌水、土石谷坊、蓄水塘坝等,形成小多成群、节节拦蓄的防护体系。周家峪村沟内砌筑蓄水坝 20 道,可灌溉果园 150 亩,农田 300 亩;岱密庵在村西兴建蓄水坝 5 道,增加灌溉面积 30 亩,并引水到村,解决了 400 口人,100 头牲畜的生活用水问题。

## ②水利工程

在实验区,采取开源节流措施,搞好水利工程建设。开源,就是增加可利用水资源量;节流,就是要提高水的利用率,把“无用水”和“损耗水”降低到最低限度。

开源工程:引河灌溉。在岱密庵村南大河内兴建一处截流工程,既可为下游农田供水,又可以提水上山浇灌农田和果园。岳阳村和三岔村分别在河旁打了一眼大口井,提水上山灌溉农田,解决人畜吃水。

利用深层基岩水。岳阳村东的深机井,通过采取配套挖潜措施,扩大了效益。一方面为村办花岗石加工厂供水,另一方面为二级提水站供水。二级提水可解决 50 亩果树管灌、滴灌,100 亩山地抗旱点种、保苗,100 亩果树穴灌及喷施农药用水问题。

拦蓄地表水。在沟内修建拦蓄工程,以丰补歉;在山上建旱池,将雨水引入池内,解决周边作物用水问题,发展小区聚流农业。

节流工程:搞好工程维修、改造和田间配套,挖掘原有水利设施潜力。3年间,新建输水工程 3 100m,其中浆砌石渠道 1 700m,引水管路 1 400m;维修渠道 1 520m。岳阳村大河提水工程,采取更换水泵叶轮,增加出水管长度,改用管道输水等设施,增加灌溉面积 120 亩。

推广先进的灌水技术。采取的主要措施有:改明渠输水为管道输水,有水浇条件的地块,田面沿灌溉方向整成  $1/500 \sim 1/300$  的坡度,改长畦灌溉为短畦灌溉,并重点抓了山地果树节水灌溉试验,包括管灌和滴灌两种灌溉方式。

加强用水管理。每村配备 2~3 名管水员,通过培训上岗,重点抓好本村的农业用水、人畜吃水和工矿企业用水的配水问题,实现计划用水、节约用水、科学用水的目的。

3.2.4 果树节水灌溉示范工程 果树是柳埠镇的一大经济优势,这里昼夜温差大,日照通风条件好,适宜很多干鲜果树的生长。为了使山区有限水源发挥更大的效益,提高水的有效利用率,推广应用先进的灌水技术已刻不容缓。柳埠镇无灌溉条件的果园占果园面积的 60%,地面灌溉面积不足 25%,其余多为人工担水穴灌,严重影响果品产量和质量。我们在岳阳村选择 50 亩山地果园(山楂、杏、苹果等)进行管灌、滴灌试验,从中探索节水途径,积累经验,以便大面积推广。该项目于 1992 年完成施工设计,并筹备有关材料和设备,1993 年春竣工投入生产。

果树节水灌溉示范区北高南低,高差达 30.5m,地块零乱不规则,南北长 205m,东西宽 170m,总面积 50 亩。新建二级提水站一处,设计流量  $15.06\text{m}^3/\text{h}$ ,扬程 88m,扬水钢管长 264m,管径为 50mm。新建半固定管灌工程 36.5 亩,设给水栓 36 个;新建固定式滴灌工程 13.5 亩。

考虑到本工程具有试验和示范双重功能,示范区按压力分为两个小区。低压区(上部)为管灌,采用半固定式低压输水灌溉技术,由三条固定支管上的给水栓供水,给水栓再向移动式毛管

供水,按树行由远及近逐株浇灌,灌水定额人为控制。高压区(下部)为滴灌,采用固定式变径等量灌溉技术,水流经过微管滴头,慢慢地滴到果树根系土壤中,使果树根系最发达区的土壤含水量经常保持在田间持水量的 60%~80%之间,土壤的水、肥、气、热协调,微生物活动处于良好状况,为果树高产稳产创造有利的物质条件。管灌和滴灌均属局部灌溉。示范区管灌的实际灌水定额为 14.8m<sup>3</sup>/亩,滴灌的实际灌水定额为 6.0m<sup>3</sup>/亩,管灌和滴灌的实际灌水定额有效利用系数均大于 0.95。

本项目总投资 3.85 万元,其中材料及设备费 3.27 万元(二级提水工程 1.65 万元,管灌 0.99 万元,滴灌 0.63 万元),投工折款(按 6 元/工日计算)0.58 万元。

果树管灌、滴灌与地面灌溉相比,具有省水、省工,少占地,可提高果品产量与质量等优点,比较结果见表 1。

表 1 管灌、滴灌与地面灌溉的对比

灌溉方式	省水	省工	省地	提高果树产量
管 灌	50.5%	28%	71%	18%
滴 灌	75.0%	80%	100%	31%

山地具有地块零碎,田面不平的特点,栽植的果树一般都不规划,若用土渠输水,有的果树就浇不上水,而管灌和滴灌在水压允许的情况下,可扩大灌溉范围。管灌的缺点是移动毛管比较费工,且塑料管受太阳照射易老化,如经济条件富裕,应将毛管固定,实行涌流灌溉。滴灌对水质要求比较严格,易出现微管堵塞现象,设计施工中采用减少微管数量,加大微管内径的办法大大减少了堵塞现象。经过分析比较认为:这两种灌溉方式在经济上是合理可行的,对于干旱缺水的山地果园有很大推广价值。

3.2.5 秸秆还田,培肥地力 主要措施是在小麦收获时,留一定高度的麦茬。假定留茬高度为 15cm,则相当于每亩地施用秸秆为 300kg。方法简便而实用,省工省时,对土壤肥力保持与提高具有很大的作用,使土壤有机质含量由 1990 年的平均 1.1%提高到 1993 年的平均 1.3%,这方面的研究结果将在后面加以讨论。

3.2.6 测土施肥 作物生长过程中需要从土壤中吸收多种营养元素,包括 N、P、K 等大量元素及 Mn、Fe、B、Mo、Cu、Zn 等微量元素。在生态农业建设过程中,发现试验区的群众普遍有重氮轻磷不施钾的现象,对此,根据土壤养分的测定结果,进行了 N、P、K 等大量元素不同配方试验,并在试验的基础上加以推广,取得了一定的效果。

4 技术经济指标

窝铺山区生态农业试验区 3 年间水土资源开发利用情况可用以下指标表示:

4.1 数量指标

主要工程项目完成数量见表 2。

表 2 主要工程项目投资情况表

项目名称	提水站	蓄水坝	水池	管道	渠道	生产路	农用桥	涵洞	排水沟	管灌、 滴灌	新建 梯田	改建 梯田	水平阶	其它	总计
数量(处、座、m)	5	25	9	1400	1700	12500	4	11	3000	50 亩	120 亩	510 亩	350 亩		
投资 (万元)	设备及材料	9.37	1.08	2.50	1.20	1.36	2.25	1.20	2.0	0.30	1.62	1.20	0.51	0.89	0.30 26.50
	投工折款	1.35	1.50	2.10	0.48	1.32	2.29	0.96	0.79	0.36	0.58	3.72	3.06	3.21	1.43 23.15
	合 计	10.72	3.30	4.60	1.68	2.68	4.54	2.16	2.79	0.66	2.20	4.92	3.57	4.10	1.73 49.65

## 4.2 工程量指标

完成工程量 68 286m<sup>3</sup>,其中动用土石方 53 020m<sup>3</sup>(土方 42 150m<sup>3</sup>,石方 10 870m<sup>3</sup>),干砌石 12 900m<sup>3</sup>,浆砌石 2 110m<sup>3</sup>,混凝土 256m<sup>3</sup>。

## 4.3 投资指标

总投资 49.65 万元,其中材料和设备费用 26.50 万元,投工折款 23.15 万元。主要工程项目投资情况见表 2。

## 4.4 效益指标

项目实施后,初期效益较低,今只对发挥正常效益后的效益进行计算。

4.4.1 经济效益 计算经济效益时,农产品价格执行国家统计局公布的 1990 年不变价。田间技术措施效益:主要指采取田间技术措施后,粮食、油料、蔬菜等的增产效益,每年可分摊效益 11.6 万元。

林草措施效益:是指由于采取林草措施而引起的木材、果品、饲料、木柴等的增产效益。进入正常效益期后,年均分摊效益 20.34 万元。

工程措施效益:指采取坡面工作、沟道工程和水利工程后获得的粮食、油料、果品的增产效益及人畜吃水效益等,每年可分摊 22.06 万元,其中果树节水灌溉示范区的效益每年达 2.0 万元。

4.4.2 蓄水保土效益 各项措施实施后,增加了试验区的蓄水保土能力,削减了洪峰流量。经计算,各项设施蓄水能力增加了 38%,蓄水效率达到 55%;土壤侵蚀量由每年 2.34 万 t 降到 1.04 万 t,保土量为 1.30 万 t,保土效率为 56%,土壤侵蚀模数由 1990 年的 1 720t/km<sup>2</sup>·a 下降到 1993 年的 1 277.6t/km<sup>2</sup>·a,土壤侵蚀深度由 1990 年的 1.27mm 下降到 1993 年的 0.946mm;50 年一遇暴雨时,洪峰流量能削减 35%以上。

4.4.3 社会效益 由于试验区的地表蓄水能力大增,地下水可源源不断地得到补充,增加了河道的非汛期水量,提高了河川径流的利用率;同时,由于减少了土壤流失,从而保持了土壤肥力,减少了河床、库塘的淤积,初步形成一多功能、全方位的供水系统,大大提高了水利设施的利用率,方便了人民群众的生产、生活用水。

4.4.4 生态效益 各项效益施实后,可有效地减少自然灾害,调节局部小气候,净化空气,美化环境,提高生物的环境负荷量,使有益生物生长繁衍得到保护,使生态系统的生产者、消耗者、还原者统一协调互相促进,以取得越来越大的效益。

# 5 经济效果分析

由于蓄水保土效益、社会效益、生态效益难于定量,且有些效益已在经济效益中体现,为简化起见,只对措施实施后获得的直接经济效益进行计算和分析。经济计算期选用 30 年,即 1991~2020 年,基准点定为 1991 年初,经济报酬率采用常规 7%。措施的经济使用寿命短于经济计算期的,将更新费列入运行费中,措施的使用寿命长于经济计算期的未考虑残值。

## 5.1 投资及年运行费

投资包括国家、集体、个人三者的投入,年运行费随着措施量的增加和设施的老化而逐年增加。各年度投资及年运行费见表 3。

这里的经济效益是指所采取措施的分摊效益。荒地造林或建梯田,由于原植被遭破坏,初期会出现负效益。经济效益计算结果见表 4。30 年经济效益原值为 1 443.76 万元,现值为 509.42 万元。

表 3 投资及年运行费情况表

项 目	合计	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	...	...	2020
投 资	49.65	15.21	17.46	16.98	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	0
年运行费	360.58	0	3.38	6.48	7.53	8.36	9.07	10.01	11.08	11.87	12.80	14.00	...	...	14.00
总费用	410.23	15.21	20.84	20.12	7.53	8.36	9.07	10.01	11.08	11.87	12.80	14.00	...	...	14.00
总费用折现	173.36	15.21	19.27	20.12	5.74	5.96	6.04	6.23	6.645	6.45	6.51	6.65	...	...	1.84

5.2 经济效益计算

表 4 水土资源保护、开发、利用经济效益计算表 单位:万元

年度	总效益		田间技术措施效益			林草措施效益					工程措施效益				
	原值	现值	耕地 培肥	立体 种植	田间 工程	木材	果品	饲料	木柴	梯田	水平阶	灌 合计	溉 节水效益	人畜 吃水	其它
1991	1.33	1.24	0	1.50	1.20	0	0	-0.72	0	-0.13	-0.50	0	0	0	0
1992	13.55	11.84	2.52	2.61	2.20	0	0	-0.98	0	0.58	0	2.23	0.85	2.74	0.80
1993	25.95	21.18	3.36	4.50	3.00	0	0	-0.22	0	1.35	0.52	3.91	1.65	6.58	1.30
1994	30.11	22.97	4.10	4.50	3.00	0.18	1.48	0.15	0	1.46	1.05	4.35	1.85	6.58	1.41
1995	33.44	23.84	4.10	4.50	3.00	0.42	2.50	0.28	0	1.68	1.88	5.00	2.00	56.458	1.50
1996	36.29	24.18	4.10	4.50	3.00	0.82	4.00	0.35	0.10	1.68	2.00	5.44	2.00	6.58	1.72
1997	40.05	24.94	4.10	4.50	3.00	1.76	5.42	0.86	0.20	1.68	2.05	6.10	2.00	6.58	1.80
1998	44.32	25.79	4.10	4.50	3.00	2.86	6.95	1.50	0.35	1.68	2.20	6.80	2.00	6.58	1.80
1999	47.49	25.83	4.10	4.50	3.00	3.52	7.81	2.00	0.60	1.68	2.50	7.40	2.00	6.58	1.80
2000	51.23	26.04	4.10	4.50	3.00	4.12	9.20	2.30	0.75	1.68	3.20	8.00	2.00	6.58	1.80
2001	56.00	26.61	4.10	4.50	3.00	4.85	11.93	2.64	0.92	1.68	3.50	8.50	2.00	6.58	1.80
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2020	56.00	7.36	4.10	4.50	3.00	4.85	11.93	2.64	0.92	1.68	3.50	8.50	2.00	6.58	1.80
总计	1443.76	509.42													

5.3 经济效果分析

经济效益指标分静态和动态两种情况,计算成果见表 5。

表 5 经济效果分析成果表

年 度	经济计 算期(年)	利率 (%)	投资 (万元)	运行费 (万元)	总费用 (万元)	效益 (万元)	净效益 (万元)	效益费 用比	投资回收 年限(年)
1991~2020	30	0	49.65	360.58	410.23	1443.76	1033.53	3.52	3.9
		7	46.36	127.00	173.36	509.42	336.06	2.94	4.2

表中净效益均大于 0,效益费用比均大于 1,投资回收年限小于 15 年,即各经济指标均优于部颁《水利经济计算规范》规定的指标。

6 土地建设研究

6.1 土壤培肥途径的研究

生态农业建设过程中随着先进栽培技术的应用,复种指数和作物产量大幅度提高,作物收获时从土壤中带走的物质越来越多,在这种情况下,如果不注意采取一定的措施提高土壤肥力和对土壤进行培肥,则会造成土壤肥力不断下降,土壤生态系统变得越来越脆弱,抗逆能力降低,造成产投比下降,这是当前我国生态农业建设中存在的较为普遍的问题,必须加有机肥的施用量,来解决土壤肥力下降的问题,对此,课题组进行了小麦高留茬,小麦高留茬+覆盖麦秸及沼肥培肥



土壤的试验研究,结果见表 6。

表 6 秸秆不同还田量土壤养分状况

项 目	有机质(%)	全 N(%)	碱解 N(mg/kg)	速效 P(mg/kg)	速效 K(mg/kg)
低留茬(CK)	1.22	0.086	65	7.2	57
高留茬	1.29	0.091	68	7.3	61
高留茬+覆盖	1.31	0.090	70	7.6	60

从表 6 可见,在三料矛盾解决以后,从山区土壤需要防止水分蒸发这一点来看,以高留茬+覆盖为好,但从经济方面一考虑,仅有高留茬就足够了。

为了进一步研究秸秆还田对土壤生物活性的影响,测定了秸秆不同还田方式下土壤酶的活性,见表 7。

表 7 秸秆不同还田土壤中酶的活性

项 目	有机质 (%)	纤维素酶 (葡萄糖 mg/g)	尿酶 (NH <sub>3</sub> -N mg/g)	蛋白酶 (NH <sub>2</sub> -N mg/g)	转化酶 (0.1N Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ml/g)	过氧化氢酶 (0.1N KMnO <sub>4</sub> ml/g)
低留茬(CK)	1.22	0.735	0.203	45.8	3.30	3.42
高留茬	1.29	0.973	0.332	48.6	3.60	4.03
高留茬+覆盖	1.31	1.038	0.384	57.1	3.81	4.01

从上表可以看出,随着秸秆还田量的增加,各种酶的活性均有所增强,这表明,土壤生物活性随着加入土壤中有机物质数量的增加而增强,使土壤中物质运转加快,向作物供应养分的能力增强。

秸秆还田是一项省工、省力、省时的保持和提高土壤有机质含量,培肥土壤的有效措施,许多研究表明,向土壤中直接加入未加腐解的作物秸秆,对提高土壤肥力来说比施用经过堆制的有机残体具有更加明显的作用。但值得注意的是一般作物秸秆,如玉米秸、小麦秸等,其 C/N 比均较高,不适合微生物活动,需加入适量速效 N 肥来调节其 C/N 比,以避免微生物与作物争 N。

6.2 试验区土壤养分含量动态分析

在生态农业建设的过程中,随着良种和先进技术的推广,作物产量大幅度提高,收获后会从土壤中带走大量营养元素,如不及时加以补充,会引起地力下降,但这并没有引起有关部门的重视。为了了解这一过程中土壤养分的变化状况对实验区内的土壤进行了随意采样和分析,观察在目前的收获产量和肥料投入的情况下,是否会引起土壤肥力的下降,结果见表 8。

表 8 土壤养分含量变化状况

年 份	有机质(%)	全 N(%)	碱解 N(mg/kg)	速效 P(mg/kg)	速效 K(mg/kg)
1991	1.15	0.083	56.8	6.7	111.3
1992	1.21	0.086	57.8	5.9	111.0
1993	1.30	0.085	60.1	6.5	119.0

从表 8 可以看出,3 年内土壤养分含量有所变化,如有机质含量从 1990 年的 1.15% 增长到 1993 年 1.3%,全 N 含量从 1990 年的 0.083 1% 增至 1993 年 0.087 2%,也就是说在作物产量大幅度提高的情况下,土壤中主要养分含量不仅没有减少,反而有所增加。这除了采样误差(非定点取样)外,可能还有下面的原因:①通过宣传,使农民向土壤中的投入,特别是包括有机肥在内的有机物质的投入有所增加。②随着作物产量的提高,根系和地面残留物数量也随之增加,相当于归还到土壤中的有机物质增加。

利用有机物来培肥土壤,主要有两方面的作用,一是不断丰富土壤中的有机物质,即增加土壤中有有机物质的数量。二是不断改善土壤中腐殖质的组成状况,即更新与活化土壤中逐渐老化的腐殖质,当土壤中有有机质数量达到平衡时,有机培肥的主要作用是改善土壤中腐殖质的组成状况。试验区内的绝大部分农田有机质含量水平较高,从长远来看,要维持土壤较高的生产力水平以部分秸秆直接还田为好,另施用其它农家肥。

6.3 沼气肥对土壤培肥作用的研究

在生态农业建设中,沼气的引入占着重要位置,它被认为是发展生态农业的重要环节,它在解决人多地少,三料矛盾方面具有不可缺少的作用,秸秆直接还田对土壤的培肥作用已有前述,但是秸秆还田必须投入适量的速效氮肥,以调节秸秆的 C/N,因此,需要一定的技术和实践经验,而秸秆经沼池发酵后,其 C/N 比会显著降低,N、P、K 等速效养分会显著增加,因此,沼液和沼渣都是上好的有机肥料。进行了沼肥对土壤养分状况影响的研究,结果见表 9。

表 9 施用沼气肥对土壤养分状况的影响

项 目	有机质(%)	全 N(%)	碱解 N(mg/kg)	速效 P(mg/kg)	速效 K(mg/kg)
不施沼肥(CK)	1.32	0.091	70	2.97	110
施沼肥	1.34	0.096	85	5.40	128

由表 9 可见,施用沼肥 1 个月后,土壤中碱解 N、速效 P 和速效 K 的含量均显著增加,有机质和全 N 含量略有增加,说明秸秆在沼气池内发酵过程中,秸秆中的营养元素很大一部分已进入沼气肥,是一种介于有机肥和化肥之间的优质肥料。

已有的报道表明,沼气肥中的沼液不仅可以追施,也可用于叶面喷施,效果良好,而且可以做为家畜的饲料添加物质如猪、鸡等,家畜饲喂后,不仅生长快,而且抗病性增强,这方面的研究尚需进一步进行。

土化系教师赵庚星,林学系教师高伟参加了部分研究工作。

(上接封四)

7、Analysis on Constructure and Function of Eco-agriculture System about Stratification  
Utilization ..... *Leng Shouci et al.* (64)

8、Analysis on Constructure and Function of Eco-agriculture System about Comprehensive  
Utilization ..... *Li Desheng et al.* (74)

9、Analysis on Structure and Function of Eco-agriculture System about Circulatory Utilization  
..... *Han Xiangming et al.* (83)

10、Soil and Water Conservation Benefits of Forest Vegetation and Development and Utilization  
Ways of Plant Resource in Wopu Mountain ..... *Li Desheng et al.* (96)

11、Exploitation and Utilization as well as Protection of Soil and Water Resources in Eco-agricultural  
Experimental Areas of Wopu Mountain ..... *Lou Hongyi et al.* (110)

12、Upholding Comprehensive Control and Exploitation as well as Constructing High Yield and  
High Quality of Agriculture in Tongtianhe Experimental Watershed ..... *Li Xinjian*(120)