

不同退耕还林林草模式土壤与林草间氮素变化规律研究

王海明^{1,2}, 陈治谏¹, 李贤伟², 王海娥²

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041;

2. 四川农业大学生态林业工程省级重点实验室, 四川 雅安 625014)

摘要: 林草复合生态系统在退耕还林中起着重要作用, 对四川盆地山地退耕还林中三种退耕还林模式氮素动态进行初步研究, 以揭示林草混交的实质, 为林草混交提供理论支撑。研究结果表明: 在各模式中, 土壤氮素含量均表现为上层高于下层。在模式 中, 土壤速效氮与杉木叶氮含量呈负相关。杉木与黑麦草的氮素动态变化趋于一致; 在模式 中, 速效氮受植物吸收作用影响大。毛白杨和黑麦草全氮含量与土壤上下层速效氮含量与变化呈负相关; 模式 速效氮在整个生长季节呈上升趋势。模式 中水解氮在整个生长季节内无积累和大波动, 吸收和矿化持平。水解氮与杉木叶片氮呈负相关; 模式 土壤水解氮的变化呈波峰曲线。模式 中, 全年无明显高峰, 水解氮变化不规则, 二者无相关性。杂交竹与牛鞭草之间氮素有相同的变化趋势。

关键词: 林草生态系统; 氮素; 退耕还林

中图分类号: X 171. 1; S154. 4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)02-0124-04

Study on the Soil Nutrient and Tree and Grass Nutrient Content Cycle of Different Forest and Grass System in Converting Agricultural Lands to Trees

WANG Hai-ming^{1,2}, CHEN Zhi-jian¹, LI Xian-wei², WANG Hai-e²

(1. Institute of Mountain Disaster and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

2. Sichuan Agricultural University Key Laboratory of Ecological Forestry Engineering, Ya'an, Sichuan 625014, China)

Abstract: Forest and grass ecosystem plays a very important role in converting agricultural lands to forest. The authors make a preliminary study on dynamics of nutrient elements about three different forest-grassland pattern around the Sichuan Basin in order to know about essence of forest and grassland ecosystem and provided theory for forest mixed with grassland. The result shows that: in Pattern , the soil nutrient content is much higher in the upper soil than that in the below; the soil available N and *C. lanceolata* N shows the negative relative. The N dynamic of *C. lanceolata* with *L. multiflorum* reaches unanimity and shows very clearly positive relativity. In the Pattern , the function of plant absorption influences severely the soil available N. The variety of N content of *T. tomentosa* and *L. multiflorum* is the same. The N content increases when their growth is flourishing. The soil N can almost supply them in this time. In the Pattern , the soil available N increases from the beginning to end. In Pattern I, hydrolysable N has no accumulation and fluctuation, and absorbing and depositing is equal. The hydrolysable N and the *C. lanceolata* N show negative relativity. The variety of hydrolysable N in the Pattern II presents the ware-peak curve. And it is higher in upper soil from Aug. to Oct. because the litter-fall began to decompose and which increased the organic N. In the Pattern III, the hydrolysable N has fluctuated in some degree. However, there isn't apparent peak in the growing seasons. There is the same trend of total N in the leaves of *B. pervariables* × *D. amopsis validus* and *Hemarthria*.

Key words: forest and grass composite management; nutrient elements; dynamic variety; converting agricultural lands to forest

植物所需要的营养元素主要通过根系从土壤中吸收, 并根据其需求量在体内进行适度的积累。植物中营养元素含量与土壤中养分含量之间的关系, 反映了植物与土壤之间营养物质交换的特点。植物中营养元素含量取决于植物种类和器官, 也与土壤中可给态元素的量密切相关。林木体内各营养元素含量与土壤中营养元素含量之间的相关关系, 可用其比值(富集系数)来表示。不同植物及器官对不同营养元素的积

累和富集特征有所差异, 富集系数的大小取决于植物对营养元素的需要强度、土壤中营养元素的存在状态、土壤营养元素含量以及植物对某一元素的富集能力(张兴昌, 2000)。对草本植物性状和林木生长之间的关系的研究, 为揭示林草种间关系机理奠定基础。对林草复合生态系统中, 不同林草模式的养分关系(以氮素为例)入手, 对退耕还林中不同林草复合系统的营养状况做出总的评价。以揭示林草模式间作的实

① 收稿日期: 2005-05-24

基金项目: 国家科技部西部专项“四川省退耕还林科技示范工程”

作者简介: 王海明(1979-)男, 山西临县人, 硕士, 助理研究员, 从事生态学、森林培育学和水土保持监测方面的研究工作。

质, 研究不同林草系统的养分规律, 为合理搭配混交种类, 科学调控造林密度和确定牧草生长年限提供依据。

1 研究区概况

天全县地处四川盆地西缘, 东经 102°16′ ~ 102°53′, 北纬 29°49′ ~ 30°21′, 全县幅员面积 2 400 km², 耕地总面积 2 万 hm², 25°以上的陡坡耕地 1.2 万 hm², 是长江上游生态环境综合治理和实施退耕还林还草的重要区域。全区属亚热带湿润季风气候。平均年降雨量为 1 735.6 mm, 年平均蒸发量 922.6 mm, 降雨时数累年平均为 236 d; 年均气温为 15.1℃, 1 月平均气温 5.1℃, 7 月平均气温 24.1℃。土壤类型为山地黄壤和紫色土, 地带性植被类型为亚热带常绿阔叶林。全县退耕还林林草模式有三倍体毛白杨、杂交竹、杉木和优质牧草等树草种的还林模式。根据当地退耕还林的不同模式, 选择杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) + 黑麦草 (*Lolium multiflorum* Lam)、三倍体毛白杨 (*Triploid populus tomentosa*) + 黑麦草和杂交竹 (*Bambusa pervariabilis* × *Dendrocal amopsis validus*) + 牛鞭草 (*Pleiblastus amarus*) 三种退耕还林林草模式为研究对象(表 1)。

表 1 试验区基本情况

林草模式	试验地概况				生长状况				
	土壤	海拔 / m	坡度	坡向	林分年龄	平均胸径 / cm	植被盖度	平均高度 / m	株行距
毛白杨+黑麦草	红紫泥	730	35°	SE	4	3.3	90%	3.5/0.2	3 m×3 m
杉木+黑麦草	黄壤	920	26°	SE	4	3.4	85%	1.9/0.28	2 m×1.5 m
杂交竹+牛鞭草	红紫泥	610	26°	NE	4	2.2	100%	5.7/0.9	2 m×2.5 m

2 研究方法

养分元素的动态变化, 是直接关系到植物的生长发育及生态系统的养分循环。养分元素的测定必然涉及到大量各类植物样品的采集和化学分析, 而引起植物生物量中营养成分含量变化的因素很多, 采样时应将立地条件、品种差异、生长季节和采集时间等因素综合考虑, 必须使样品具有代表性, 在植物群落和植物种群之间才具有可比性。对所采林木及植物样品进行实验室分析, 全 N—凯氏定 N 蒸馏法、全 P—钒钼黄比色法、全 K—火焰光度计法、全 Ca、Mg、原子吸收分光光度计法(UDC 634.0.114: 631.423)。

3 结果与讨论

3.1 杉木黑麦草模式土壤氮与林草氮素间的关系

根据李玉中对土壤矿化速率的研究表明, 6、7 月土壤有机氮易矿化成分含量较高, 随着氮矿化最适宜条件的到来, 氮矿化速率加快, NH₄⁺-N 的含量增加, 进入 8 月份, 由于易矿化成分减少而使矿化速率降低, 同时消化速率的增加和生物的吸收, 使速效氮含量降低, 9 月开始下降, 上层土壤表现最为明显, 因为这一层正是植物根系大量分布的一层。土壤速效氮变化呈明显波峰与波谷变化, 且上层土壤速效氮含量高于下层土壤速效氮含量, 上下层呈相同变化趋势。在 5 月中旬降到最低点, 此时正是杉木和草本的第一次生长旺盛期, 从图上可以看到, 在 5 月底 6 月初草本和杉木的含氮量呈明显的上升趋势。随后, 在 7 月份土壤速效氮的含量达到最高值, 说明土壤在此时的供氮能力和含氮水平较高, 而植物体已经完成第一次生长高峰, 正处在一个生长相对停止期, 这是植物生长 S 形规律的慢—快—慢特性。从图上可以

反映出来。在杉木和草本的第二次生长中, 即在 8 月份土壤的速效氮水平下降。但在此时, 杉木叶片与草本间的含氮水平在上升, 这是植物的第二次生长。以后土壤速效氮水平上升, 在 9~10 月达到一定值后下降, 因为气温逐渐下降, 土壤温度下降, 其速效性氮在下降。在同期杉木和草本等植物体的全氮水平也在下降。这是一致的。

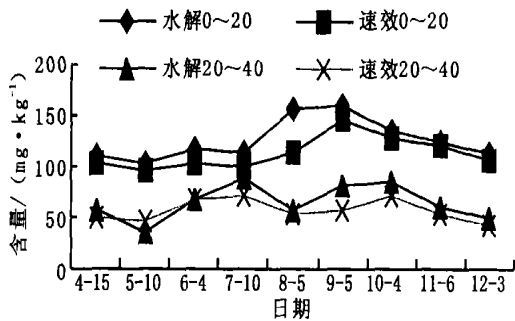


图 1 杉木黑麦草模式土壤水解、速效氮变化

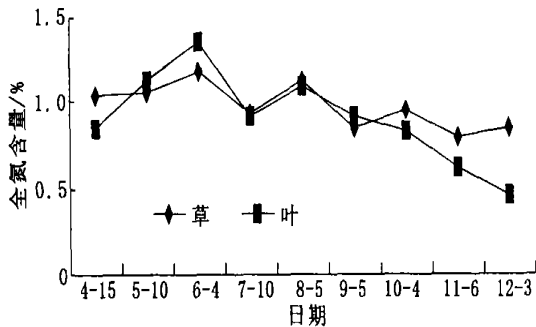


图 2 杉木黑麦草模式植物全氮变化

上层土壤水解氮的时间变化趋势为: 上层略高于下层, 以相同的幅度同步变化, 表现为两条近似的平行线, 在各时间段上下层间水解氮含量差异不大, 大体上相等, 在 8、9 月份上层略高于下层土壤。水解氮变化与速效氮不同, 土壤水解氮含量时间变化表现为 4~8 月份逐渐上升, 9 月份以后下降, 这说明水解氮在植物整个生长季节内没有积累。总的来看, 土壤水解氮含量在生长季节无大波动, 吸收和矿化因素基本上是持平的。就速效氮而言, 速效氮具有明显的时间动态变化, 由于速效氮在各个季节均主要由 NH₄⁺-N 组成, NH₄⁺-N 的时间动态可以代表速效氮的时间动态, 不同点在于速效氮在 5 月出现明显波谷, 原因在于这一时期草本植物生长旺盛。统计结果表明: 土壤水解氮、速效氮上下层季节动态含量变化呈极显著正相关($r = 0.825^{**}$, $r = -0.874^{**}$, $p < 0.01$)。杉木与黑麦草的氮素含量季节动态变化趋于一致, 呈极显著正相关($r = 0.853^{**}$, $p < 0.01$)。另外, 土壤水解氮与杉木叶片氮含量变化呈负相关关系, 土壤速效氮与杉木叶片氮含量也呈负相关。

3.2 毛白杨黑麦草模式土壤与林草间氮素的关系

在毛白杨与黑麦草的模式中, 从上图可以看到氮的变化动态。速效氮易受植物吸收作用的影响。在植物旺盛生长的季节, 植物强烈的吸收作用会使 0~20 cm 上层土壤的速效氮含量大幅度下降, 有时还可以改变速效氮的剖面分布。从上图可以看出, 土壤速效氮含量在每一季节都表现为上层高于下层的现象, 或者两者持平。在雨水丰沛的季节(7、8、9、10

月) 上层土壤速效氮含量远远高于下层, 其余季节层间变化不大, 这是因为在土壤湿度变大的情况下, 土壤氮库向速效氮的转化加快, 以满足植物对营养生长的氮的大量需求。而生长所需的大量养分必须由土壤表层提供。三倍体毛白杨林地上下层差异明显。6 月底~11 月上层土壤速效氮含量明显高于下层土壤的含量。

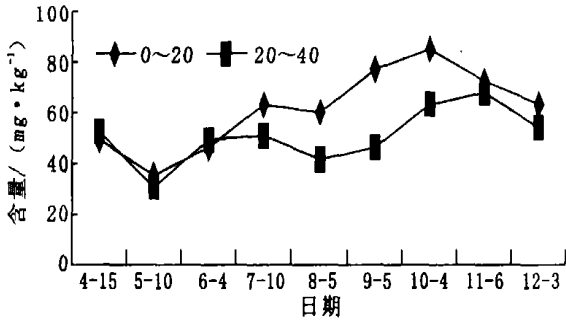


图 3 毛白杨黑麦草模式土壤速效氮变化

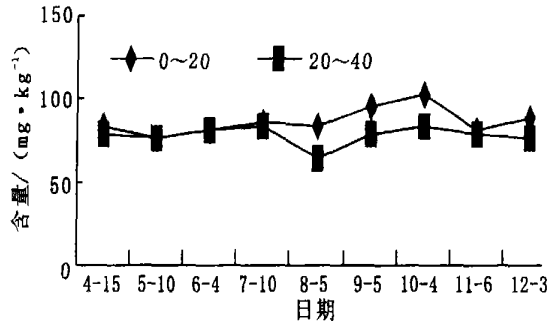


图 4 毛白杨土壤水解氮变化

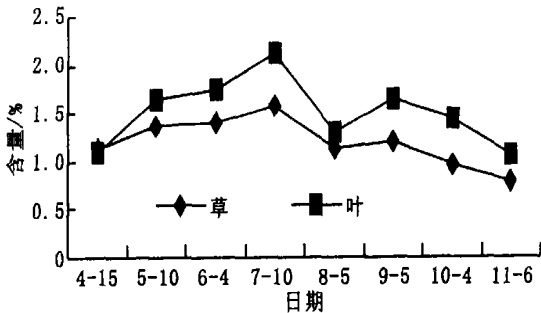


图 5 毛白杨黑麦草模式植物全氮变化

从图上可以看到: 毛白杨黑麦草模式土壤水解氮的变化呈波峰曲线。土壤水解氮的主体成分是易矿化的有机氮, 其含量与土壤有机质、全氮量有一定的相关性。由于土壤表层是土壤有机质和有机氮的富集地, 故上层土壤水解氮含量略高于下层土壤。上下层土壤水解氮随时间变化趋势大致相同: 上层略高于下层, 但几乎以相同的幅度同步变化, 在图上表现为两条近似的平行线。在各时间段土壤上下层间水解氮含量差异不大, 大体上是相等的, 仅在 8、9、10 月份上层略高于下层土壤, 其原因在于秋季树叶开始凋落, 并逐渐分解, 使得表层有机氮含量提高。三倍体毛白杨地水解氮的时间变化均表现为上层高于下层, 8~10 月三倍体毛白杨林地上层水解氮含量大大高于下层。从以上对三倍体毛白杨地土壤氮的分析, 在对三倍体毛白杨叶片和黑麦草的含氮量进行分析, 三倍体毛白杨叶片和黑麦草的含氮量呈现一致的变化趋势, 在生长盛期的 4~7 月份, 其含氮量逐渐上升, 由于土壤氮素

基本满足, 植物中的氮含量逐渐上升, 在 8 月份, 随着植物生长逐渐趋于缓慢, 由营养生长逐渐转为生殖生长阶段, 对氮的需求下降, 所以在植物体内, 氮含量下降。在后期有一小的生长, 则氮含量随之上升。这时的生长称为秋梢。以后随着植物体停止生长, 氮含量又下降, 直至落叶。对其进行相关分析得出: 土壤上下层速效氮含量与季节变化呈显著相关($r = 0.678^*$, $p < 0.05$); 土壤上层速效氮与土壤上层水解氮呈极显著相关($r = 0.825^*$, $p < 0.01$); 植物体中全氮含量与变化趋势一致($r = 0.856^*$, $p < 0.01$), 呈极显著正相关。植物体(三倍体毛白杨和黑麦草)全氮含量与土壤上下层速效氮含量与变化呈负相关关系, 说明在此模式中, 在植物的年周期的变化中, 随着植物的生长, 土壤速效氮含量逐渐降低。

3.3 杂交竹牛鞭草模式土壤与林草间氮素的关系

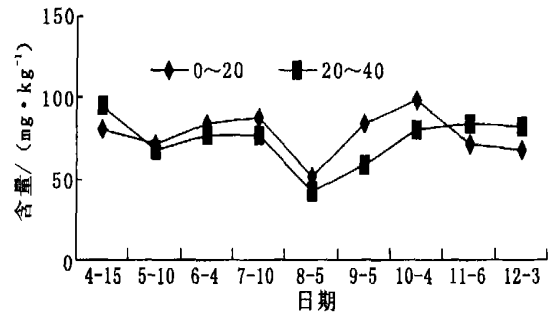


图 6 杂交竹牛鞭草模式土壤水解氮变化

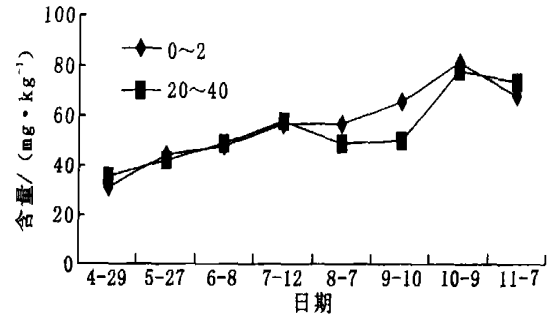


图 7 杂交竹牛鞭草模式土壤速效氮变化

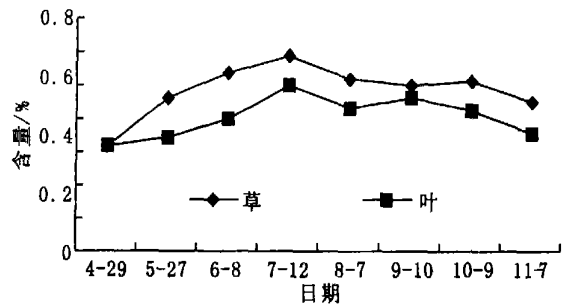


图 8 杂交竹牛鞭草模式植物全氮变化

土壤水解氮含量时间变化在生长初期的 4~5 月份, 水解氮含量呈下降趋势, 5~7 月份含量又逐渐升高, 8 月份有一短暂的低谷期, 随后又上升直到 10 月份, 在 11 月份以后土壤水解氮逐渐下降, 整个水解氮的变化表现为一定幅度的波动, 全年没有明显高峰, 土壤水解氮含量为: 杂交竹 41.01~99.51 mg/kg, 上下层土壤水解氮的变化趋势一致。水解氮在植物整个生长季节内没有积累。吸收和矿化因素基本上是持平的。就速效氮而言, 速效氮的时间动态变化为, 在整个

生长季节呈上升趋势, 在停止生长后的 11 份以后才有所下降。上下层变化不大, 呈一致现象($r = 0.901^{**}$, $p < 0.01$)。由于速效氮在各个季节均主要由 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 组成, 杂交竹速效氮含量也表现为上升趋势, 由于土壤中的铵态氮和硝态氮的含量极不稳定, 时刻都在变化, 因此用某一次的测定结果不能说明问题。用测定土壤水解性氮, 以确定土壤中近期可被植物利用的有效性氮。它包括无机的矿物质态氮和部分有机物质中易分解的、比较简单的有机态氮, 它是铵态氮、硝态氮、氨基酸、酰胺和易水解的蛋白质的总合。能较好反映出近期内土壤氮素供应状况。所以分析土壤水解氮与植物氮含量之间的相关性更有意义, 从上图可以看到, 在生长期, 杂交竹和牛鞭草中氮的含量从 4~7 月份, 逐渐上升, 之后则逐渐下降, 而水解氮的变化则很不规则, 二者之间没有相关性($r = 0.600$)。杂交竹与牛鞭草之间有相同的变化趋势($r = 0.838^{**}$, $p < 0.01$)。

3.4 土壤速效氮变化与植物氮素之间的关系

在杉木黑麦草模式中, 土壤速效氮呈明显的波峰与波谷变化, 上层土壤速效氮含量高于下层, 上下层变化基本平行。土壤速效氮 9~10 月份达到一定值后下降, 在同期杉木和草本的全氮积累也在下降。土壤速效氮与杉木叶片氮含量呈负相关。在 5 月中旬下降低到最低点, 此时正是植物的第一次生长旺盛期, 在杉木和草本的第二次生长中, 土壤的速效氮下降。但在此时, 杉木叶片与草本间的含氮水平在上升。杉木与黑麦草的氮素动态变化趋于一致, 呈极显著正相关。

在毛白杨与黑麦草模式中, 速效氮受植物吸收作用的影响大。在植物旺盛生长的季节, 强烈的吸收作用使土壤上层的速效氮大幅下降。土壤速效氮含量上层高于下层, 上下层差异明显。土壤上层是植物根系大量分布的一层, 生长所需的大量养分由土壤表层提供。毛白杨叶片和黑麦草的含氮量呈一致的变化趋势, 在生长盛期含氮量上升, 此时土壤氮素基本满足; 随着植物生长变慢, 对氮的需求下降。植物体中全氮含量与变化趋势呈极显著正相关。三倍体毛白杨和黑麦草全氮含量与土壤上下层速效氮含量与变化呈负相关, 说明在植物的年周期的变化中, 随着植物的生长, 土壤速效氮含量逐渐降低。

杂交竹牛鞭草模式中, 速效氮的在整个生长季节呈上升

趋势, 在停止生长后的 11 份以后才有所下降。上下层变化不大, 呈一致现象。在生长期, 杂交竹和牛鞭草中氮的含量从 4~7 月份, 逐渐上升, 之后则逐渐下降。

3.5 土壤水解氮及其与植物全氮的关系分析

土壤表层是土壤有机质和有机氮的富集地, 上下层土壤水解氮随时间变化趋势相同, 但几乎以相同的幅度变化。在各时间段土壤上下层间水解氮含量差异不大。

杉木黑麦草模式中, 土壤水解氮上层略高于下层, 同幅变化。土壤水解氮含量 4~8 月份逐渐上升, 9 月后下降。水解氮在整个生长季节内没有积累。在生长季节内无大波动, 吸收和矿化基本持平。土壤水解氮与杉木叶片氮含量呈负相关。

毛白杨黑麦草模式土壤水解氮的变化呈波峰曲线。仅在 8~10 月份上层略高于下层, 其原因在于秋季树叶开始凋落, 并逐渐分解, 使得表层有机氮含量提高。

杂交竹牛鞭草模式中, 水解氮的变化表现为一定幅度的波动, 全年没有明显高峰。土壤水解氮含量为: 41.01~99.51 mg/kg, 上下层变化趋势一致。分析土壤水解氮与植物氮含量之间的相关性更有意义, 杂交竹和牛鞭草中氮的含量从 4~7 月份, 逐渐上升, 之后则逐渐下降, 而水解氮的变化则很不规则, 二者之间没有相关性。杂交竹与牛鞭草之间有相同的变化趋势。

4 对三种林草模式经营措施的建议

对于杉木黑麦草模式, 从林地土壤、林木、草本三者之间的养分动态的研究比较中得出: 杉木地在退耕还林初期, 土壤养分供给的情况, 氮素虽然未出现亏缺, 但是从三者之间的消长关系可以看出: 氮素供应并不富足, 特别是水解性氮。当然过量的氮肥会使植物徒长。在三倍体毛白杨模式中, 通过以上分析得到与杉木黑麦草模式相同的结果, 所以在这两种模式中, 应该加强人为管理, 在退耕还林初期, 要施用一定量的氮肥。在全县的这两种模式中普遍存在肥料短缺的现象, 但并未引起植物的缺素症状。在杂交竹与牛鞭草模式中, 由于牛鞭草被不断的采割用于牲畜的饲料, 所以必须对该模式中进行一定养分的输入, 以保持杂交竹与牛鞭草模式这一林草生态系统的养分平衡。

参考文献:

[1] 林全业, 邢黎峰, 李培云, 等. 中国枣农间作系统研究文献评述[J]. 山东农业大学学报, 2000, 31(1): 90-94.

[2] 杨修, 吴刚. 泡桐人工林生态系统养分循环的研究[J]. 林业科学, 1993, 29(2): 158-164.

[3] 蔡丽平, 谢锦升, 陈光水, 等. 杉木油桐仙人草复合经营模式营养元素分配[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(1): 21-25.

[4] 张洪明. 对退耕还林工程中种草的探讨[J]. 林业科技通讯, 2000, (12): 26-28.

[5] 周晓峰. 关于西部大开发的基本观点和植被建设中的若干问题[J]. 林业科学, 2001, 37(6): 97-104.

[6] 杨玉盛, 俞新妥, 林先富. 杉木-山苍子-作物复合经营模式土壤肥力的研究[J]. 林业科学, 1993, 29(2): 97-103.

[7] 彭珂珊. 中国西部退耕还林(草)面临新问题再思考[J]. 首都师范大学学报, 2001, 22(2): 93-102.

[8] 翟明普. 北京西山地区油松元木枫混交林生物量和营养元素循环的研究[J]. 北京林学院学报, 1982, (4): 67-77.

[9] 沈国防, 聂道平, 王兵, 等. 油松-白桦混交林种间关系研究[J]. 林业科学, 1997, 33(5): 394-401.

[10] 蒋三乃, 翟明普, 贾黎明. 混交种间养分关系研究进展[J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(2): 73-77.

[11] 钟安良, 熊文愈. 杉木人工林林木养分的季节变化及养分之间的相互关系[J]. 南京林业大学学报, 1993, 17(3): 1-7.

[12] 关继义, 陈义亮, 祝宁, 等. 灌木层及主要灌木树种在蒙古栎林养分循环中的地位和作用[J]. 植物研究, 1999, 19(1): 100-109.

[13] 史敏华. 黄土丘陵区枣农复合经营模式[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(4): 141-143.

[14] 刘增文, 李雅素, 吕月玲, 等. 刺槐主要养分元素内循环及外循环研究[J]. 南京林业大学学报, 1997, 21(4): 6-10.

[15] 王完成. 复合农林业模式是我省西部实现跨越发展的必然选择[J]. 吉林林业科技, 2001, 30(1): 29-32.

[16] 杨玉盛, 李振同, 俞新妥, 等. 杉木-油桐-仙人草复合系统土壤生物学活性的研究[J]. 福建林学院学报, 1994, 14(1): 6-10.