

文章编号:1001-1498(2004)04-0519-06

林草牧复合系统研究进展*

樊巍^{1,2}, 高喜荣¹

(1. 河南省林业科学研究院,河南 郑州 450008; 2. 中南林学院,湖南 株州 412006)

摘要:林草牧复合系统是复合农林业系统的重要类型。在总结林草牧复合系统概念、类型的基础上,着重对复合系统生态效应、生产力、养分循环、水分关系及经济效益的研究现状进行了评价,提出今后林草牧复合系统的研究重点应放在系统物质循环利用、养分与水分竞争及系统优化模式的建立等方面。

关键词:复合农林业;林草牧复合系统;生态效应;生产力;养分循环

中图分类号:S727.25 **文献标识码:**A

复合农林业(agroforestry)是一种可持续土地利用方式。由于它在控制水土流失、改善生态环境、改良土壤、提高生物生产力和充分利用自然资源、实现可持续发展方面的巨大潜力,因而在山区开发、退耕还林等工程中得到广泛的应用^[1-5]。林草牧复合系统(又称林牧系统 silvo-pastoral system)属复合农林业系统(agroforestry system)的一大类。作为一种传统的复合农林业模式在世界范围内有着广泛的应用。近些年来,随着我国西部开发、生态环境建设和林、牧业发展的需要,林草牧复合系统在我国也日益受到重视。国家在实施退耕还林(草)工程中规定,林下不准间种农作物、蔬菜,只能间种牧草、中草药。因此,在广大退耕还林工程区实行林草复合经营,发展草食性畜禽,延长产业链条,发挥最大的生态、经济和社会效益将成为一种重要的经营模式。随着畜牧业的发展,我国每年有近亿吨的饲草缺口,而且以紫花苜蓿(*Medicago sativa* Linn.)为主的优质饲草也有着广阔的国际市场。另外,生草栽培也是当前经济林和果树实施绿色生态栽培的一项新技术。因此,有必要对国内外林草牧系统的研究现状作一总结,为进一步深化林草牧复合系统的研究提供依据。

1 林草牧复合系统的概念和类型

林草牧复合系统系指由多年生木本植物和牧草、牲畜有机结合(长期或短期)而成的复合经营方式。在 ICRAF 的分类中,它属于复合农林业系统的一大类,主要包括“蛋白质库”(长有专为采收饲料用的树木系统),由饲料树组成的树篱和长有乔、灌木的草地系统^[6]。草原学把它划归为林草型草地(Sil-pasture)^[7]。张久海等^[8]将林牧复合系统归纳为两类。(1)林-牧型:

收稿日期:2004-04-09

基金项目:本文属国家“十五”科技攻关项目“退耕还林还草工程区华北石质山地植被恢复与复合经营技术研究与示范”课题(2001BA510B04)的一部分

作者简介:樊巍(1964—),男,河南商丘人,研究员。

* 本文在中南林学院田大伦教授指导下完成,特此致谢。

由饲料树组成,包括树篱系统,其幼嫩枝叶可被牲畜直接采食或采割后做饲料。在这种类型中林下很少或没有草本植被,其最大的特征是乔木或灌木由饲料树种组成,林木是饲料的主要提供者。(2)林-草-牧型:指乔木或灌木下长有牧草(天然或栽培),牧草可采收后喂养牲畜或直接放牧。这种类型的林牧复合生态系统还包括在原有的草原或草地系统上种植乔木或灌木等木本植物所构成的复合系统,这与王晓江^[9]提出的牧用林业概念是一致的。但这种归纳不是很全面,事实上我国林业上常用的林草间作、牧场防护林、饲料林、果树和经济林培育中的生草栽培等都应属于林草牧系统的范畴。

2 林草牧复合系统生态效益的研究

2.1 林草牧复合系统的气象效应

Feldhake^[10]在西弗吉尼亚观测了刺槐(*Robinia pseudoacacia* Linn.)和牧草间作系统土壤水分、光合有效辐射、红光/远红光比率、土壤表面温度等微气候效应,结果表明林木可以减少草地系统光合有效辐射、土壤温度的极端分布,为牧草生长创造一个良好的小气候。对热带、亚热带地区经济林、果园生草覆盖栽培的大量研究也证明了林草复合系统在改善小气候、调节温度、湿度、减缓果园高温干旱胁迫,从而促进经济林和果树生长的作用^[11]。

2.2 保持水土、改良土壤的效能

林草牧系统在保持水土,防止风蚀,改良土壤,提高土壤肥力方面的作用已为大量的报道所证实^[7~9,11,12]。近年对经济林、果园生草栽培的改良土壤、保持水土的效益报道较多。如辽宁省水土保持研究所对沙打旺(*Astragalus adsurgens* Pall.)和苹果(*Malus pumila* Mill.)的生草试验表明,0~40 cm 土层生草处理中大于 1 mm 的水稳性团粒占 38.05%,而对照仅占 21.57%;3 次降水测定表明,生草区比清耕对照区土壤流失减少 19.3%~94.9%,水分流失减少 30.7%~52.0%^[13]。邓玉林等^[14]的研究表明果草复合较单一果园 0~3 cm 土层土壤毛管孔隙度、毛管贮水量、饱和含水量和土层贮水量分别增加 9.9%、7.2%、10.4%和 300 t·hm⁻²,土壤有机质、全 N 和有效 P 分别增加 2.028%、0.036%和 3.27 mg·kg⁻¹。孟平等^[15]对太行山区果草复合系统土壤养分效应的研究表明,复合系统 0~50 cm 土层有机质含量较对照提高 30.0%,有效 N 提高 32%,而有效 K 降低 2.6%。林草间作这种提高土壤 N、P 含量而使土壤 K 含量下降的结论也为其它报道所证实^[8,11]。

2.3 提高系统生物多样性和稳定性的效应

王海霞等^[16]研究了松嫩草原区农牧林复合系统大型土壤动物分布情况表明杨树(*Populus* spp.)和羊草(*Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel.)复合系统个体数最多,是玉米(*Zea mays* L.)田的近 3 倍。师光禄等^[17]的研究也表明保留杂草带(相当于间作)的枣树(*Zizyphus jujuba* Mill.)林节肢动物总物种数(月平均)为 89.13,而清耕对照仅为 42.0。刘德广等^[18]对荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.)牧草复合系统、吴建军等^[19]对柑桔(*Citrus* spp.)牧草复合系统、孔健等^[20]对苹果和紫花苜蓿复合系统的研究都表明:复合系统节肢动物丰富度、多样性指数、均匀性指数和天敌数量都明显大于清耕对照。国外在生草果园天敌种类、数量方面的研究结果也表明生草增加了果园的生物多样性,增加了天敌数量。Wyss^[21]研究报道,苹果园内行间生草带蚜虫天敌数量明显增加,而蚜虫的数量和无草带、使用杀虫剂 6~8 次的对照区无明显差异。陈欣等^[22]研究了保留杂草果园土壤微生物数量、解磷微生物(PSM)活性和 VA 菌根孢子数量,结果

表明3项指标均高于对照清耕除草果园。

3 林草牧复合系统生产力的研究

3.1 对林木生长和经济林产品产量、品质的影响

有部分研究表明,在幼林地或疏林地种植牧草,特别是豆科牧草,能显著促进林木生长,缩短郁闭年限,提高林地生产力^[23,24]。Cutter等^[25]研究了放牧对湿地松(*Pinus elliottii* Engelm.)生长和木材质量的影响,结果表明放牧对树高、胸径、树木分级、生长率、晚材率、木材比重和导管长度都没有显著影响。但也有研究结果表明林草间作对林木生长有负效应。如Paris等^[26]研究了紫花苜蓿对核桃(*Juglans regia* L.)幼树生长的影响,结果表明由于核桃和苜蓿对水分、养分的竞争而使核桃直径生长、枝条长度都受到一定的影响。

经济林和果树生草栽培对果树生长和果品品质的改善方面的研究很多。如兰彦平等^[27]对石灰岩山地苹果园生草试验表明,生草能明显提高苹果叶片生理活性,花序坐果率提高5.45%和3.33%,单果质量增加4.9%和1.5%,单株产量提高58.68%和53.5%。刘蝴蝶等^[23]对苹果园4种牧草生草栽培的研究表明,生草可以提高苹果产量12.78%~31.57%,苹果单果质量提高18.06%~21.88%,可溶性固形物提高4.9%~13.3%,果实硬度提高5.5%~18.00%,糖酸比提高22.96%~39.12%,充分说明果草结合在提高果品产量和品质方面的作用。

3.2 林草牧系统对牧草产量和品质的影响

前苏联近30年的经验表明,营造防护林可显著改变当地植物区系组成,使天然牧场产量提高1.6~2.4倍;人工草牧场在防护林的作用下产量可提高5~6倍。由2~4行林带组成的林网,保护牧场效果最好^[7~9]。国内这方面的报道也较多,如周新华^[29]研究了草牧场防护林对牧草质量和提高草场生产力的作用。结果表明:营养期的牧草磷和粗蛋白含量分别提高0.012%和1.365%,无氮浸出物含量降低2.025%,牧场质量得到改善;草场生物量和能量分别增加131 kg hm⁻²和741.4 MJ hm⁻²,提高了草场生产力。国外的报道偏重在复合经营对牧草品质的影响方面,如Lin等^[30]研究了遮阴对30种牧草生长的影响,发现冷季型牧草有较强的耐阴性,大多数冷季型牧草的平均干质量在遮阴50%情况下没有显著性下降,一部分品种反而增加。他们的另一项研究表明在遮阴50%的情况下,大多数牧草的酸提取纤维、中性提取液提取纤维和粗蛋白均有一定程度的提高。说明林草复合经营适度遮阴可以提高一部分牧草品种的质量,这为林草复合经营牧草品种的选择提供了依据^[31]。

4 林草牧系统的物质循环与能量流动研究

物质循环与能量流动研究一直是近10多年国内外复合农林业系统研究的热点。但从现有发表文献来看,国内外对林草牧系统物质循环和能量流动的研究尚不多。国外的一些研究集中在饲料树种叶营养动态,林、草复合经营对土壤N的矿化、吸收的影响,土壤N、C的动态等方面。如Kaur等^[32,33]研究了盐碱地3种6年生豆科(Leguminosae)固N树种和2种牧草间作对C固定和N循环的影响,结果表明间作系统土壤有机质、生物生产力和C贮量远高于对照;间作系统土壤-植物N的循环效率也高于对照。他在另一篇文献里还发现林草间作系统N的矿化率高于对照,从而提高了土壤N的有效性,这主要是因为间作系统土壤有机质的增加,使

土壤微生物量增加。Sierra 等^[34]的研究表明,林草间作系统土壤 N 的矿化率较对照提高 20%,这主要是由于林草系统的土壤有机质含量和土壤生物活性较高。但 S. Chang 等^[35]在辐射松(*Pinus radiata* D. Don.)和黑麦草(*Lolium perenne* L.)复合系统所做的工作却得出了相反的结论,虽然间作系统表层土壤微生物量 C、N 远大于对照,但净矿化率却低于对照。国内对草地生态系统物质循环和能量流动的研究已有大量报道,对林草牧复合系统物质循环和能量流动深入、细致、定量研究尚不多见。

5 林草牧复合系统水分关系研究

林、草之间的水分竞争一直是林草复合系统研究热点,大多数研究认为林草复合经营加剧了水分竞争,恶化了土壤水分条件,这甚至成了干旱地区限制林草复合系统推广应用的一个主要因子^[11]。如杨树和紫花苜蓿混交林地除 0~5 cm 表层土壤含水量稍高于纯林外,其它深度土壤含水量均低于纯林,而 40 cm 以下土壤含水量仅为单纯林的 48.5%~56.1%,形成了干土层^[8]。华南赤红壤坡地幼龄果园间种牧草试验表明,干旱季节间作地土壤水分含量较清耕对照低 2%~5%,且牧草生物量越大,消耗的水分越多^[11]。但也有一些研究认为影响不大,如罗天琼等^[36]对梨(*Pyrus* spp.)的生草试验表明大部分时间生草梨园和清耕园土壤含水量差异不显著。李光晨^[37]在北京郊区苹果园所做的试验也证明了这一点,特别是对于白三叶(*Trifolium repens* Linn.),差异就更小。看来选择好适当的生草品种是调整林、草水分关系的关键。

6 林草牧复合系统的经济效益研究

Grabo 等^[38]对南密西西比火炬松(*Pinus taeda* Linn.)放牧系统进行了财务分析,和纯火炬松商业栽培相比,混牧经营具有较高的土地期望值。Clason^[24]对南方松(*Pinus* spp.)林放牧系统进行了经济评价,结果表明松林放牧的内部收益率较开阔牧场提高 7.3%,认为松林放牧是一种成熟人工林适合的经营方式。澳大利亚、新西兰的大量研究也证明林牧结合具有较高的经济效益。

刘蝴蝶等^[28]对苹果生草栽培的经济效益研究表明,生草栽培可使单位面积经济收益提高 15.17%~36.22%^[23]。王勤等^[39]在苹果园生草栽培的基础上,利用刈割牧草养羊,延长了产业链条,每 666.7 m² 养羊 1.3 只,使经济效益大幅度提高,苹果增产 20%,每 666.7 m² 净增产值 750 元以上。邓玉林等^[14]在梨园生草的基础上,每 1 hm² 养羊 75 只,两年平均年纯经济收益达 5.4 万元·hm⁻²,产投比达到 1 2.8,而单作果园仅达 1.05 万元·hm⁻²和 1 1.72。足见果-草-牧复合经营的效益。

7 小结

林草牧复合系统作为复合农林业系统的一大类在世界范围内有着广泛的应用,近些年来,随着我国西部开发,生态环境建设和林、牧业发展的需要,林草牧复合经营在我国也日益受到重视。然而以往对林草牧系统的研究主要集中在系统效益的评价和模式构建技术方面,而对系统各组分之间内在生态学关系及过程研究不够。今后的工作应集中在以下几个方面:(1)加强林草牧系统物质循环与能量流动研究,特别是要深入研究林木、草本、牲畜三组分之间物质和能量的转化、利用效率;(2)深入开展林草牧复合系统养分和水分竞争的研究,探索品种控制

竞争技术,筛选低竞争品种;(3)加强林草牧复合系统生态、经济效益定量评价研究,建立林草牧复合系统的优化模式。

参考文献:

- [1] 樊巍,张劲松,杨一松,等.太行山低山丘陵区林姜复合模式的研究[J].林业科学研究,2000,13(5):543~546
- [2] 孟平,樊巍,宋兆民,等.农林复合系统水热资源利用率的研究[J].林业科学研究,1999,12(3):256~261
- [3] 孟平,宋兆民,张劲松,等.农林复合系统水分效应研究[J].林业科学研究,1996,9(5):443~448
- [4] 高喜荣.太行山低山丘陵区复合农林业优良乔、灌、草选择的研究[J].林业科学研究,2004,17(2):241~245
- [5] 张劲松,孟平,宋兆民,等.农林复合模式耗水特征的研究[J].林业科学研究,1996,9(4):331~337
- [6] 樊巍,李芳东,孟平.河南平原复合农林业研究[M].郑州:黄河水利出版社,2000.5~100
- [7] 赵粉侠,李根前.林草复合生态系统研究现状[J].西北林学院学报,1996,11(4):81~86
- [8] 张久海,安树青,李国旗,等.林牧复合生态系统研究评述[J].中国草地,1999,(4):52~60
- [9] 王晓江.试论牧用林业在草地畜牧业持续发展中的作用[J].草业科学,1996,13(5):30~34
- [10] Feldhake C M. Microclimate of a natural pasture under planted *Robinia pseudoacacia* in central Appalachia, West Virginia[J]. Agroforestry Systems, 2001, 53:297~303
- [11] 周志翔,李国怀,徐永荣.果园生态栽培及其生理生态效应研究进展[J].生态学杂志,1997,16(1):45~52
- [12] 李根前,唐德瑞,何景峰,等.杜仲三叶草间作系统基本特征研究[J].西北林学院学报,1996,11(1):24~29
- [13] 许明究.干旱地区果树栽培技术[M].北京:金盾出版社,1998.167~171
- [14] 邓玉林,陈治谏,刘绍权,等.果牧结合生态农业模式的综合效益试验研究[J].水土保持学报,2003,17(2):24~27
- [15] 孟平,张劲松,尹昌君,等.太行山丘陵区果-草复合系统生态经济效益的研究[J].中国生态农业学报,2003,11(2):111~114
- [16] 王海霞,殷秀琴,周道玮.松嫩草原区农牧林复合系统大型土壤动物生态学[J].草业学报,2003,12(4):84~89
- [17] 师光禄,曹挥,戈峰,等.不同类型枣园节肢动物群落营养层及优势功能集团的组成与多样性时序动态[J].林业科学,2002,38(6):79~85
- [18] 刘德广,熊锦君,谭炳林,等.荔枝-牧草复合系统节肢动物群落多样性与稳定性分析[J].生态学报,2001,21(10):1596~1601
- [19] 吴建军,李全胜,严力蛟.幼龄桔园间作牧草的土壤生态效应及其对桔树生长的影响[J].生态学杂志,1996,15(4):10~14
- [20] 孔建,王海燕,赵白鸽,等.苹果园主要害虫生态调控体系的研究[J].生态学报,2001,21(5):790~794
- [21] Wyss E. The effects of artificial weed strips on diversity and abundance of the arthropod fauna in a Swiss experimental apple orchard [J]. Agricultural Ecosystem Environment, 1996,60:47~59
- [22] 陈欣,唐建军,方治国,等.高温干旱季节红壤丘陵果园杂草保持的生态作用[J].生态学杂志,2003,22(6):38~42
- [23] 王斌端,孙立达.西吉黄土丘陵区落叶松与沙打旺间作试验研究[J].林业科技通讯,1987(1):4~8
- [24] Clason T R. Silvopastoral practices sustain timber and forage production in commercial loblolly pine plantations of northwest Louisiana, USA[J]. Agroforestry Systems, 1999, 44:293~303
- [25] Cutter B E, Hunt K, Haywood J D. Tree/wood quality in slash pine following longterm cattle grazing[J]. Agroforestry Systems, 1999, 44:305~312
- [26] Paris P, Cannata F, Olineri G. Influence of alfalfa (*Medicago sativa* L.) intercropping and polyethylene mulching on early growth of walnut (*Juglans* spp.) in central Italy[J]. Agroforestry Systems, 1995, 31:169~180
- [27] 兰彦平,曹慧,牛俊玲.石灰岩旱地果园生草对果树叶片生理活性影响的研究[J].北方果树,2000(1):4~6
- [28] 刘蝴蝶,郝淑英,曹琴,等.生草覆盖对果园土壤养分、果实产量及品质的影响[J].土壤通报,2003,34(3):184~186
- [29] 周新华.草牧场防护林对牧草质量和草场生产力影响的评价[J].东北林业大学学报,1990,18(5):28~37
- [30] Lin C H, McGraw R L, Georae M F, et al. Shade effects on forage with potential in temperate agroforestry practices[J]. Agroforestry Systems, 1999, 44:109~119
- [31] Lin C H, McGraw R L, George M F, et al. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential[J]. Agroforestry Systems, 2001, 53:269~281

- [32] Kaur B , Gupta S R , Singh G. Bioamelioration of a sodic soil by silvopastoral systems in northwestern India[J]. *Agroforestry Systems* , 2002 , 54 :13 ~ 20
- [33] Kaur B , Gupta S R , Singh G. Carbon storage and nitrogen cycling in silvopastoral systems on a sodic soil in northwestern India[J]. *Agroforestry Systems* , 2002 , 54 :21 ~ 29
- [34] Sierra J ,Dulorme M ,Desfontaines L. Soil nitrogen as affected by *Glinicidia sepium* in a silvopastoral system in Guadeloupe , French Antilles[J]. *Agroforestry Systems* , 2002 , 54 :87 ~ 97
- [35] Chang S X , Amatya G , Beare M H , et al. Soil properties under a *Pinus radiata*-ryegrass silvopastoral system in New Zealand. Part I. Soil N and moisture availability , soil C , and tree growth[J]. *Agroforestry Systems* , 2002 , 54 :137 ~ 147
- [36] 罗天琼 ,龙忠富 ,莫本田 ,等. 梨园秋冬季种草及利用试验[J]. *草业科学* ,2001 ,18(5) :11 ~ 15
- [37] 李光晨 ,王炳义 ,王茂兴. 生草对灌溉果园土壤水分及其蒸散的影响[J]. *中国果树* ,1996(1) :18 ~ 19
- [38] Grado S C , Hvermale C H , St. Louis D G A financial analysis of a silvopasture in southern Mississippi[J]. *Agroforestry Systems* , 2001 ,53 :313 ~ 322
- [39] 王勤 ,赵天才 ,何为华 ,等. 苹果园果草牧结合的效果[J]. *果树科学* ,2000 ,17(3) :228 ~ 230

Research Advances on the Silvopastoral System

FAN Wei^{1,2} , GAO Xi-rong¹

(1. Henan Academy of Forestry ,Zhengzhou 450008 , Henan ,China ;

2. Central-South Forestry University ,Zhuzhou 412006 ,Hunan ,China)

Abstract : The silvopastoral system is an important type of the agroforestry system. Reviewing on the concept , type of the silvopastoral system , this paper evaluated the progress of research on ecological effects , productivity , nutrient cycle , water relationship and economic benefits in the silvopastoral system , and showed that the further research emphases on silvopastoral systems are material cycle and recovery , nutrient and water competition and the construction of their optimal models.

Key words : agroforestry ; silvopastoral system ; ecological effect ; productivity ; nutrient cycle