

刘武江,张 川,杨 松,等. 基于“三生空间”的生态隔离带研究进展[J]. 江苏农业科学,2020,48(14):25–32.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.14.005

# 基于“三生空间”的生态隔离带研究进展

刘武江<sup>1</sup>,张 川<sup>2</sup>,杨 松<sup>3</sup>,段青松<sup>4</sup>

(1. 云南农业大学资源与环境学院,云南昆明 650201; 2. 云南农业大学水利学院国土资源科学技术工程研究中心,云南昆明 650201;

3. 云南农业大学水利学院,云南昆明 650201; 4. 云南农业大学机电工程学院,云南昆明 650201)

**摘要:**生态隔离带具有连接性、过渡性、隔断性,其水土保持作用能改善生态环境,生物多样性配置能优化生态结构,生态修复功能可提高生态系统稳定性,产生的经济价值能增加生态经济效益。从生态隔离带的空间特性来看,(1)在连接性方面,生态隔离带对生活空间、生活生产空间及生活生态空间的运用很少;(2)在过渡性方面,生态隔离带对于生产空间主要是表现在地力的修复提升上,对于生态空间更多是促进生物多样性的恢复;(3)在隔断性方面,生态隔离带在生产空间、生活空间与生态空间的交界处应用较多,体现在污染源、流、面的控制阻隔上。从生态隔离带的功能作用来看,(1)在改善空间生态环境方面,生态隔离带对水资源、土资源、生物资源的研究颇多,而忽略了对气候的影响研究;(2)在优化生态结构方面,生态隔离带在水平、垂直结构上有很多研究(例如种植不同草本植物、木草本的间作模式),在时间结构上少有优化的种植制度提出,而在食物链结构上,鲜有优化研究;(3)在提高生态系统稳定性方面,生态隔离带主要是对污染的隔断修复,缓解生态系统对自身结构的调整,而且生态隔离带加入该区域生态系统,本身也就是对生态系统结构的调整,但生态隔离带的修复能力对提高生态系统稳定性的贡献率如何评价却不明确;(4)在增加生态经济效益方面,生态隔离带保持了良好的生态效益并增加了经济效益。

**关键词:**生态隔离带;空间特性;功能作用;生态结构;生态系统;生态经济;三生空间

**中图分类号:** X321 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)14-0025-08

随着我国经济发展进程步伐的加快,我国的国土空间资源过度消耗<sup>[1-2]</sup>,不仅表现在量的增加,更体现在各项资源不合理利用而造成的难以修复更新的损失方面<sup>[3]</sup>。20 世纪 70 年代,由于对生态环境保护不够重视,在农业生产上大量使用化肥农药,使得土壤理化性质发生改变,不仅不利于作物生长,还造成土壤盐碱化、水体富营养化、面源污染等<sup>[4-6]</sup>;在工业生产空间里,废气、废水、废渣的排放造成生活用水污染、土壤污染、大气污染、重金属污染等<sup>[7-9]</sup>。在城市生活空间里,城市的绿地景观影响着人们的生活质量。例如,在林阴道、公园滨湖带等生活区域及道路两旁的噪音控制、行政界限区划等都运用到了生态隔离带。在乡村生活空间里,

乡村空间布局混乱,人文景观缺失,同时作物、杂物存储及住所都靠近植被群,存在火灾隐患,同时还有蛇鼠类动物影响生活。在生态空间里,人们滥砍乱伐,森林植被大量减少,水源干涸,湿地减少,土壤沙漠化,整个生态系统的气候也在随之变化,系统自身的调节机制效应也开始下降<sup>[10]</sup>。随着生态文明建设的步伐加快<sup>[11]</sup>,国家提出了“山水林田湖草是一个生命共同体”的生态修复与保护理念。生态隔离带的运用研究,能有针对性地解决三生空间里这些类似的问题。

## 1 生态隔离带的概念及研究内容

### 1.1 三生空间

三生空间是生产、生活、生态三大空间的统称。生产空间是指可以生产人们需要的粮食及其他物质的空间,不仅仅是农耕地<sup>[12]</sup>。生活空间是指可承载和保障人居的空间,不只是住宅用地<sup>[13]</sup>。生态空间是指自身能发挥生态调节、修复、维持和发展生态系统可持续性的空间<sup>[14]</sup>。中共十八大明确把“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”作为国土生态—生产—生活空间的发展目

收稿日期:2019-12-03

基金项目:国土资源部公益性行业科研专项(编号:201511003-3);

国土资源部“西南多样性区域土地优化配置与生态整治科技创新团队”开放基金(编号:YNTD2018KF05)。

作者简介:刘武江(1993—),男,云南曲靖人,硕士研究生,主要研究土地生态利用与保护。E-mail:804310301@qq.com。

通信作者:段青松,男,博士,教授,主要研究土地生态整治。

E-mail:258437886@qq.com。

标<sup>[15]</sup>。但就目前而言,生产空间存在地力下降和污染严重的问题。化肥、农药的使用其实是治标不治本的做法,反而会削弱土地的修复能力。生活空间的噪音污染也很突出,虽然安装隔音板能消音降噪,但成本过高。生态空间多数为森林、草地、湖泊、河流,受人类活动的影响,森林防火、湖水净化也显得很重要。而且,三大空间的边缘交界处也有很多问题。例如,农业生产空间的面源污染对湖泊生态空间造成水体富营养化;工业生产空间的“三废”排放对周围居民生活空间造成大气、水体、土体等污染;生活空间的污水、生活垃圾不经处理直接排入河道,生活空间的扩张侵占了生产或生态空间。而这种空间交叉负效应还呈现出区域“循环”[生活(污水)—生产(耕地)—生态(湖泊)—生活(饮水)]和流域“连续”[生活(上游污水)—生态(河流)—生活(下游饮水)]的状态。

### 1.2 生态隔离带的概念

在生态隔离带研究的起步阶段,不同领域的学者根据所研究或利用的方向对它进行了不同的命名,所以在不同时期、不同地理空间位置、不同的功能作用下,它的名称有所不同。为了便于清晰地认识生态隔离带,特对其定义做了归纳。

国外学者把低而密集的灌木或小乔木组成的狭窄带状或线形的植物系统定义为植物篱<sup>[16-17]</sup>,而根据划分的依据不同,又分为等高植物篱<sup>[18]</sup>、经济植物篱<sup>[19]</sup>、固氮植物篱<sup>[20]</sup>等。Daniel 等把生态隔离带阐述为在田面播种农作物、梯田埂坎上种植木本植物而形成的农林复合经营系统<sup>[21]</sup>。段义宇把生态隔离带称为埂坎林草,认为会影响梯田土壤水分及作物产量<sup>[22]</sup>。张宇清等做了更为详细的补充,把生态隔离带表述为能防止水土流失、提高产能、

改善生态环境的乔木、灌木、草本植物配置在埂坎上形成的梯田生物埂<sup>[23]</sup>。赵桂慎等在农田景观生态工程建设研究中,提到农田景观生态工程和污染隔离带工程的概念<sup>[24]</sup>。

Howard 最早提出环城绿带概念<sup>[25]</sup>,后来欧阳志云等在城市规划中把围绕城市的绿色植被带以及为控制城镇化进程、城市生态环境而规划的一类城市公共绿地系统定义为绿化隔离带<sup>[26]</sup>。李继春等把湖滨区域沿水岸线的绿色公共廊道,包括绿地和其他自然、半自然要素如湿地、林地和环湖路等定义为环湖隔离带<sup>[27]</sup>。武小钢等把沿着道路栽种的植被廊道称为道路隔离带<sup>[28-30]</sup>。南海涛等在森林草原防火技术研究中提出,利用生物植被的特性配置形成生物防火林带<sup>[31]</sup>。

利用植物对富营养化和污染水土体的吸附和净化作用,把优良植物应用到滩涂和湖泊入水口、浅滩区形成的人工湿地<sup>[32]</sup>,也被称作湖滨修复带<sup>[33-34]</sup>。而位于河岸和沿海滩涂的植被带则被称为河淤滩涂带<sup>[35]</sup>。在沙漠地区由人工建植的防风固沙林<sup>[36]</sup>,被称作生态林带<sup>[37]</sup>。处于水陆生态系统的过渡地带,因建坝蓄水导致大面积遭到淹没、周期性水位涨落的自然河岸带被定义为消落带<sup>[38]</sup>。

这些名称的侧重点不同,其定义也有差异,但是它们均围绕生物植被的根系作用、景观作用以及生物植被间的交互作用等,发挥生态经济功能。目前多数学者对三生空间的分类体系研究认为,土地具有多功能性,按照土地的主体功能性进行划分较为适宜<sup>[13]</sup>。而生态隔离带也具有多功能性,按照它所处位置发挥的主体功能,得知生态隔离带与三生空间存在的联系如图 1 所示。

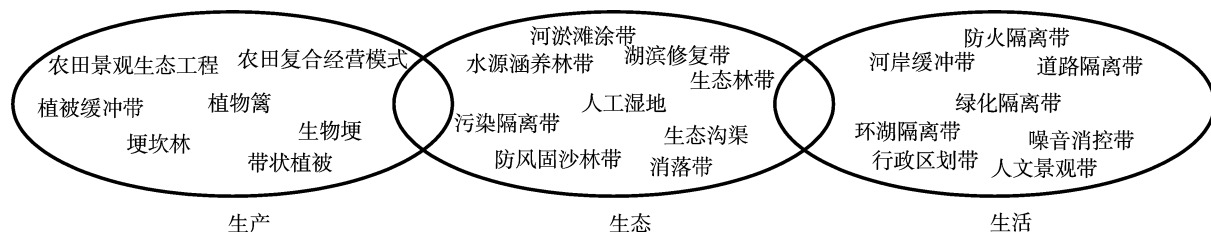


图1 生态隔离带与三生空间的关系

隔离带是在 2 个接近的空间中作为隔断的过渡空间,以达到区分不同空间的作用<sup>[27]</sup>。笔者认为,生态隔离带不只具备把 2 个接近的空间隔断的功能,同时也是利用生物工程技术,发挥生物的全方位功能性,连接、过渡、隔断相同或不同的三生空

间,起到改善空间生态环境、优化生态结构、提高生态系统稳定性、增加生态经济效益的作用,是一种空间近自然生物带系统。

### 1.3 生态隔离带的研究内容

包括:(1)以生物植被带为核心,研究处在相同

空间或不同空间之间的二次自然空间植物带的空间特性,分析它在水、土、生物、气候等方面的响应联系对空间生态环境的改善作用;(2)配置种植模式,生物多样性的相互过渡转化对生态结构的优化作用;(3)生物植被带对土壤污染的隔断修复效应及其对生态系统的稳定作用;(4)集约利用土地,以相关收入产出价值量来衡量生态经济效益。

## 2 生态隔离带的空间特性

生态隔离带不仅具有生物植被的生理性质,它还表现出空间方面的独特性质。生态隔离带具有连接性、过渡性和隔断性。连接性是指生态隔离带能将 2 个以上空间属性相同或相异的独立空间单元连接在一起,空间单元表现出“和睦友好”的关系<sup>[39]</sup>。过渡性是指生态隔离带使独立空间单元的性质产生变化(如劣等地转变为高等地),或使独立空间单元的属性发生转变(如退耕还林)<sup>[40]</sup>。隔断性是指生态隔离带将 2 个以上空间属性相同或相异的独立空间单元隔绝阻断,空间单元表现出“互不来往”的关系<sup>[41]</sup>。生态隔离带的空间特性详见表 1。

## 3 生态隔离带的功能作用

### 3.1 保持水土,改善空间生态环境

生态环境是指影响人类生存与发展的水资源、土地资源、生物资源、气候资源等在数量与质量上的总称,是关系到社会和经济持续发展的复合生态系统<sup>[64-65]</sup>。

3.1.1 生态隔离带的疏水保水作用 生态隔离带能调节降雨径流,同时又能调控水分入渗,增加土壤水分库容,缓解季节性缺水造成的干旱问题。孙辉等进行登高植物篱水分动态研究表明,植物篱模式有利于雨季调节地表径流,促进雨水下渗<sup>[42]</sup>,提高系统中土壤水分周转库容,从而有利于改善旱季土壤水分条件<sup>[66-67]</sup>。李铁等也发现,随着植物篱种植年限增加,土壤侵蚀量逐年减少直至恒定<sup>[68]</sup>。史亮涛等通过测定降水量、径流量、泥沙量等的年际变化,发现植物篱治理区径流发生次数明显减少,降水量与径流量之间的相关系数由建植物篱前的显著相关变为不显著<sup>[69]</sup>。何国亚等研究表明,在旱坡地上间作植物篱具有保水保墒效果,这种效果在坡度平缓时不怎么明显,随坡度增高而加大<sup>[46]</sup>。

水资源对空间生态环境具有重要的调节作用,特别是生态用水,它影响着人们的生产生活,如同

生态系统的“绿圈”流淌着的“血液”<sup>[70]</sup>。生态隔离带的疏水保水作用对防治生态环境恶化,改善生态环境有巨大的影响作用<sup>[71]</sup>。

3.1.2 生态隔离带的固土松土作用 生态隔离带可以改变土壤结构,减少土壤侵蚀。殷庆元等研究生物地埂对土壤可蚀性的影响时发现,梯田生物埂的土壤紧实度和水稳性大团聚体显著增加,抗冲性和抗蚀性整体上较裸土地埂显著改善,说明生物地埂的长期利用可以有效增强土壤抗冲和抗蚀能力<sup>[72]</sup>。郭天雷等的研究表明生物埂提高了土壤大团聚体含量,增强了土壤结构稳定性<sup>[73-74]</sup>。涂洋等对植物篱根系生物量、抗拉强度及土体抗冲抗蚀强度进行测定,结果表明人工建植地埂抗冲抗蚀性最大,在植物篱根系生长区的土体稳定性较高<sup>[75]</sup>。段青松等也通过测定根土复合体的抗剪强度来说明草本植物根系的固土能力<sup>[76]</sup>。党宏忠等指出植物篱能明显促进隔离带内黏粒和微团聚体的富集<sup>[77]</sup>。刘绪军等在沟壑区研究植物篱固埂作用中指出,根系盘绕土体从而增强了土壤的抗冲刷能力<sup>[78]</sup>。

土地资源对空间生态环境具有稳定支撑作用<sup>[79]</sup>,土地资源处在不同位置形成的作用对生态环境有很大影响。例如,在库区消落带,土体的松散会对库区蓄水产生损害<sup>[80]</sup>。在风沙区,土体松散还会造成雾霾,影响人们的生活质量<sup>[81]</sup>。

### 3.2 保持生物多样性,优化生态结构

生态结构是生态系统的构成要素及其时空分布和物质、能量循环转移的途径<sup>[82]</sup>,是可人为控制的生物种群结构<sup>[83]</sup>。不同的生物种类、种群数量、种的空间配置、种的时间变化具有不同的结构特点和不同功效,包括平面、垂直、时间和食物链结构。而生物多样性是生态系统生产力、稳定性、抵抗生物入侵以及养分动态的主要决定因素,生物多样性越高,生态系统功能结构则越复杂,生态系统的服务质量也就越高越稳定<sup>[84]</sup>。

3.2.1 生态隔离带的带内生物多样性 生态隔离带的内带生物配置,可以对生物种类、种群数量进行控制优化,从而达到对生态结构优化设计的目的。生态廊道在生物多样性的保护中有重要作用,而生物多样性也影响着廊道的结构稳定性<sup>[85]</sup>。生态隔离带具有空间景观异质性,景观格局变化会影响生物多样性,进而影响生态系统结构<sup>[86]</sup>。许建晶等在坡耕地种植植物篱研究中发现,多种混种生态隔离带比单种的更能改变耕层下的空隙度<sup>[87]</sup>。姜

表 1 生态隔离带的空间特性

特性	异同	空间类别	实例	说明
连接性	相同	生产	田块 - 田块	在梯田的田埂上种植植物篱可以调节相邻田块间的水分和养分 <sup>[42]</sup>
		生态	林草区 - 林草区	植建生态廊道能连接空间景观 <sup>[43]</sup> , 增加相邻林草区的生物交流联系, 丰富生物多样性 <sup>[44]</sup>
	不同	生产 - 生态	耕作区 - 湖区	植被缓冲带能分散降雨径流, 减缓对湖区边坡和底部的下蚀, 同时能稳固耕地的边坡, 防止滑坡 <sup>[33]</sup>
			耕作区 - 林草区	在耕地与林地交汇处, 可以植建灌木或小型乔木生态隔离带, 防治森林退化 <sup>[45]</sup>
过渡性	相同	生产	田块 - 田块	通过绿植改善土壤理化性质, 增加土壤有机质含量, 提高土壤肥沃度 <sup>[46]</sup>
			盐碱地 - 耕地	通过生态修复带减轻土地盐碱化程度, 由重变轻 <sup>[47]</sup>
			工矿土地 - 耕地	工矿废弃土地通过植被吸收重金属, 可以减少土地污染量, 达到可耕作的条件 <sup>[48]</sup>
		生活	排水沟 - 生态沟	在排水沟内引种修复植被, 对生活废水进行富营养离子的吸收剥离 <sup>[49]</sup>
	生态		草地 - 林地	配置生态林带, 通过生物多样性, 增加生物群落, 促进生物演替 <sup>[50]</sup>
			沙漠 - 绿地	在沙漠化防治中, 生态隔离带可固沙保水, 繁殖蔓延, 增加生物量, 提高密闭度 <sup>[51-52]</sup>
	不同	生产 - 生活	居住用地 - 耕地	废弃居住用地变为耕地前, 须利用机械且配合生态隔离带的施用进行改土改肥 <sup>[53]</sup>
		生产 - 生态	耕地 - 林地	在退耕还林时, 通过林草带种植把土地利用性质进行变更 <sup>[54]</sup>
			工矿土地 - 林草地	工矿用地土体板结, 受损污染严重, 植被修复后可变为林业用地 <sup>[55]</sup>
		生活 - 生态	居住用地 - 林地	在异地搬迁中, 特别是高山区, 不能作为耕地使用的, 通过植建人工林草带, 变为林地 <sup>[56]</sup>
隔断性	相同	生产	田块 - 田块	在农业面源污染防治中, 利用生态隔离带, 可在田面或田坎上层层设防, 阻隔污染流向 <sup>[57]</sup>
			工矿区 - 耕作区	生态隔离带通过对废弃物的修复防治, 减少废弃物进入耕作区 <sup>[58]</sup>
		生活	居住区 - 道路	在道路旁布设生态隔离带, 可以减小噪音污染对居住区居民的危害 <sup>[59]</sup>
	生态		林区 - 林区	在林区设置防火隔离带, 可以有效隔断火灾的蔓延传递, 可防控森林火灾的发生 <sup>[31]</sup>
	不同	生产 - 生活	工矿区 - 居住区	工业排放的“三废”必然影响周围的居民, 生态隔离带能减小废弃物对居住的危害 <sup>[60]</sup>
		生产 - 生态	耕地 - 湖区	农业面源污染物最后由河流流入湖区, 在耕作区和湖区之间植建生态隔离带能提高湖区水质安全 <sup>[34]</sup>
			工矿用地 - 林草地	在矿山开采中, 一些酸性物质会损害林草的生长, 配置合理的超累积植物能隔断其对林草地的损害 <sup>[61]</sup>
	生活 - 生态		工矿用地 - 湖区	生态隔离带对工矿区的废液阻隔, 可以提高湿地湖滨生态系统稳定性 <sup>[34]</sup>
			耕作区 - 沙漠区	防风固沙林带能阻隔风沙对农作物的毁坏 <sup>[62]</sup>
			居住区 - 沙漠区	防风固沙林带能阻隔风沙侵入居住区, 减少大气污染 <sup>[36]</sup>
			居住区 - 林区	在居住区靠近林区时, 生态隔离带的建立不仅要考虑其防火作用 <sup>[31]</sup> , 还要考虑蛇鼠害虫对居住区的影响
			居住区 - 湖区	居住区产生的人造污染对水质也会造成危害, 在居住区设置生态隔离带对湖区有重要作用 <sup>[63]</sup>

俊等在人工林改造后研究生物多样性时发现, 改造后灌木层和草本层的丰富度、均匀度指数均高于未改造纯林<sup>[56]</sup>。随着时间的推移, 带内生物进行演替, 物种丰富度与谱系多样性随之增加, 生态结构的垂直结构和食物链结构也变得复杂多样<sup>[88]</sup>。

3.2.2 生态隔离带的交互生物多样性 生态隔离带还可以通过对自身的设置影响周围生物群落。

郑好等把生态隔离带表述为生态廊道, 认为它能连接被隔断的空间景观, 可以保护和恢复生物多样性、优化生态结构, 发挥生态功能作用<sup>[89]</sup>。绿道作为一种线形绿色开敞空间, 通常沿着河滨、溪谷、山脊、风景道路等自然和人工廊道建立, 会影响相邻区域的植被受光受雨条件及生物栖息活动<sup>[90]</sup>, 改变生物多样性。杜劲松等在营林技术研究中, 通过对

林带疏透度、有效防护距离和占地面积,对林带结构进行了生态结构修复设计,使其对入侵的病虫草害进行有效控制<sup>[91]</sup>。国国雄研究了毛乌素沙地人工植被的物种群落和结构配置,提出了适应不同立地类型的人工植被合理结构、优化配置模式及调控技术<sup>[92]</sup>。

### 3.3 修复保护生态,提高生态系统稳定性

生态系统稳定性即为生态系统所具有的保持或恢复自身结构和功能相对稳定的能力<sup>[93]</sup>,主要通过反馈调节来完成<sup>[94]</sup>,不同生态系统的自调能力不同。

**3.3.1 生态隔离带的面源污染防控** 通过对国内外农业面源污染研究资料的分析,农业面源污染的形式主要有化肥污染、农药污染、农膜污染、秸秆燃烧污染、养殖业污染及水土流失等<sup>[95-96]</sup>。目前,比较好的防治措施有最佳农田管理措施、植被过滤带和人工湿地<sup>[97-100]</sup>。国外主要通过设置宽广的生物隔离带来控制氮、磷的径流迁移,如加拿大有一种草地-树木过滤带系统,可以显著降低径流的污染物含量<sup>[98]</sup>。朱金格等在太湖地区进行面源污染的防控研究中提出了生态沟-湿地系统,它能减缓流速,促进流水携带颗粒物质的沉淀,利于植物对沟壁、水体和沟底中逸出养分的立体式吸收和拦截<sup>[99]</sup>。建立生态隔离带,利用植被进行面源污染的防控,其实就是帮助生态系统通过负反馈调节,使流入河流和湖区的污染物减少,生活在河流和湖区的生物得以生长,而生长的植被又更好地控制污染物,循环持续。

**3.3.2 生态隔离带的重金属污染修复** 重金属污染土壤的植物修复技术可分为植物提取、植物挥发、植物稳定等 3 种类型<sup>[58]</sup>。植物提取即利用重金属超积累植物从土壤中吸取金属污染物,目前已发现有 700 多种超积累重金属植物<sup>[61]</sup>。植物挥发是利用植物根系吸收金属,将其转化为气态物质挥发到大气中,目前研究较多的是汞(Hg)和硒(Se)<sup>[48]</sup>,湿地上的某些植物可以清除土壤中的 Se<sup>[61]</sup>。植物稳定是通过金属在植物根部的积累、沉淀或根表吸收来加强土壤中重金属的固化。如,植物根系分泌物能改变土壤根际环境,可使多价态的铬(Cr)、Hg、砷(As)的价态和形态发生改变,影响其毒性效应<sup>[58]</sup>,这也是生态隔离带促进生态系统的负反馈调节,提高生态系统的稳定性。

### 3.4 增加生态经济效益

生态经济是指在生态系统承载能力范围内,运

用生态经济学原理和系统工程方法,挖掘一切可以利用的资源潜力,发展一些经济发达、生态高效的产业,建设生态健康、景观适宜的环境<sup>[101-102]</sup>。

**3.4.1 生态隔离带的直接价值** 生态隔离带种植简单、投入少,自身具有经济性,可以用作绿肥,而且还可以把田块间未利用的土地充分利用起来,增加有效耕地面积。蒲玉琳等对植物篱的单位投入产出进行分析计算,得出投资回报年限最短且经济效益较好的植物篱类型<sup>[103]</sup>。唐亚等在植物篱技术可持续耕作中的应用研究中也说明了该技术具有低投入、易操作、实效好、效益多样等特点,对植物篱技术的应用经济性作了回答<sup>[104]</sup>。吴东平等在研究埂坎造林经济价值时指出,埂坎林能提供薪柴,可减缓煤炭等不可再生资源的开采<sup>[105]</sup>。杜旭等在梯田改良植物篱与石坎效益研究中指出,石坎梯田投入高,而植物篱投入低,且产出效益明显<sup>[106]</sup>。

**3.4.2 生态隔离带的间接价值** 生态隔离带还能使相邻作物得到恩惠。段义宇在分析埂坎林对作物产量影响研究中,指出乔木、灌木、草本植物的景观形态不同会影响作物日照,从而影响光合作用的效率,合理布置能间接提高作物产量<sup>[22]</sup>。袁运亮等在四川宁南研究甘蔗种植技术中引入固氮植物篱后,甘蔗单位面积产量比传统旱坡地高,甘蔗种植期用水量比传统旱坡地低<sup>[107]</sup>。王丽华等通过对林地间作绿篱的多年观测发现,无论在荒山造林还是在经济林造林,豆类绿篱能够提高造林树种的生长量<sup>[108]</sup>。邱才飞等研究耕种模式对花生产量及降水利用的影响中发现,植物篱+农作物的经营模式在配置合理的情况下可以促进作物增产,增加附加产值<sup>[109]</sup>。焦金鱼等通过生态隔离带+舍饲养殖经营模式将牧草转化为肉禽蛋奶增值<sup>[110]</sup>。龙会英等在庭院经济种草养兔模式研究中,利用生态隔离带草本嫩叶进行混合饲喂肉兔效果及经济效益研究,结果表明饲喂效果较好,适宜扩大种植和发展养殖业,为各地养殖产业提供新思路<sup>[111]</sup>。

## 4 生态隔离带的研究结论与展望

### 4.1 结论

从生态隔离带的空间特性来看,(1)在连接性方面,生态隔离带对生活空间、生活生产空间及生活生态空间的运用很少见。原因是生态隔离带的性质与生活空间的性质相差太多,生活空间多以硬化设施为主,虽也运用到绿色植被带,但不具有空

间连接性。生态隔离带与生产空间、生态空间的性质接近。(2)在过渡性方面,生态隔离带对生产空间的作用主要体现在地力的修复提升上,对生态空间更多是生物多样性的恢复。而在不同空间之间的转化上,它更多应用为生态修复,为土地利用类型变更服务。(3)在隔断性方面,生态隔离带在生产空间和生活空间及与生态空间的交界处应用较多,这是因为生产生活是制造污染最多也是最为严重的空间,隔断性体现在污染源、流、面的控制阻隔上,而在生态空间内生态系统可以自我净化为数不多的污染物。

从生态隔离带的功能作用来看,(1)在改善空间生态环境方面,生态隔离带在水资源、土资源、生物资源等方面的研究颇多且内容丰富,但对气候的研究却不多。生态隔离带对气候或环境有明确影响,但如何通过科学的理论和有力的数据指标来体现,是亟待解决的问题。(2)在优化生态结构方面,生态隔离带在水平、垂直结构有很多研究(比如种植不同草本植物、木本草本的间作模式);在时间结构上多依赖于原有种植制度,少有优化的种植制度提出;而在食物链结构上,对害虫的防治研究较多,但利用生态隔离带进行食物链结构优化而防治害虫的研究较少。(3)在提高生态系统稳定性方面,生态隔离带主要是对污染的隔断修复,缓解生态系统对自身结构的调整,而且生态隔离带加入该区域生态系统,本身也就是对生态系统结构的调整。但生态隔离带的修复能力对恢复生态系统反馈调节能力或者说对提高生态系统稳定性的贡献率如何评价,目前仍不明确。(4)在增加生态经济效益方面,生态隔离带在保持良好的生态效益的同时还能产生经济效益,对任何空间来说都是有利的。

#### 4.2 展望

生态隔离带在三生空间中应用颇多,且从微观尺度对生态隔离带自身的研究占大多数,而生态隔离带与相邻空间的交互响应作用少有研究。随着生态文明建设步伐的加快,在生产、生活、生态三大空间体系的建立下,会更多地应用到生态隔离带,生态隔离带具备的良好“素质”如何发挥效用值得思考,它的理论基础须要继续补充和完善。

#### 参考文献:

[1] 许宪春. 绿色经济发展与绿色经济核算[J]. 统计与信息论坛, 2010, 25(11): 20-23.

[2] 薛智超, 同慧敏, 杜文鹏, 等. 自然资源资产负债表编制中土地资源过耗负债的核算方法研究[J]. 资源科学, 2018, 40(5): 919-928.

[3] 邵光学. 系统把握中国生态文明建设的贡献[J]. 系统科学学报, 2019, 27(4): 70-76.

[4] 赵根. 浅谈化肥农药污染控制与防治[J]. 农业科技通讯, 2018(1): 188-190.

[5] 衡通, 王振华, 张金珠, 等. 新疆农田排水技术治理盐碱地的发展概况[J]. 中国农业科技导报, 2019, 21(3): 161-169.

[6] 曹开银, 丁海涛, 邓超, 等. 湿地水生植物对富营养化水体的净化效果研究[J]. 生物学杂志, 2019, 36(1): 39-42.

[7] Jing L, Kok F S, Jin C. Water resources and water pollution emissions in China's industrial sector: a green-biased technological progress analysis[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 229(1): 1412-1426.

[8] Shen Y D, Ahlers A L. Local environmental governance innovation in China: staging 'triangular dialogues' for industrial air pollution control[J]. Journal of Chinese Governance, 2018, 3(3): 351-369.

[9] 何军良, 祝亚平, 朱密, 等. 土壤中重金属污染的植物修复强化技术概览[J]. 安全与环境工程, 2019, 26(1): 58-63, 76.

[10] 马国霞, 周夏飞, 彭菲, 等. 2015 年中国生态系统生态破坏损失核算研究[J]. 地理科学, 2019, 39(6): 1008-1015.

[11] 习近平. 推动我国生态文明建设迈上新台阶[J]. 奋斗, 2019(3): 1-16.

[12] 李广东, 方创琳. 城市生态-生产-生活空间功能定量识别与分析[J]. 地理学报, 2016, 71(1): 49-65.

[13] 张红旗, 许尔琪, 朱会议. 中国“三生用地”分类及其空间格局[J]. 资源科学, 2015, 37(7): 1332-1338.

[14] 刘继来, 刘彦随, 李裕瑞. 中国“三生空间”分类评价与时空格局分析[J]. 地理学报, 2017, 72(7): 1290-1304.

[15] 于莉, 宋安安, 郑宇, 等. “三生用地”分类及其空间格局分析——以昌黎县为例[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(2): 89-96.

[16] Sutton R K. Landscape ecology of hedgerows and fencerows in Panama township, Lancaster county, Nebraska[J]. Great Plains Research, 1992, 2(2): 223-254.

[17] Baudry J, Bunce R H, Burel F. Hedgerows: an international perspective on their origin, function and management[J]. Journal of Environmental Management, 2000, 60(1): 7-22.

[18] Adhikary P P, Hombegowda H C, Barman D, et al. Soil erosion control and Carbon sequestration in shifting cultivated degraded highlands of eastern India: performance of two contour hedgerow systems[J]. Agroforestry Systems, 2017, 91(4): 757-771.

[19] Kevin J W, Delucia E H. Black walnut alley cropping is economically competitive with row crops in the Midwest USA[J]. The Bulletin of the Ecological Society of America, 2019, 100(1): e01500.

[20] 卢喜平, 徐明曦, 巨莉. 宁南县坡耕地等高固氮植物篱技术综述[J]. 四川水利, 2017, 38(1): 62-64, 72.

[21] Daniel P B, Domene F, Gandara F B. Shade trees composition and diversity in cacao agroforestry systems of southern Pará, Brazilian

- Amazon[J]. *Agroforestry Systems*, 2019, 93(4): 1409–1421.
- [22] 段义宇. 埂坎林草对梯田土壤水分及作物产量的影响[J]. *人民黄河*, 1995(8): 23–24.
- [23] 张宇清, 齐 实. 中国梯田生物埂研究: 现状和方向[J]. *世界林业研究*, 2002, 15(3): 49–53.
- [24] 赵桂恒, 贾文涛, 柳晓蕾. 土地整理过程中农田景观生态工程建设[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(11): 114–119.
- [25] Howard E. *Garden cities of tomorrow* [M]. London: Swan Sonnenschein, 1898.
- [26] 欧阳志云, 王如松, 李伟峰, 等. 北京市环城绿化隔离带生态规划[J]. *生态学报*, 2005, 25(5): 965–971.
- [27] 李继春, 蒋亚男. 滨湖城市环湖隔离带设计研究——以武汉市中心城区湖泊为例[J]. *城市建筑*, 2014(6): 50, 55.
- [28] 武小钢, 蔺银鼎. 城市道路隔离带绿化模式对人行道空气质量的影响评价[J]. *环境科学学报*, 2015, 35(4): 984–990.
- [29] 骆 汉, 史常青, 田 佳, 等. 高速公路绿化带土壤水分动态变化规律研究[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2014, 42(1): 183–188.
- [30] 潘家德. 高速公路绿化景观改造研究[J]. *绿色环保建材*, 2018(3): 138.
- [31] 南海涛, 刘礞霖, 宋来萍. 免机耕防火隔离带技术在森林草原的应用研究[J]. *森林工程*, 2013, 29(5): 73–75.
- [32] Yang L, Yuan C S. Analysis of carbon sink effects for saline constructed wetlands vegetated with mangroves to treat mariculture wastewater and sewage[J]. *Water Science & Technology*, 2019, 79(8): 1474–1483.
- [33] 颜昌宙, 金相灿, 赵景柱, 等. 湖滨带退化生态系统的恢复与重建[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(2): 360–364.
- [34] 李婧慧, 沈振华, 吴荣华, 等. 太湖冲山湖滨带生态修复工程对富营养化水体的作用[J]. *淮海工学院学报(自然科学版)*, 2018, 27(2): 86–92.
- [35] 黄 霄. 基于生态修复原则的沿海滩涂景观设计研究[D]. 南京: 南京艺术学院, 2013: 3–30.
- [36] 厉静文, 刘明虎, 郭 浩, 等. 防风固沙林研究进展[J]. *世界林业研究*, 2019, 32(5): 28–33.
- [37] 薛春泉. 广东省生态景观林带建设技术探讨[J]. *广东林业科技*, 2012, 28(1): 96–99.
- [38] 郭 燕, 杨 邵, 沈雅飞, 等. 三峡水库消落带现存植物自然分布特征与群落物种多样性研究[J]. *生态学报*, 2019, 39(12): 4255–4265.
- [39] 欧维新, 李海丹. 土地整理对项目区生境景观连接度的影响[J]. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 2015, 46(5): 682–687.
- [40] 康佳鹏, 马盈盈, 马淑琴, 等. 荒漠绿洲过渡带柽柳种群结构与空间格局动态[J]. *生态学报*, 2019, 39(1): 265–276.
- [41] 竺宏飞, 王 茜. 双河市生态隔离带建设规划[J]. *长江大学学报(自科版)*, 2016, 13(25): 67–70.
- [42] 孙 辉, 谢嘉穗, 唐 亚, 等. 农林复合经营模式对干热河谷退化坡地土壤水分参数的影响[J]. *水土保持研究*, 2004, 11(3): 25–27, 40.
- [43] 单 楠, 周可新, 潘 扬, 等. 生物多样性保护廊道构建方法研究进展[J]. *生态学报*, 2019, 39(2): 411–420.
- [44] 郭秀娟, 税嘉陵, 钱小琴. 山西大同沿古长城生态廊道构建[J]. *中国城市林业*, 2019, 17(3): 75–79.
- [45] 杨贵生. 阿尔泰山退化林地生态修复措施[J]. *农村科技*, 2018(10): 42–43.
- [46] 何国亚, 陈一兵, 林超文. 经济植物篱保墒效果灰色分析[J]. *西南农业大学学报(自然科学版)*, 2004, 26(1): 10–14, 34.
- [47] 朱建峰, 崔振荣, 吴春红, 等. 我国盐碱地绿化研究进展与展望[J]. *世界林业研究*, 2018, 31(4): 70–75.
- [48] 崔德杰, 张玉龙. 土壤重金属污染现状与修复技术研究进展[J]. *土壤通报*, 2004, 35(3): 366–370.
- [49] 杨 勇, 田 昌, 谢桂先, 等. 生态沟渠吸收氮磷效果研究[J]. *湖南农业科学*, 2019(1): 39–42.
- [50] 涂理会, 林翠娥. 生态林建设中的树种选择[J]. *现代园艺*, 2019(12): 166–167.
- [51] Greening the desert[J]. *Gulf Construction*, 2019(1): 5–10.
- [52] 廉 民, 王朝晖. “死亡之海”的绿色天路——塔里木沙漠公路绿化纪实[J]. *国土绿化*, 2018(2): 36–37.
- [53] 武 婕, 李增兵, 李玉环, 等. 基于TM影像植被指数的耕地地力状况反演研究[J]. *自然资源学报*, 2015, 30(6): 1035–1046.
- [54] 王 林. 营造林技术在退耕还林中的应用[J]. *吉林农业*, 2019(8): 97.
- [55] 张维静. 陕西北部生产建设项目扰动区植被配置[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016: 3–15.
- [56] 姜 俊, 刘宪钊, 贾宏炎, 等. 杉木人工林近自然化改造对林下植被多样性和土壤理化性质的影响[J]. *北京林业大学学报*, 2019, 41(5): 170–177.
- [57] 赵永宏, 邓祥征, 战金艳, 等. 我国农业面源污染的现状与控制技术研究[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(5): 2548–2552.
- [58] 张 从, 夏立江. 污染土壤生物修复技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000: 3–16.
- [59] 王 慧, 郭晋平, 张芸香, 等. 公路绿化带降噪效应及其影响因素研究[J]. *生态环境学报*, 2010, 26(6): 1403–1408.
- [60] 陆 伟, 管志云, 李 平. 重金属污染土壤修复技术的发展现状和趋势[C]//《环境工程》2018年全国学术年会论文集(下册), 2018.
- [61] 霍文敏, 邹 茸, 王 丽, 等. 间作条件下超积累和非超积累植物对重金属镉的积累研究[J]. *中国土壤与肥料*, 2019(3): 165–171.
- [62] 左 忠, 潘占兵, 张安东, 等. 干旱风沙区农田防护林网空间风速与地表风蚀特征[J]. *农业工程学报*, 2018, 34(2): 135–141.
- [63] 万 琼, 雷 茹, 张 波. 生物生态耦合系统对分散式农村生活污水的深度净化[J]. *环境工程学报*, 2019, 13(7): 1602–1611.
- [64] 徐燮彪. 改善生态环境拓展用地空间——余姚市精心打造废弃矿山生态治理区域模式[J]. *浙江国土资源*, 2019(1): 54–55.
- [65] 赵其国, 黄国勤, 马艳芹. 中国生态环境状况与生态文明建设[J]. *生态学报*, 2016, 36(19): 6328–6335.
- [66] 孙 辉, 唐 亚, 赵其国, 等. 干旱河谷区坡耕地等高植物篱种植系统土壤水分动态研究[J]. *水土保持学报*, 2002, 16(1): 84–87, 103.

- [67] 彭艳平, 高超, 张旭, 等. 干湿两季等高绿篱红壤浅沟坡面土壤水分空间变化[J]. 华中农业大学学报, 2013, 32(2): 61–66.
- [68] 李铁, 谌芸, 何丙辉, 等. 天然降雨下川中丘陵区不同年限植物篱水土保持效用[J]. 水土保持学报, 2019, 33(3): 27–35.
- [69] 史亮海, 金杰, 张明忠, 等. 云南干热河谷旱坡地南洋樱植物篱水土保持效益研究[J]. 草原与草坪, 2010, 30(4): 76–80.
- [70] 徐俏, 叶茂, 徐海量, 等. 塔里木河下游生态输水对植物群落组成、多样性和稳定性的影响[J]. 生态学杂志, 2018, 37(9): 2603–2610.
- [71] 鲁娟, 方龙忠. 浅谈“南水北调”西线工程对临泽县水资源利用与生态环境保护的促进作用[J]. 农业科技与信息, 2019(11): 43–44.
- [72] 殷庆元, 王章文, 谭琼, 等. 金沙江干热河谷坡改梯及生物埂对土壤可蚀性的影响[J]. 水土保持学报, 2015, 29(1): 41–47.
- [73] 郭天雷, 胡雪琴, 黄先智, 等. 紫色丘陵区坡耕地生物埂土壤结构特征及其对入渗的影响[J]. 水土保持学报, 2015, 29(1): 36–40.
- [74] 秦川. 六棱型网格式生物埂护坡上黄花根系特征及对土壤性质影响的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2013: 4–20.
- [75] 涂洋. 秦巴山区“土质地硬+石坎”梯田模式稳定方法研究与优化[D]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2013: 3–15.
- [76] 段青松, 赵燚柯, 杨松, 等. 不同草本植物根系提高无侧限受压土体的抗剪强度[J]. 土壤学报, 2019, 56(3): 650–660.
- [77] 党宏忠, 党汉瑾, 李卫, 等. 黄土区两种植物篱不同部位土壤持水特征对比[J]. 水土保持通报, 2015, 35(3): 78–84.
- [78] 刘绪军, 延秀杰. 黑土区植物篱带对土壤抗蚀性作用效果研究[J]. 土壤通报, 2018, 49(5): 1214–1219.
- [79] 封志明, 李鹏. 承载力概念的源起与发展: 基于资源环境视角的讨论[J]. 自然资源学报, 2018, 33(9): 1475–1489.
- [80] 周紫璇, 陆颖, 钟荣华, 等. 大坝运行对水库消落带土壤环境影响研究进展[J]. 水文, 2019, 39(1): 15–19.
- [81] 杨东贞, 颜鹏, 徐祥德. 北京风沙天气的气溶胶特征[J]. 应用气象学报, 2002, 13(特刊): 185–194.
- [82] University of Oregon. When species compete, physical structures and ecological relationships matter[N]. Science Daily, 2019–01–23.
- [83] 范海青, 王凌文, 殷操, 等. 潜流人工湿地生态结构优化及水质净化研究[J]. 四川环境, 2018, 37(1): 78–83.
- [84] 李奇, 朱建华, 肖文发. 生物多样性与生态系统服务——关系、权衡与管理[J]. 生态学报, 2019, 39(8): 2655–2666.
- [85] 钱海源, 张田田, 陈声文, 等. 古田山自然保护区阔叶林与两种人工林的群落结构和生物多样性[J]. 广西植物, 2018, 38(10): 1371–1381.
- [86] 卢训令, 刘俊玲, 丁圣彦. 农业景观异质性与生物多样性与生态系统服务的影响研究进展[J]. 生态学报, 2019, 39(13): 4602–4614.
- [87] 许建品, 刘家鹤, 罗珠珠, 等. 黄土高原坡耕地植物篱—作物复合系统土壤理化性质研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2018, 53(5): 100–108.
- [88] 卜文圣. 海南岛热带天然林生物多样性与生态系统功能关系的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2013: 4–16.
- [89] 郑好, 高吉喜, 谢高地, 等. 生态廊道[J]. 生态与农村环境学报, 2019, 35(2): 137–144.
- [90] Kenneth F K, Duchamp J E, Swihart R K. Niche breadth and vertebrate sensitivity to habitat modification: signals from multiple taxa across replicated landscapes [J]. Biodiversity and Conservation, 2019, 28(10): 2647–2667.
- [91] 杜劲松, 曾小春. 林业病虫害防治中营林技术的应用分析及发展趋势[J]. 农业与技术, 2018, 38(1): 67–68.
- [92] 高国雄. 毛乌素沙地东南缘人工植被结构与生态功能研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2007: 3–19.
- [93] 李霞, 杜世勋, 桑满杰, 等. 山西省自然保护区生态系统格局及稳定性变化趋势研究[J]. 自然资源学报, 2018, 33(2): 208–218.
- [94] 王健. 浅析生态系统的反馈调节[J]. 生物学教学, 2011, 36(12): 65.
- [95] 李秀芬, 朱金兆, 顾晓君, 等. 农业面源污染现状与防治进展[J]. 中国人口资源与环境, 2010, 20(4): 81–84.
- [96] 刘钦普. 国内农田氮磷面源污染风险控制研究进展[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(1): 1–5.
- [97] 赵永宏, 邓祥征, 战金艳, 等. 我国农业面源污染的现状与控制技术研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(5): 2548–2552.
- [98] Duchemin M, Hogue R. Reduction in agricultural non-point source pollution in the first year following establishment of an integrated grass/tree filter strip system in southern Quebec (Canada) [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2009, 131(1/2): 85–97.
- [99] 朱金格, 张晓姣, 刘鑫, 等. 生态沟—湿地系统对农田排水氮磷的去除效应[J]. 农业环境科学学报, 2019, 38(2): 405–411.
- [100] 杨林章, 冯彦房, 施卫明, 等. 我国农业面源污染治理技术研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(1): 96–101.
- [101] 陈克恭, 师安隆. “绿水青山就是金山银山”对发展生态经济的新启示——以甘肃省为例[J]. 环境保护, 2019, 47(5): 8–12.
- [102] 范恒山. 推进循环经济发展 助力生态文明建设[J]. 宏观经济管理, 2018(1): 10–11, 25.
- [103] 蒲玉琳, 谢德体, 丁恩俊. 坡地植物篱技术的效益及其评价研究综述[J]. 土壤, 2012, 44(3): 374–380.
- [104] 唐亚, 谢嘉穗, 陈克明, 等. 等高固氮植物篱技术在坡耕地可持续耕作中的应用[J]. 水土保持研究, 2001, 8(1): 104–109.
- [105] 吴东平, 马海霞. 定西市梯田埂坎林绿化效益分析[J]. 中国水土保持, 2012(5): 23–24.
- [106] 杜旭, 李顺彩, 彭业轩. 植物篱与石坎梯田改良坡耕地效益研究[J]. 中国水土保持, 2010(9): 39–41.
- [107] 袁运亮, 孙辉, 唐亚, 等. 等高固氮植物篱间作甘蔗技术[J]. 甘蔗, 2002, 9(3): 6–8.
- [108] 王丽华, 肖恩, 兰海, 等. 攀枝花干热河谷等高生物绿篱造林技术[J]. 攀枝花科技与信息, 2005, 30(4): 30–42.
- [109] 邱才飞, 彭春瑞, 钱银飞, 等. 不同耕种模式对红壤旱坡地花生产量及降水利用的影响[J]. 中国水土保持科学, 2014, 12(1): 29–32.
- [110] 焦金鱼, 贵立德, 贾占功. 紫花苜蓿在梯田埂坎生态空间开发中的应用研究[J]. 中国水土保持, 2013(2): 27–29.
- [111] 龙会英, 金杰, 张德, 等. 豆科牧草和灌木在元谋干热河谷小流域综合治理的应用研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(2): 254–258.