

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20211102

• 绿色发展 •

果园生草复合种养循环模式效应分析*

——基于云南泸西县果园比较研究

农一鑫¹, 钱小平^{1,2}, 尹昌斌^{3*}, 万永全⁴, 付利波⁵

(1. 东京大学农学生命科学研究科, 日本东京 113-8657; 2. 日本国际农林水产业研究中心, 日本筑波 305-8686;
3. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 4. 红河州泸西县农业技术推广中心, 云南泸西 652499;
5. 云南省农业科学院农业环境资源研究所, 昆明 650205)

摘 要 [目的] 探讨果园生草复合种养循环模式的经济与生态环境综合效应, 促进果园生草模式的多元应用。[方法] 文章通过实地调研获取2019年云南省泸西县果园生产数据, 运用生态循环理论, 系统分析果—草—畜(羊)复合种养循环模式, 并利用生态系统价值评估模型测算复合种养和清耕种植两种模式的生态系统服务价值, 对比两种模式的经济与生态环境的综合效应。[结果] 在经济效益上, 复合种养模式比清耕种植模式节约化肥6 496元/hm²、农药426元/hm², 分别降低肥料成本18%, 农药成本19%; 同时, 果园生草替代外购饲料减少饲料成本1.956 0万元/hm², 提高经济效益4.439 9万元/hm²。生态效应上, 复合种养模式增加生态系统服务价值32%, 通过减少化肥及农药投入降低环境成本33%, 由此果园综合效应提高4.998 2万元/hm²。[结论] 果园生草复合种养循环模式将果业、草业、畜牧业有机融合, 实现了农业资源高效利用, 同时节肥、节药、节饲效果显著, 是一种生态与经济协调发展的果园生态循环模式。

关键词 果园生草 复合种养 循环模式 效应分析 比较研究

中图分类号: F323.22 **文献标识码**: A **文章编号**: 1005-9121[2021]11-0007-08

0 引言

党的十九大报告将生态文明建设提升到新的高度, 提出建设美丽中国要走绿色、低碳、循环的经济发展道路。将循环经济“3R”原则(即减量化 reduce、再使用 reuse、再循环 recycle)应用于农业生产体系, 可提高资源利用效率, 减少生态环境负荷, 实现各生产环节的增值, 是建设生态文明、推动绿色发展的重要途径^[1]。我国西南地区自然条件独特, 依托山地、丘陵为主的地理地势发展特色水果产业是该区域农业发展的一大优势。目前西南果园的地面管理模式多以清耕加除草剂除草为主^[2], 模式单一, 其结果易导致水土流失及环境污染等问题。同时西南地区面临降水不均、山地和石灰岩地较多, 土壤侵蚀和地力退化等问题日趋严重。多重因素作用下导致农产品竞争力下降并加剧生态环境恶化, 严重制约西南地区果业经济的可持续发展, 因此探索循环农业发展新模式迫在眉睫。

果园生草不仅具有提高产量和改善产品品质的效果, 还具有促进土壤有机碳、氮素等营养物质循环、改善土壤结构、涵养水土、调节果园气候环境以及丰富生物多样性等多方面的生态服务功能^[3-5]。生草常用的草种有黑麦草(*Lolium perenne* L.)、紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)、白三叶(*Trifolium repens* L.)等, 这些品种具有根系浅、草量大等特点, 且富含氮磷钾以及蛋白质、脂肪、微量元素等营养物质, 常可作为优质牧草饲喂草食家畜^[6]。因此, 以生草为纽带构建循环农业模式, 一方面将牧草种植纳入农业生产, 另一方

收稿日期: 2020-04-24

作者简介: 农一鑫(1988—), 女, 广西百色人, 博士。研究方向: 耕地质量保护与环境经济研究

※通讯作者: 尹昌斌(1968—), 男, 安徽桐城人, 博士、研究员、博导。研究方向: 农业绿色发展。Email: yinchangbin@caas.cn

*资助项目: 国家绿肥产业技术体系(CARS-22)资助

面改善土壤质量并提供畜禽饲料，代表性的模式有果—草—畜禽、牛—沼—草/大田作物模式^[7]。随着近年农业产业结构的调整以及果园生草栽培技术和生态循环理念的深入，我国西南地区进行了农牧复合循环模式的推广示范，以探索适合当地气候和水土资源等自然条件的果园生态循环模式。在模式推广过程中主要存在两个问题，其一，复合种养模式需要农户同时掌握种植和养殖两种技能，较高难度使得该模式的被接受度暂时较低^[8]；其二，各部门缺乏对复合种养模式综合效应的认知。因此需要对果园复合种养循环模式的经济以及生态环境效应进行综合评价研究，为政府部门制定推广和扶持政策提供相关的实践与理论依据。

针对农牧复合种养模式的综合效应，已有研究主要从资源利用效率、生态环境效应以及养分与能量循环等角度展开讨论与分析^[8-10]。但对果园复合种养模式的研究，多在探讨果园生草对土壤结构、肥力和土壤生态环境的影响，尚未有对果园生草复合种养模式的循环机制、经济效益及其生态系统服务价值进行综合评价研究。鉴于此，文章通过对云南泸西县果园农户实地调研，获取果园清耕种植模式和果园生草复合种养模式的生产数据。首先运用生态循环农业理论，系统分析西南地区典型的果—草—畜（羊）复合种养循环模式（下文简称：复合种养模式）；其次在分析清耕种植和复合种养模式的直接经济效益的基础上，利用生态系统价值评估模型计算两种模式的生态系统服务价值，并比较不同模式的经济与生态环境综合效应，为促进果园农业绿色生产提供参考依据。

1 研究区与数据

1.1 研究区

调研地为云南省红河哈尼彝族自治州泸西县，该地地处低纬高原，气候干湿分明，是我国西南部高原原特色优势产区。全县有耕地2.19万hm²、林地6.91万hm²、荒草地0.6万hm²、中低产田占比接近50%，土壤退化是当地主要面临的生态问题。提高土壤质量，改造中低产田，发展生态保护和经济发展有机结合的高效生态循环农业，是泸西农业可持续发展和农民增收增收的关键所在。

1.2 数据来源和描述

数据收集以2019年7—8月对研究区农户进行调研访谈方式获得，具体实施首先根据农业技术推广部门提供的果园种植数据，对研究区64户优势果园从生产规模和生产水平上划分，后采用分类随机的方式从不同水平中抽取样本农户25户。样本果园总面积为74.74hm²，其中复合种养模式的果园面积为14.74hm²，占全部样本果园面积的20%。调研内容包含农户家庭基本信息、种植和养殖生产过程的投入产出状况和土地利用情况等。这里将研究对象样本分为清耕种植模式和复合种养模式，两者的特征如表1所示。

表1 两种模式果园基本家庭特征

模式	户数(户)	户主教育程度 (年)	户主平均年龄 (岁)	家庭劳动投入 (人/户)	果园面积 (hm ² /户)
清耕种植模式(A)	23	8.4	45.8	2.3	2.65
复合种养模式(B)	2	7.5	49.0	2.0	7.37

从表1可以看出两种模式的样本农户的教育程度集中在小学到初中学历，平均年龄都超过45岁。复合种养模式的样本虽然只有两户，但选取具备一定规模和示范作用，采纳果—草—畜（羊）复合种养循环模式的农户。此处需要说明的是该次调研样本尚未形成规模，因此在进行模式效应的对比分析时不考虑规模效应的影响。

2 分析方法

为探讨果园综合效应，在对复合种养模式内部的物质养分循环路径和内在作用机理进行系统剖析的

基础上,依托果农调研样本,对比分析复合种养模式与清耕种植模式的直接经济效益、生态环境效应和综合效应。

首先,直接经济效益通过收集果园化肥、农药等相关投入成本数据,计算单位面积平均施用量,利用统计分析法,推算复合种养模式在化肥、农药和饲料等关键生产环节的作用效果。计算直接经济价值包括生产投入的现金支出以及产出的现金收入,总收入减总支出得出净利润。以净利润差额反映生产模式的经济效益差别。

其次,生态环境效应分别用农业生产过程对环境产生的正效应和负效应来表示。农业生态系统包含植物、动物和微生物的生物组分,和充当物质循环和能量传递功能的水、土壤、气体等环境组分,以及生物组分和环境组分之间的相互联系,进而结合形成的生态功能^[11]。农业生态系统服务价值的研究一般通过两种方式进行,一是界定水体、土壤和气体等各组分的测定指标和参数,利用实验研究方法进行定位定量研究,但是该方法的研究结果因指标和参数选择不同会产生较大差异;二是以谢高地^[12]、Costanza^[13]提出的生态系统服务功能价值评价模型以及“中国生态系统服务价值当量因子表”为基础,推算出不同空间尺度和发展模式对生态系统服务价值的影响。这种方法是现代生态学研究的热点之一,不同生态系统的服务功能价值当量是基于农田食物生产价值来确定,但在林地、草地和果园等不同土地利用类型中均有广泛应用^[14-15]。

为统一评价指标和价值系数,全面评价果园生态系统服务价值,该文采用谢高地^[12]提出的生态系统服务价值评价方法,推算复合种养模式和清耕种植模式在气体调节、气候调节、水分涵养、土壤保持、营养物质循环、生物多样性和美学景观的七个方面的单位面积(1hm²)果园生态系统的服务价值(环境正效应)。由于复合种养模式的生态系统功能与林地、草地的功能相似度较高,该文首先假设果园是林地和草地的结合,生态服务功能大小与系统的生物量呈正向相关,不考虑系统间的相互扰动。鉴于此,计算单位面积果园生态系统服务价值公式为:

$$V_I = V_{\text{Orchard}} + V_{\text{Grass}} \quad (1)$$

$$V_{\text{Orchard}} = E_i \cdot K_F \cdot L \cdot R_F = E_i \cdot K_F \cdot \left(\frac{1}{1 + e^{(\frac{1}{L} - 3)}} \right) \cdot R_F \quad (2)$$

$$V_{\text{Grass}} = E_i \cdot K_G \cdot L \cdot R_G \cdot AR = E_i \cdot K_G \cdot \left(\frac{1}{1 + e^{(\frac{1}{L} - 3)}} \right) \cdot R_G \cdot AR \quad (3)$$

式(1)至(3)中, V_I 为复合种养模式果园生态系统服务价值, V_{Orchard} 为清耕种植果园生态系统服务价值, V_{Grass} 为引入牧草生态系统服务价值。 E_i 为单位面积农田生态系统提供的食物生产服务价值,其计算基准为生态系统服务功能价值评价模型^[12],利用2018年《云南统计年鉴》和《全国农产品成本收益汇编2018》相关数据计算结果为1774元/hm²。 K_F 和 K_G 分别为单位面积林地、草地生态系统功能的价值当量^[12], L 为发展阶段系数,根据皮尔(Pearl)生长曲线与恩格尔系数(en)求取, e 为自然对数的底; R_F 为林地削减系数,在高生物量的生态系统转化为低生物量的生态系统过程中,气体、气候、碳循环以及营养物质维持等功能受到削减,根据单位面积果树种植密度对应林地密度确定,取值为0.35^[16]。 R_G 为草地削减系数,即牧草覆盖果园面积占总面积比例,取值0.85; AR 为调整系数,依据饲草生长周期和养分还田比例实验研究结果,取值0.3^[17]。

环境经济分析中以环境成本来反映生产行为的外部负效应造成的经济损失^[18],通过计算化肥和农药投入带来的碳排放和化学物质污染环境成本来反映。

碳排放的环境成本估算模型为:

$$Q_e = \sum_{i=1}^n (C_i \cdot \delta_i \cdot P) \quad (4)$$

式(4)中, Q_e 为碳排放总量带来的环境成本, C_i 为第*i*种作物的碳排放源的使用量, δ_i 为第*i*种作物

碳排放源的排放系数, P 为碳交易价格。

化学物质污染的环境成本估算模型为:

$$C_p = \sum_{i=1}^n (Q_i \cdot MEC_i) \quad i = 1, 2, 3 \quad (5)$$

式(5)中, C_p 为化学物质污染带来的环境成本, Q_i 为第 i 种作物的化学物质投入量, MEC_i 为化学物质单位投入带来的环境成本。参照宋敏^[19]、向平安^[20]等学者对我国南方省份化肥和农药环境成本研究结果确定化肥的 MEC 值为 0.54 元, 农药的 MEC 值为 25.73 元。

3 结果和分析

3.1 果—草—畜(羊)复合种养循环模式

泸西县农业生态循环示范基地利用果园树下和行间种植黑麦草和紫花苜蓿, 以牧草为纽带串联果树、家畜(羊)和土壤三大主体, 形成资源多层次、多级利用, 能量与物质良性循环的果—草—畜(羊)复合种养循环模式

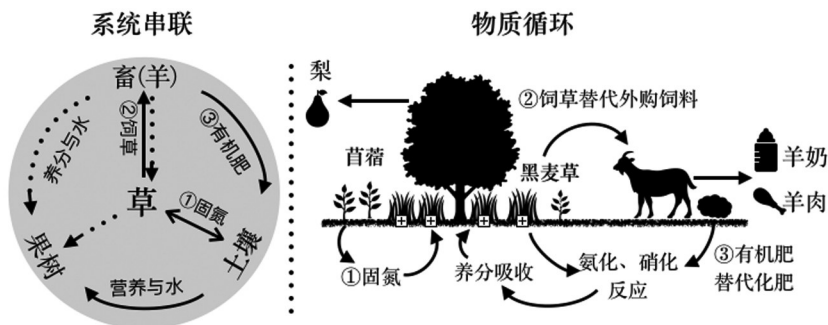


图1 果—草—畜(羊)复合种养循环模式

(图1)。该模式形成草与土壤间的相互作用, 由于西南地区降水多, 光照充足, 通过生草可以提高果园植被覆盖率, 减轻雨水对土壤的溅击, 降低土壤容重, 增加孔隙度和水分渗透, 白天减少水分蒸发, 夜晚对地面保温, 降低土壤温差, 起到调节果园气候的作用^[2]。豆科(苜蓿)和禾本科(黑麦草)牧草搭配种植, 可以促进土壤氮素和有机质等养分积累, 增加微生物多样性及酶活性, 扩充生态容量, 增强天敌的病虫害自然防治功能, 从而减少农药、化肥施用量, 减轻农业污染^[21]。

刈割牧草饲喂家畜形成种植与养殖系统的有机串联。饲料投入占养殖成本比重较高, 利用牧草替代外购饲料喂羊, 可减少外购饲料, 将牧草所蕴含的植物纤维素和木质素等含碳物质转化为羊体新陈代谢和体重增加必需的能量物质, 最终转化为经济产品(羊肉、羊奶)。牧草经过羊体消化吸收的剩余部分作为牲畜粪尿肥料回归土壤, 经过土壤微生物帮助产生氨化作用、硝化作用等系列反应, 增加土壤有机质、提高土壤氮素矿化速率, 为果树和牧草生长提供肥料的同时促进养分吸收效率^[2]。在清耕种植模式果园中添加牧草和养殖牲畜, 可延长食物链条, 丰富并充实果园生态系统, 改变系统中养分及能量流动路径, 提高光、热、水、肥等资源利用效率, 实现产出增加、提升经济效益。果—草—畜(羊)复合种养循环模式, 可减少土壤裸露和能量散失, 涵养水源、提高土壤保持功能, 实现保护生产潜力和改善生态环境的目标, 是一种资源高效利用与绿色发展有机结合的生态经济发展模式。

3.2 直接经济效益

图2比较两种模式的果园单位面积投入要素成本的构成比例。其中肥料投入占比相差明显, 特别是化肥成本占比差距最大, 清耕种植模式的化肥投入比例达到35%, 农家肥只占1%, 而复合种养模式的化肥投入比例为18%, 农家肥比例达到17%。从肥料整体投入的比例来看两者间没有明显的差异, 但其内容却大不相同, 体现在复合种养模式中农家肥的大量投入上, 这一点在调研中得到验证, 复合种养的农户对农家肥的重视程度和利用效果的评价高。其他成本构成要素间的差距均不明显, 成本占比多的人工投入, 由于果树种植过程中的施肥、套袋、采摘和修剪等主要环节均依靠人力进行, 且西南地区多为坡地发展机械化具有难度。同时复合种养模式增加刈割牧草环节, 生产成本中人工投入比例比清耕种植模式高2%。

果树下种植苜蓿和黑麦草, 年产量分别是 10 344kg/hm² 和 93 000kg/hm², 以 50kg 成年羊日粮添加草

4kg 计算, 年可饲喂约 60 只羊。刈割牧草代替外购精料和玉米秸秆等粗饲料, 每天每只羊可减少外购精料 0.2kg、玉米秸秆等粗饲料 1.5kg, 1 年节约饲料成本 326 元。因此, 利用牧草代替外购饲料喂 60 只羊 1 年可节约饲料成本 1.956 0 万元。通过对牧草草种的搭配组合, 还可提高粗蛋白、粗纤维、粗脂肪的消化率和养分吸收效率, 进而减少精饲料用量, 降低成本^[22]。两种模式单位面积的投入产出如表 2 所示: 种植果树所需的肥料通过羊粪农家肥还田, 1hm² 果园化肥投入可减少 6 496 元 (A-B), 成本降低 55%。果园农药投入可减少 426 元 (A-B), 成本降低 19%, 肥料总投入减少 2 183 元, 成本降低 18%。1hm² 果园的种植成本增加草种的花费 900 元。综合来看, 复合种养模式节约化肥、农药和饲料投入, 产出包括果、羊及其副产品, 总收入提高的同时净利润增长 4.439 9 万元/hm² (B-A)。

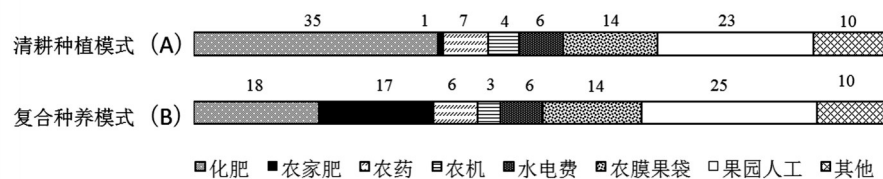


图2 两种模式果园投入成本占比(%)

表2 两种模式果园投入产出比较

元/hm²

模式	总收入			种植成本					养殖成本	总成本	净利润
	果	羊肉	副产品	化肥	农家肥	农药	草种	其他			
清耕种植模式(A)	94 200	—	—	11 821	264	2 292	—	19 048	—	33 425	60 775
复合种养模式(B)	93 100	59 200	13 040	5 325	4 577	1 866	900	17 298	30200	60 166	105 174

3.3 生态环境效应

根据式 (1) 至 (3) 计算出两种模式果园单位面积生态服务价值结果如表 3 所示。

清耕种植和复合种养模式的环境正效应合计分别为 1.541 3 万元/hm² 和 2.033 8 万元/hm², 复合种养模式高出 32%。此外, 清耕、复合两种模式每公顷化肥施肥量分别为 1 427kg 和 643kg, 农药施用量为 46kg 和 38kg, 依据式 (4) (5) 计算化肥、农药投入的碳排放和化学物质污染的环境成本, 两者合计得出清耕种植和复合种养模式的环境负效应分别为 2 012 元/hm² 和 1 354 元/hm², 清耕种植模式高出 33%。一方面可以认为复合种养模式中因为生草增加果园生态系统的净生物量, 提高固碳量和释氧量, 同时增加了植被覆盖面积, 提高对 SO₂、NO_x 和滞尘等主要空气污染物的净化功能, 从而气体、气候调节功能价值有所提高。同时, 生草能够改善果园土壤理化环境、增加土壤团聚体数量, 降低土壤容重, 提高土壤对降水的截留、吸收和贮存能力, 集中表现在水分涵养和土壤保持服务功能上^[21]。另一方面, 复合种养模式的生物多样性显著提高, 果园生草作为绿肥病虫害防控技术之一, 有助于改善果园生物群落结构, 为天敌的繁衍、栖息提供场所, 天敌种类和数量增加, 因此可以减少农药投入量。综上所述, 复合种养模式比清耕种植模式的果园生态系统环境净效应 (B-A) 高出 5 583 元/hm²。

表3 两种模式果园生态系统环境效应比较

元/hm²

模式	环境正效应							环境负效应				合计		
	气体调节	气候调节	水分涵养	土壤保持	营养物质循环	生物多样性	美学景观	化肥		农药		正效应	负效应	净效应
								C	P	C	P			
清耕种植(A)	2 684	2 528	2 541	1 069	2 497	2 802	1 292	-49	-771	-8	-1 184	15 413	-2 012	13 401
复合种养(B)	3 363	3 235	3 229	1 666	3 511	3 648	1 686	-22	-347	-7	-978	20 338	-1 354	18 984

注: C 为碳排放, P 为化学物质污染; 化肥、农药碳排放系数分别为 0.895 6kg/kg, 4.931 9 kg/kg^[24]

3.4 综合效应

该文结合经济效益及果园生态系统服务功能价值，进行综合效应比较分析（表4）。与清耕种植相比，复合种养模式在经济效益和生态环境效应方面均有显著效果。其中，经济效益方面，复合种养模式的单位面积总产值为16.534 0万元/hm²，是清耕种植模式的1.76倍，经济净效益增加4.439 9万元/hm²（B-A）；在生态环境效应方面，复合种养模式的正效应为2.033 8万元/hm²，是清耕种植的1.32倍，且生态环境负效应更低，净效应是清耕种植的1.42倍。因此，复合种养模式的经济与生态环境综合效应比清耕种植模式高出4.998 2万元/hm²。

表4 两种模式果园综合效应比较								万元/hm ²
生产模式	直接经济效益			生态环境效应			综合效应	净效应增加(B-A)
	总产值	总成本	净效益	正效应	负效应	净效应		
清耕种植模式(A)	9.420 0	3.342 5	6.077 5	1.541 3	-0.201 2	1.340 1	7.417 6	4.998 2
复合种养模式(B)	16.534 0	6.016 6	10.517 4	2.033 8	-0.135 4	1.898 4	12.415 8	

4 结论与建议

近年来由于农药化肥施用量的不断增加造成的农业面源污染等问题日益受到关注。因此，减少化肥农药投入、发展绿色，环保的高效生态循环农业模式是今后农业的发展方向。该研究通过对两种果园生产模式的对比分析后发现，在直接经济效益方面，复合种养模式不仅比清耕种植模式的化肥和农药投入少，而且将牧草中不可被人类直接食用的植物蛋白转化为可供食用的动物产品，经济效益显著提高；在生态环境效应上，牧草的加入使复合种养模式的果园生态系统服务价值得到提升，而且降低化肥农药施用造成的环境成本，提高环境净效应；最终，经济和生态环境综合效应均有提升。由此可见，果园生草复合种养循环模式将果业、草业、畜牧业有机融合，实现农业资源的高效利用，有机质的良性循环，是一种生态与经济协调发展的果园生态循环模式。该研究对果园生态循环模式的综合价值的全面理解和认知有重要的借鉴意义，同时，通过探讨种养产业互补的生态循环模式，为云南等西南地区的农业可持续发展提供新思路。

值得注意的是，虽然复合种养模式的综合效应高于清耕种植模式，但同时生产成本增加，主要体现在人工投入的增加。结合我国农业生产面临的农村劳动力老龄化和不足的问题，人工成本是影响复合种养模式经济效益及其推广应用的主要制约因素。而且养殖技术门槛较高等问题也是复合种养模式发展的瓶颈。因此迫切需要提高劳动力的技术水平，提高农业生产力，发展适宜南方丘陵地带的中小型高效农业机械以及规范果园生草、种养复合经营的生产管理方法。例如在丘陵地带较多、土地紧缺、人口老龄化问题也十分突出的日本，中小型农业机械的开发与推广备受重视，因此中小农业机械的普及率和保有率高；同时，日本农业复合经营形式多样，与其相对应的农业机械化体系完备。农业机械化结合复合经营模式不仅有效缓解了高龄或兼业农户的劳动力压力，同时提高了农业经营收益和农户生产积极性。研究政策建议如下。

- （1）以科研技术为支撑，提炼适宜各地区自然资源特点的草种以及生草方式，搭配合理的化肥、农药施用方案，设计和改进生态循环模式，在实现降低种植成本、提升直接经济效益的同时获取更高的生态系统服务价值。
- （2）以生态循环农业示范基地为样本，提炼基地相关的种植、养殖技术，形成具体规范和标准。配合农业技术推广站，展示优良成果开展技术指导和演示，降低技术门槛，提高农户的参与积极性。
- （3）在推广复合种养等模式时要以降低草种等生产资料投入成本，稳定农户收益为原则，确定合理的补贴或补偿政策，为农户采纳相关技术、参与生态文明建设提供更便利的环境和政策支持。同时，需

要完善和加强对包括果园生草复合种养循环模式在内的多种生态循环模式的研究。

受到样本数量和数据限制, 该文未能就多元种植模式、生产规模的农户进行更深入的探讨, 未来可根据作物类型, 耕作方式以及生产模式进行分类, 以提升模式对比和效应分析的差异性和准确度。此外, 可以进一步细化模式综合效应的评价分析指标, 例如, 果品质量变化、养殖增重效率以及肉质提升等实验指标, 以完善数据进行更为全面的价值评估。

参考文献

- [1] 尹昌斌, 唐华俊, 周颖. 循环农业内涵、发展途径与政策建议. 中国农业资源与区划, 2006, 27(1): 4-8.
- [2] 曹铨, 沈禹颖, 王自奎, 等. 生草对果园土壤理化性状的影响研究进展. 草业学报, 2016, 25(8): 180-188.
- [3] 王艳廷, 冀晓昊, 吴玉森, 等. 我国果园生草的研究进展. 应用生态学报, 2015, 26(6): 1892-1900.
- [4] 李会科, 赵政阳, 张广军. 果园生草的理论与实践——以黄土高原南部苹果园生草实践为例. 草业科学, 2005(8): 35-40.
- [5] 李全胜, 吴建军, 王兆骞, 等. 套种黑麦草对桃园近地层水热环境的影响及模拟研究. 浙江农业学报, 2000, 12(1): 20-24.
- [6] 石自忠, 王明利, 胡向东, 等. 我国牧草种植成本收益变化与比较. 草业科学, 2017, 34(4): 902-911.
- [7] 洪传春, 刘某承, 李文华. 农林复合经营: 中国生态农业发展的有效模式. 农村经济, 2015(3): 37-41.
- [8] 石鹏飞, 赵平, 赵吉祥, 等. 种养一体化循环农业园区的接口技术及其生态经济效益分析. 中国农业资源与区划, 2016, 37(12): 167-172.
- [9] 刘兴元, 蒋成芳, 李俊成, 等. 黄土高原旱塬区果—草—鸡生态循环模式及耦合效应分析. 中国生态农业学报, 2017, 25(12): 1870-1877.
- [10] Bell L W, Lilley J M, Hunt J R, et al. Optimizing grain yield and grazing potential of crops across Australia's high-rainfall zone: A simulation analysis. 1. Wheat. Crop and Pasture Science, 2015, 66(4): 332-348.
- [11] 郑振宇, 王文成, 李赵嘉, 等. 典型生态农业模式——稻田种养研究综述. 江苏农业科学, 2019, 47(4): 11-16.
- [12] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法. 自然资源学报, 2008, 23(5): 911-919.
- [13] Costanza R, d'Arge R, De Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 1997, 387(6630).
- [14] 赵姜, 龚晶, 孟鹤. 基于土地利用的北京市农业生态服务价值评估研究. 中国农业资源与区划, 2015, 36(5): 23-29.
- [15] 陈菁, 吴端旺. 果园生态系统服务价值评估——以莆田市为例. 应用生态学报, 2011, 22(9): 2399-2404.
- [16] 葛立雯, 潘刚, 任德智, 等. 西藏林芝地区森林碳储量、碳密度及其分布. 应用生态学报, 2013, 24(2): 319-325.
- [17] He D Y, Liao X L, Xing T X, et al. The fate of nitrogen from ¹⁵N-labeled straw and green manure in soil-crop-domestic animal systems. Soil science, 1994, 158(1): 65-73.
- [18] 郭秀锐, 毛显强, 冉圣宏. 国内环境承载力研究进展. 中国人口·资源与环境, 2000, 10(3): 28-30.
- [19] 宋敏. 耕地资源利用中的环境成本分析与评价——以湖北省武汉市为例. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(12): 76-83.
- [20] 向平安, 黄璜, 燕惠民, 等. 湖南洞庭湖区水稻生产的环境成本评估. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2187-2193.
- [21] 惠竹梅, 李华, 龙妍, 等. 葡萄园行间生草体系中土壤微生物数量的变化及其与土壤养分的关系. 园艺学报, 2010, 37(9): 1395-1402.
- [22] 苟文龙, 张新跃, 李元华, 等. 多花黑麦草饲喂奶牛效果研究. 草业科学, 2007, 24(12): 72-75.

EFFECT ANALYSIS OF THE GRASS-ORCHARD-LIVESTOCK INTEGRATED CIRCULAR AGRICULTURE MODEL *

——A COMPARATIVE STUDY OF ORCHARDS IN LUXI, YUNNAN

Nong Yixin¹, Hsiaoping Chien^{1,2}, Yin Changbin^{3*}, Wan Yongquan⁴, Fu Libo⁵

(1. Graduate School of Agricultural and Life Sciences, the University of Tokyo, Tokyo 113-8657, Japan;

2. Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Tsukuba 305-8686, Japan;

3. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

4. Agricultural Technology Promotion Center of Luxi County, Honghe Prefecture, Luxi 652499, Yunnan, China;

5. Institute of Agricultural Environment and Resources, Yunnan Academy of Agriculture Science, Kunming 650205, Yunnan, China)

Abstract This study aims to analyze the grass-orchard-livestock integrated circular agriculture model and its economic and ecological environmental effects for multiple applications of grass growing in orchards. Based on the ecological cycle theory, this study first systematically analyzed the grass-orchard-livestock (goat) integrated model

using field survey data from Luxi, Yunnan in 2019. Then the ecological service values of the clean cultivation model and integrated circular model in orchards were calculated by using the ecosystem service value model. Lastly, their economic and ecological environmental effects were compared. The results indicated that compared with the clean cultivation model, the integrated circular model saved chemical fertilizer and pesticide costs by 6 496 yuan/hm² and 426 yuan/hm², which reduced 18% and 19% of the total fertilizer cost and pesticide cost. Meanwhile, substituting purchasing forage with planted grass reduced the forage cost of 19 560 yuan/hm², resulting in an increase of direct economic benefit, 44 399 yuan/hm². The integrated circular model increased 32% of the ecological service value and reduced 33% of the environmental costs by reducing the fertilizer and pesticide inputs, leading to an overall net benefit of 49 982 yuan/hm². To conclude, the grass-orchard-livestock integrated circular agriculture model combines fruit, grass, and livestock, achieves higher efficiency from using agricultural resources and saving input costs of fertilizer, pesticide, and forage. It is an eco-environmental and economic coordinated circular agriculture model in orchards.

Keywords grassed orchard; integrated crop-livestock; circular model; effect analysis; comparative study

.....

(上接第6页)

才兴农的建设水平,还直接影响到我国农业国际合作开展的力度和效果,足见农业人才英语能力培养的重要性和紧迫性。

结合当前农业人才的实际情况和社会需求,培养并提升其英语能力应从以下几方面入手。首先,结合英语与专业知识开展教学。高校应充分结合农业人才的培养目标科学教学,严格按照教学大纲要求夯实学生的语言基本功,提高学生的英语综合应用能力。同时也不能局限于英语基本技能的提高,应融合专业知识和实用性强的专业英语开展教学,突出专业特色,如尝试采用双语模式讲授专业知识,弱化大学英语和专业英语的区别,帮助学生较快掌握农业英语的特点。其次,保证英语教学内容的针对性、多样性及实用性。教学内容可选取国际条例、涉外法则、农业贸易、农业科技等相关内容,实现英语与农业学科的有机融合,优化学生的知识结构。日常教学中多引导学生阅读专业性较强的文章,加强长难句分析练习,提高他们使用英语的熟练程度。丰富课程活动,营造轻松愉快的课堂气氛,让学生在兴趣驱动下学习英语,鼓励学生在课堂情境中开口交

流,利用学校的优势教育资源和多媒体等教学手段补充课堂教学的不足,为学生的个性化发展拓展空间,多途径提高学生的英语能力。再次,组织面向农业部门和农业企业相关人才的英语培训。依托政府财政支持和社会各方面的资金赞助定期组织培训,向农业相关部门和企业的农业人才传递农业国际化发展趋势。相关部门和企业应加强与高校的合作,开展高质量的英语培训,一方面确保农业人才英语能力的提高,另一方面让更多的农业人才认识到英语能力的重要性。同时应为优秀农业人才提供出国考察和学习的机会,帮助他们在实践过程中提升英语水平,并以此激发业务能力强、具有实干精神的农业人才学习英语的热情,全方位提高我国农业人才队伍的英语能力。

人才培养方向应始终与社会需要同向同行,农业人才的英语能力被视为农业高质量发展的关键因素,高质量提升农业人才英语能力培养将为我推动农业“走出去”行稳致远、建设农业强国提供根本保障,这也是《大学英语语言能力培养探究》一书坚守的价值观。

文/贾智勇(西安交通工程学院,讲师)