

# 浠水县郁港村农田生态环境问题与对策

喻渊明<sup>1</sup>, 江书琪<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>湖南艾布鲁环保科技股份有限公司, 湖南 长沙

<sup>2</sup>湖北大学资源环境学院, 湖北 武汉

Email: 125785517@qq.com, \*jiangsq@hubu.edu.cn

收稿日期: 2021年7月12日; 录用日期: 2021年8月12日; 发布日期: 2021年8月19日

## 摘要

根据农田生态系统建设需求, 选取浠水县郁港村为研究对象, 分析了农田生态系统存在的问题及产生问题的原因, 并从生态水系建设和农田生态系统养分流失阻控两方面提出了农田生态修复的对策。通过建设贯穿果园、农田、山林的生态廊道及具有区域特色的生态小水系, 串联水体, 改善区域生态系统结构; 完善控释肥技术、生态沟渠和人工生物浮岛工程, 解决项目区环境恶化, 水功能退化的问题, 以期提高农业可持续发展水平。

## 关键词

农田, 水生态, 生态廊道, 生物浮岛

# Problems and Countermeasures of Farmland Ecological Environment in Yugang Village, Xishui County

Yuanming Yu<sup>1</sup>, Shuqi Jiang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Hunan Airbluer Environmental Protection Technology Co., Ltd., Changsha Hunan

<sup>2</sup>Faculty of Resources and Environmental Science, Hubei University, Wuhan Hubei

Email: 125785517@qq.com, \*jiangsq@hubu.edu.cn

Received: Jul. 12<sup>th</sup>, 2021; accepted: Aug. 12<sup>th</sup>, 2021; published: Aug. 19<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

According to the demand of farmland ecosystem construction, Yugang Village in Xishui County was

\*通讯作者。

文章引用: 喻渊明, 江书琪. 浠水县郁港村农田生态环境问题与对策[J]. 环境保护前沿, 2021, 11(4): 754-762.

DOI: 10.12677/aep.2021.114087

selected as the research object. The problems and reasons of farmland ecosystem were analyzed. The countermeasures of farmland ecosystem restoration were put forward from two aspects of ecological water system construction and nutrient loss control of farmland ecosystem. Through the construction of ecological corridors running through orchards, farmlands, mountains and forests and small ecological water systems with regional characteristics, improve the structure of regional ecosystems. The improvement of controlled-release fertilizer technology, ecological ditches and artificial biological floating island projects, the problems of environmental degradation and water function degradation in the project area are solved in order to improve the level of sustainable agricultural development.

## Keywords

Farmland, Water Ecosystem, Ecological Corridor, Ecological Floating Island

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

农田生态系统提供着全世界 66% 的粮食供给, 其生态系统价值远高于其他生态系统, 构成了人类社会存在和发展的基础[1]。

目前, 我国农田大量使用化肥、农药, 使土壤有机质含量不断下降。与此同时, 为确保农作物产量, 农民普遍过量施用化肥农药, 粮食产量与化肥密切相关, 对化肥依赖性越来越大。这种情况下, 如果没有化肥, 粮食产量必定下降, 即使新出现的改良品种也难以摆脱耗水、耗肥的缺点。此外, 随着城镇化进程和工业的发展, 我国大部分农田遭到污染, 农田生态系统的生物多样性受到严重威胁。如我国粮食主产区淮河、长江水域的污染, 势必会对周围生态系统造成极大损害, 将来肯定会影响到地区粮食质量和产量。因此, 农田生态系统的可持续发展已成为一个关系国计民生的重要话题。

农田水生态系统保护建设是一项系统工程, 只有确保经济和生态的双赢, 才能实现可持续性发展。农田生态系统建设中的生物多样性是提高农业生产力和农业可持续发展水平的重要保障[2]。应对农业发展新挑战, 必须积极探索农业生产新模式, 通过全方位绿色防控, 实现从单一的线性生产模式向物质多方面流动的可持续发展模式的转换[3]。农业生产主要为植物固碳过程, 大力发展生态循环农业, 有利于建设美丽中国的“生态屏障”。通过水生态修复建设初步规划, 统筹好山水林田湖草综合治理, 逐步修复退化的农业生态系统, 建立环境保护长效机制, 对农村生态环境的治理和恢复, 建设美丽新农村具有十分重要的意义。为了充分了解农村农田生态系统存在的问题, 选取湖北省浠水县郁港村为研究对象, 通过分析其农业生态系统存在的问题及产生问题的原因, 提出改善农田生态环境条件的具体对策。

## 2. 研究区概况

浠水县郁港村位于湖北省东部, 背倚大别山, 面临长江大堤, 总面积 1.8 km<sup>2</sup>, 耕地面积 800 亩, 其中水田面积 400 亩; 水面 800 亩, 退耕还林(果林)面积 950 亩。村设有垃圾处理组织, 垃圾收集场一座, 垃圾转运车一辆, 公共卫生管理有序; 有大棚蔬菜、中华猕猴桃、柑橘、桑葚、蓝莓、水产、大别山黑山羊等六个种养专业合作组织。

郁港村地形为低山岗地, 无大型高山, 山陵为大别山余脉。低洼地位于长江防护堤外侧多为湖汉、

河港。海拔为 150 m 左右, 坡度平缓, 地面波状起伏, 岗垅相间。中部湖塘众多, 耕作历史悠久, 土层深厚, 土壤肥沃, 岗顶部宽平, 大部分为耕地, 其冲垅为水田, 是主要粮棉产区。东北部为低山区, 区域内丘陵山区面积占总陆地面积的 50%。

郁港村土壤按质地分为砂土、砂壤、轻壤、中壤、重壤、粘土等 6 类。土壤耕层 5~6 cm, 容重一般为 1.25 至 1.49 g/cm<sup>2</sup>。砂性土容重一般为 1.35 g/cm<sup>2</sup>, 壤质土为 1.44 g/cm<sup>2</sup>, 粘性土为 1.3 g/cm<sup>2</sup>。耕层以下容重升高。该村土层深厚, 中性偏酸, 稍粘带砂, 土壤有机质含量中等, 耕作层厚度均在 500 mm 左右, 且微量元素含量丰富, pH 值 6~7 范围, 十分有利于农作物的生长发育。

郁港村有大棚蔬菜、中华猕猴桃、柑橘、桑葚、蓝莓、水产、大别山黑山羊等六个种养专业合作组织。农业合作社是具有双重身份的经济组织, 服务于农民和市场, 既能促进市场经济的发展, 维持农产品市场和农业要素市场的均衡稳定, 又能改善提高农民的社会与经济地位[4]。农业合作经济组织通过组织农业生产技术和培训可以提高农民生产水平和环保意识, 还可以为农民提供各种农业生产保险业务, 提高它们抵御自然灾害的能力等[5]。

### 3. 研究结果

#### 3.1. 农田生态系统

郁港村属于北亚热带湿润气候区, 光、温、水资源充足, 适宜多种植物、动物和微生物的生长和繁殖。借托大别山丰富的植物资源, 郁港村生物多样性十分丰富, 由农业生物及其环境所组成的农业生态系统结构也十分复杂。

郁港村农田生态系统的结构复杂性决定了功能的多样性, 如图 1 为郁港村农业生态系统结构示意图, 具体表现在: 1) 郁港村的山 - 水 - 林 - 田 - 草构成了一个完整的农业生态系统, 不仅具有一般生态系统能量流动、物质循环、信息传递的基本功能, 还能完成满足人类社会需求的定向产出, 具有价值增值的作用; 2) 具有“外在”功能, 一是生产功能, 能产出水果、稻谷、鱼类、羊肉、蔬菜, 对维护当地农产品安全发挥了重要作用; 二是净化功能, 畜禽养殖产生的有机肥和农作物秸秆, 可通过还田, 在农田生态系统的土

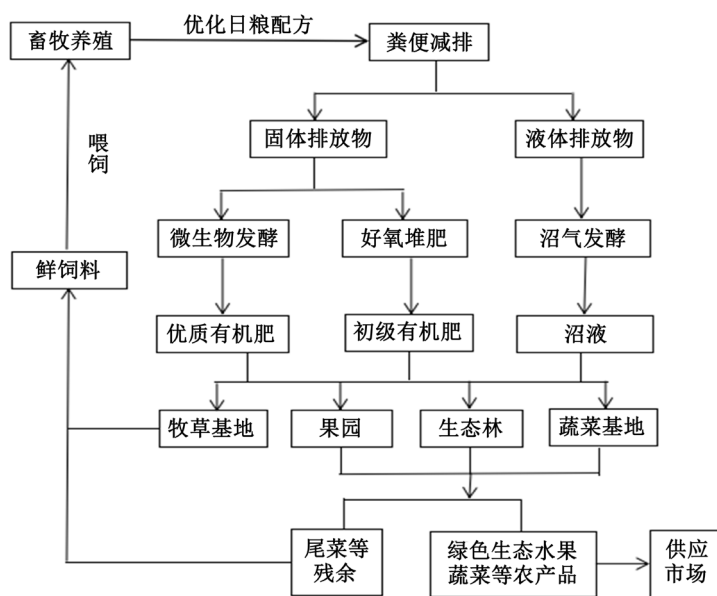


Figure 1. Schematic diagram of agricultural ecosystem structure of Yugang Village  
图 1. 郁港村农业生态系统结构示意图

壤微生物等各种生物的共同作用进行转化, 从而培肥土壤, 同时又净化环境。这对农业增产、增效, 以及维持农业生态系统的可持续发展具有重要作用; 3) 具有贮水功能, 以水塘、鱼池和稻田生态系统贮藏着相当数量的水资源, 发挥着“农田水库”、“隐形水库”的作用, 为水资源合理利用和维护水生生态系统自我调节等起到了不可替代的作用。

郁港村农田生态系统结构其主要优点是实现畜禽粪便减排。粪便污水进行厌氧发酵, 能有效去除粪便污水中的病原微生物, 防治疫病传染; 发酵所得有机肥通过高效施肥技术开展可用于蓝莓、桑葚、柑橘种植, 实现水果、蔬菜轮种, 同时提高农产品产量及品质, 打造绿色无公害农产品供应市场, 提高产品附加值。

主要不足是沼气使用没有得到农户认可, 浪费比较严重; 有机肥施肥方式上过于依赖人工施肥, 但农村剩余劳动力不足, 相应施肥的人工成本加大, 极大制约着有机肥的推广使用。

### 3.2. 农田环境

#### 3.2.1. 化肥使用情况

初步调查, 郁港村化肥单位施用量 112.33 kg/亩, 折纯大约为 24.20 kg/亩, 比全国平均水平(21.9 kg/亩)高 10.5%, 远高于世界平均水平(每亩 8 kg/亩), 是美国的 2.85 倍, 欧盟的 2.77 倍。超量施肥造成农田化肥利用率低, 氮肥和钾肥利用率分别为 34%和 32%、磷肥利用率仅 18%。化肥过度施用的污染主要表现在: 1) 部分矿质肥料中含重金属元素, 长期大量使用会造成部分土壤重金属含量明显上升; 2) 氮磷钾比例不协调, 钾肥施用量太少, 造成肥料当季利用率不高, 氮肥大量不合理施用, 易造成蔬菜、水果等农产品硝酸盐含量超标, 品质下降; 3) 化肥施用普遍伴有频繁灌溉, 容易引发土壤次生盐渍化和地下水污染[6]; 4) 化肥可通过农田径流, 大气沉降等方式进入附近河道水体, 其高氮磷含量易造成水体富营养化。如表 1 为郁港村农药使用情况调查。

**Table 1.** Questionnaire on the use of chemical fertilizers and pesticides in Yugang Village

**表 1.** 郁港村化肥农药使用调查表

调查类型	调查面积(亩)	化肥总量(实物, kg)	农药总量(实物, kg)	备注
水田	311	41200	950	调查 31 户, 农药化肥购买量
旱地	210	17324	196	
合计	521	58524	1146	

#### 3.2.2. 农药使用情况

项目区目前基本沿袭高药高肥农业、农药化肥过量施用, 导致农田耕层土壤营养元素处于高盈余状态, 降雨产生径流时, 加速氮磷向水体迁移的速度, 农田养分流失严重, 附近水体也遭到严重污染。此外, 大量的农业废弃物处理不当, 循环再利用低, 生产设施及技术落后, 农业面源污染风险加剧。

郁港村农药单位施用量为 2.20 kg/亩, 高出全国平均水平 0.3 kg/亩, 病虫害综合防治率 70%。农药长期滥用使用, 激化了害虫的抗药性, 农药的效用降低且破坏了农田生态平衡。农药每亩平均用量逐年增加, 会造成大量的农业面源污染。农药的滥用导致许多环境问题: 1) 蔬菜、果树等农作物使用禁用农药造成农药残留超标[7]; 2) 施药器械和方法落后, 大部分药液洒落于土壤表面, 导致土壤农药残留[8]; 3) 农药瓶袋弃置于沟渠边、池塘旁, 未进行合理处置, 容易污染环境, 甚至会危害人体健康。

#### 3.2.3. 水产养殖污染情况

郁港村位于长江之滨, 有水面(池塘)面积 800 亩, 大多用于水产养殖。为了追求经济效益, 大量投入

饵料和化肥, 利用各种废弃料和畜禽粪便作水产饲料, 使水质严重恶化, 这些水又直接进入长江, 影响长江打保护成效。本次调查没有得出准确的投肥量。

## 4. 对策研究

### 4.1. 生态水系建设

#### 4.1.1. 关键技术

建立生态廊道是生态规划的重要方法, 通过廊道串通水系, 修复水生态, 可构建具有自我净化能力的生态水系[9]。生态廊道建设不仅能进行区域生态的保护与控制, 还能解决农田分割造成的生态环境破碎化等问题。按照生态廊道的主要结构与功能, 其可分为线状生态廊道、带状生态廊道和河流廊道三种类型[10]。

#### 4.1.2. 建设内容

在蓝莓园、桃园、桑园、水稻、鱼池之间建设 2.6 米以上宽度的陆地生态廊道, 采用透水材料建造, 沿路植草; 在鱼池之间建设 500 米长的水域生态廊道, 串通水体, 构建新的生态水系。建成陆地生态廊道 3.1 公里, 如图 2 所示; 水域生态廊道 500 米, 如图 3 所示。

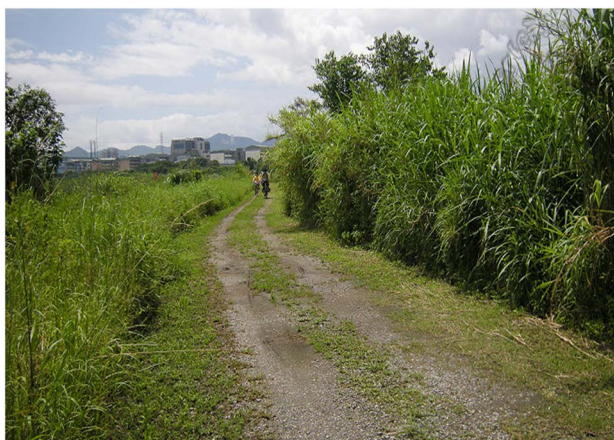


Figure 2. Terrestrial ecological corridor  
图 2. 陆地生态廊道



Figure 3. Wetland ecological corridor  
图 3. 水域生态廊道

## 4.2. 农田生态系统养分流失阻控

### 4.2.1. 关键技术

1) 控释肥料技术。20 世纪 60 年代发达国家开展了控释肥的研究——即一种智能化调控其养分释放并使其能最大限度地满足作物对养分需求的新型肥料, 这项技术已成功应用于现代农业。控释肥代表了 21 世纪世界肥料的发展方向, 为解决农业面源污染问题提供了技术方向。

缓控释肥作为一种新型肥料, 通过各种调控机制和生物膜技术, 使养分按照设定的释放率和释放期缓慢或控制释放, 延长植物对其有效养分吸收利用的有效期, 其在提高肥料利用率和节能环保等方面都有明显优势[11]。缓控释肥养分能完全满足作物生长需求, 促进作物健康生长, 有利于农产品产量和质量提高; 与传统施肥方式相比, 它能有效避免单次过量施肥可能造成的局部肥料浓度过高的问题, 保障作物根系健康; 缓控释肥采用“种肥同播”的种植方式, 大大减少了施肥数量和次数, 既节约了劳动力和成本, 又可避免因为气候等不可抗拒因素造成无法追肥的状况; 缓控释肥与作物的生长养分吸收规律基本同步, 肥料平均利用率可提高 50%, 氮肥利用率可提高 24%, 有效避免氮的挥发及磷和钾的流失, 减少对土壤以及生态环境的污染[12]; 以 2011 年为例, 全国氮肥消费量约 2400 万吨, 如果推行缓控释肥形式施肥, 按提高肥料利用率 20 个百分点计算, 可减少约 1200 万吨氮肥, 相当于节约 2314 多万吨标准煤, 48 亿立方米天然气, 140 亿千瓦时电[13]。

2) 农业面源污染拦截技术。针对农田面源污染的控制, 国内外普遍选取美国环保署提出的“最佳管理措施(BMPS)”进行治理。其最佳管理措施是指为预防和减少全国水体污染而采取的行动、预防、维护及其他的管理措施[14]。BMPS 具有见效快、经济适用、生态治理等优点, 在我国环境治理中已得到广泛的应用。结合郁港村实际条件, 主要可选用两项关键技术:

一是前置库技术。前置库技术是利用水库的蓄水功能, 将灌溉和雨水淋溶时产生的汇集表层土壤中污染物的径流污水截留在水库中, 经微生物作用及物理化学反应净化后, 排入受纳水体, 如图 4。前置库这种因地制宜的水污染治理措施, 对控制面源污染, 减少湖泊外源有机污染负荷, 特别是去除入湖地表径流中的 N、P 安全有效, 在面源污染治理中发挥了巨大的作用, 也取得了很大的效益[15]。但是前置库技术也存在着植被二次污染防治、不同季节水生植被交替和前置库内淤积等问题[16]。



Figure 4. Technical diagram of interception pre-dams for agricultural non-point source pollution

图 4. 农业面源污染拦截前置库技术示意图

二是水陆交错缓冲带技术。缓冲带指邻近受纳水体、有一定宽度、具有植被、在管理上与农田分割的地带。滨岸缓冲带的植物对农田地表径流、废水排放、地下径流及深层地下水流中携带的营养物质、沉积物、有机质等污染物质具有良好的吸收、沉淀功能, 可以在其进入水体之前起到一个净化、过滤的缓冲作用, 形成一个阻碍污染物质进入水体的生物和物理障碍, 从而达到改善水质的目的, 是控制农业

面源污染的一个有效的措施[17]。农田地表径流在通滨岸缓冲带的吸附缓冲作用后, 剩余的 N、P 总量将降低为初始值的 1/7。同时, 缓冲带也可拦截其他污染物, 对不同种类的农药污染也具有较好的去除效果, 可以防止水体中有害物质的聚集[18]。

3) 人工生物浮岛技术。示范区水体接近 100 亩, 营养物质充足, 水流缓慢, 水位稳定, 特别适宜于用生物浮岛技术净化水质。生物浮岛技术是中国古代“架田”技术与德国现代“人工浮岛”技术嫁接而形成的一种农村水原位净化技术。现代人工浮岛技术最先由德国公司于上世纪 80 年代研发, 浮岛外壳采抗腐性的聚乙烯, 里面填充软木塞或天然纤维, 浮床上钻孔, 每个孔洞种植一颗水生植物, 目的是改善鱼类产卵繁殖环境和增加渔民的经济收入。

人工生物浮岛在本项目水体净化方面具有很好的适用性:

一是在污染现场进行, 不受水体深度、透光度和富营养化程度的限制, 特别适合水体富营养化的治理;

二是经济适用, 费用低廉。相对传统治污技术, 生物浮岛工艺可节省 50% 以上的建设费用, 并且一旦建成之后, 不再需要动力等维护费用; 针对农村地区经济基础条件薄弱、农业人员技术水平低和管理水平较低的现状, 生物浮岛技术因其简便易行、运行稳定、维护管理成本低等特点, 是一项适合利用当地技术和管理力量能够满足正常运行需要的处理工艺[19];

三是改善景观, 浮岛可以种植一些观赏性的植物如紫罗兰、虞美人、芦苇等, 营造绿色美丽的水体景观, 改善农村环境;

四是能让水体生态系统得以重建, 浮岛技术的运用对于当前新挖塘堰的水体生态构建来说是一种最好的仿自然修复和保护方法, 不仅创造了水体景观更重要稳定了水体生态, 对于快速构建塘堰生态系统来说是必不可少的生态工程。浮岛本身具有遮蔽和饲料条件, 能构成鱼类、鸟类生息的良好生境, 让水体长期保持清澈与洁净。同时, 浮岛的遮光效果, 可以抑制蓝藻的繁殖以及让沉水植物生长发生重新布局与分配, 创造更大的生息空间;

五是浮岛上的生物终端产品能产生一定的经济效益, 建设后具有既治污又有产出的效果, 易于被老百姓和地方政府所接受, 同时对于稳定水体生态来说是一大贡献。

#### 4.2.2. 建设内容

1) 控释肥工程。在蓝莓合作社 300 亩示范区内, 全部施用控释肥如图 5。进行示范、监测, 形成技术规范。作物生长规律与缓控释肥养分释放同步, 保障作物健康生长, 进一步促进农产品品质的提高。提高肥料的利用率, 降低施肥量, 减少剩余肥料对于土壤以及周边水体的污染。

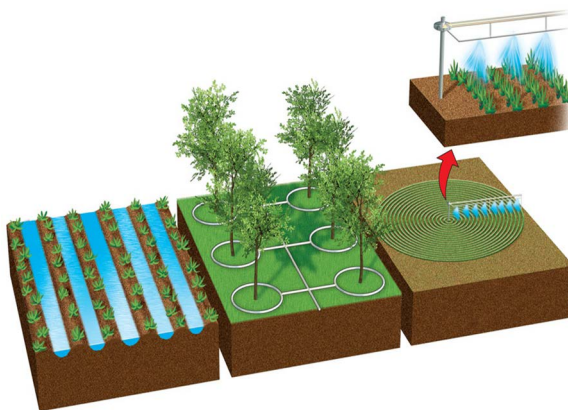


Figure 5. Integrated monitor system of water and fertilizer  
图 5. 水肥一体化控释肥滴灌工程

生态沟渠工程如图 6。以拱水溢流堰拦截农田面源污水, 自流进入湿地净化系统, 按照拦污、生物强化沉淀、潜流湿地过滤、多级表面流湿地吸附-吸收净化的流程逐级净化, 出水自然跌落回归下游沟渠。在稻田区建设生态沟 500 m, 拦截农田面源污染, 净化灌溉用水。熟化生态护坡污染物拦截的成套技术, 通过植物的吸收、滤过及根系生态系统的净化, 通过自然生态系统净化水体, 并形成一定的自然生态景观, 拓展游憩空间, 形成具有景观效益、环保效益和生态效益的截污带, 获得自然景观与环保双重效益。



Figure 6. Ecological ditch  
图 6. 生态沟渠

3) 生物浮岛工程。在示范区鱼塘建设“水上菜园”2000 平方米; 在景观塘建设“水上花园”2000 平方米。水上花园, 利用生物浮岛技术种植万寿菊、紫罗兰、虞美人、小菊、金鸡菊、芦苇、香蒲、菖蒲、美人蕉、旱伞草等花卉, 在净化水质的同时营造水体景观。水上菜园, 利用生物浮岛技术种植空心菜、水芹、生菜等。不施用农药化肥, 在净化水质的同时生产符合国家标准绿色食品。熟化水面种植的成套技术, 将蔬菜、花卉等农作物转移到富营养化水面栽培, 通过水耕农业净化水体, 并拓展农业空间, 形成具有农村塘堰资源化水质净化体系, 获得农业与环保双重效益。

## 5. 结论

浠水县郁港村位于湖北省东部, 地形平坦, 土壤肥沃, 雨热同期, 有利于多种经济作物生长。经调查发现, 该村农田生态系统结构较为复杂, 生产力较高, 但也存在化肥农药过度施用, 化肥利用率低, 水产养殖污染严重等问题, 对当地土壤环境和附近水体安全构成严重威胁, 影响农田生态系统可持续发展。针对这些问题, 参考前人经验, 结合当地实际情况, 提出针对性的解决方案与建设内容, 多种治理方式结合使用, 在适当区位建设规划合适的生态廊道、缓控释肥料、生态沟渠和生物浮岛等工程, 可满足当地技术和管理力量实施条件, 并具有良好的生态环境效益。

## 参考文献

- [1] 刘国强. 金华市洋埠镇野猫畈粮食生产功能区生态系统构建的探讨[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(7): 1286-1288.
- [2] 袁宜芝. 农民环境权立法保护的现状审视[J]. 学习论坛, 2015, 31(5): 78-80.
- [3] 唐燕. 乡村振兴战略下对现代农业产业集聚的再思考[J]. 农村经济与科技, 2019, 30(6): 210-211.



- 
- [4] 鲁尚斌. 我国新农村建设中生态环境保护对策研究[J]. 环境与发展, 2018, 30(10): 207-209.
- [5] 全勇, 唐玉凤, 龚声信, 等. 渔洞水库农业面源污染现状及对策建议[J]. 四川环境, 2015, 34(3): 141-145.
- [6] 殷建华. 楚雄市农业面源污染问题思考[J]. 云南环境科学, 2004(S2): 107-108.
- [7] 张诚, 刘祖云. 从“碎片化”到“整体性”: 农村环境治理的现实路径[J]. 江淮论坛, 2018(3): 28-33.
- [8] 姚先荣. 缓/控释肥料的研究进展及发展趋势[J]. 现代农业科技, 2019(2): 133-135.
- [9] 刘兆辉, 吴小宾, 谭德水, 等. 一次性施肥在我国主要粮食作物中的应用与环境效应[J]. 中国农业科学, 2018, 51(20): 3827-3839.
- [10] 罗菁, 魏勇, 解忠义, 等. 湖南省蔬菜等农产品污染状况及其治理对策[J]. 湖南农业科学, 2011(10): 28-29.
- [11] 孔德利. 缓控释肥对粮食作物增产增效的推广应用[J]. 新农业, 2018(9): 14-15.
- [12] 陶春, 高明, 徐畅, 等. 农业面源污染影响因子及控制技术的研究现状与展望[J]. 土壤, 2010, 42(3): 336-343.
- [13] 王亚林, 才大伟. 保护区生态绿化景观设计——以沈阳卧龙湖保护区为例[J]. 山东林业科技, 2012, 42(3): 80-82.
- [14] Movahedi, M., Joshi, R., Rampakakis, E., *et al.* (2019) Impact of Residential Area on the Management of Rheumatoid Arthritis Patients Initiating Their First Biologic DMARD: Results from the Ontario Best Practices Research Initiative (OBRI). *Medicine*, **98**, e15517.
- [15] 张仁锋. 河口前置库系统净化入滇池河水示范工程研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明理工大学, 2009.
- [16] 付振宇. 前置库在于桥水库水资源调配与水环境保护中的应用[J]. 海河水利, 2019(1): 44-45.
- [17] 袁冬海. 生物强化脱氮除磷技术在前置库中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京化工大学, 2006.
- [18] 陈洪波, 王业耀. 国外最佳管理措施在农业非点源污染防治中的应用[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(4): 279-282.
- [19] 刘旻慧, 闻学政, 张志勇, 等. 生物浮岛与漂浮植物对开放池塘水质净化效果[J]. 水生生物学报, 2017, 41(6): 1318-1326.