

林草复合经营模式养分动态关系

王海明^{1,2}, 李贤伟², 陈治谏¹, 王海娥³

(1 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;

2 四川农业大学, 四川 雅安 625014 3 四川省农业科学院园艺所, 四川 成都 610066)

摘要: 林草复合经营模式在目前的退耕还林工程中起着重要的作用, 研究林草复合模式的林与草之间的营养元素关系, 通过对不同林草养分的研究得出林木、草、土壤之间的养分动态关系, 对矿质养分相互关系的研究为合理搭配林草提供重要依据, 为退化山地生态系统的恢复和重建提供重要的模式。模式 在退耕还林初期, 土壤养分供给氮素虽未亏缺, 但从三者间的消长关系看出: 氮磷素供应并不富足, 特别是水解性氮。土壤交换性钙供应不足, 引起杉木与黑麦草对钙质竞争。而土壤全钙含量很高, 钙质向交换性钙转化的速度缓慢。模式 与模式 得到相似结果, 所以在这两种模式中应加强人为管理, 在退耕初期应适当增施氮磷钙肥, 辅以土壤结构改良, 加速土壤养分向植物可利用态转化。模式 牛鞭草的生物量极高, 磷、钙素相对缺乏。由于牛鞭草被不断的采割用于牲畜的饲料, 对该模式中必须进行一定养分的输入, 以保持杂交竹与牛鞭草这一林草生态系统的养分平衡。

关键词: 林草生态系统; 营养元素; 退耕还林

中图分类号: S158.3

文献标识码: A

林草复合系统是一种土地利用系统和工程应用技术的复合名称, 是有目的地把多年生木本植物与农业、牧业用于同一土地经营单位并采取时空分布或短期相间的经营方式。草类作为生态系统中的初级生产者之一, 在退化生态系统恢复与重建和生态环境治理等工程中的作用受到重视。在退耕还林还草工程中, 草业发展以其生态效益显著、经济效益极佳、社会效益彰显, 赢得各级领导、科技人员和广大退耕户的欢迎。所以将还林与还草结合起来, 将是目前退耕还林的重中之重。随着退耕还林工程措施的实施和各学科之间的相互渗透, 林草复合经营模式越来越受到国内外的重视。对退耕还林中不同林草复合系统的营养状况做出评价, 以揭示林草模式间作的实质, 研究不同林草系统的养分规律, 合理搭配混交种类。对于不同林草模式建立和营养元素间的相互关系的研究, 选择更为稳定优化的林草复合生态系统, 提出不同林草混交模式的经营措施, 使退耕还林工程做到真正的可持续发展。林草所需的营

养元素通过根系从土壤中吸收并在体内适度积累。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。林草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。不同植物对不同营养元素的积累和富集特征有所差异, 其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、土壤营养元素含量及植物对某一元素的富集能力^[1-5]。

1 研究区概况

天全县地处四川盆地西缘, 102°16′~102°53′E, 29°49′~30°21′N, 属岷江水系青衣江上游。全县幅员面积 2 400 km², 耕地总面积 2×10⁴ hm², >25°的陡坡耕地 1.2×10⁴ 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

收稿日期 (Received date): 2005-06-15; 改回日期 (Accepted): 2005-12-31。

基金项目 (Foundation item): 国家科技部西部专项 "四川省退耕还林科技示范工程"。[Supported by item of MOST of China]

作者简介 (Biography): 王海明 (1979~), 山西临县人, 助理研究员, 从事植被生态方面的工作。电话: (028) 85237364 E-mail: whm@imde.ac.cn [Wang Haiming born in 1979 in Linxian Shanxi Province. He is engaged in vegetation ecological studies.]

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℃, 一月平均气温 5.1℃, 七月平均气温 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。根据当地退耕还林的不同模式, 选择杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 与黑麦草 (*Lolium multiflorum* Lam.), 三倍体毛白杨 (*Triploid populus tomentosa*) 与黑麦草和杂交竹 (*Bambusa pervariabilis* × *Dendrocalamusopsis validus*) 与牛鞭草 (*Pleiblastus amarus*) 三种退耕还林林草模式为研究对象 (表 1)。

2 研究方法

在生长季节每隔 15 d 采样一次, 其余季节每月

采样一次, 分别坡上、坡中、坡下处取混合土样, 分别 0~20 cm 和 20~40 cm 分层取样 (若土层厚度不足 40 cm, 取 20 cm 以下土壤代表 20~40 cm), 每个样品三次重复, 及时取回以保证土样的新鲜。同时测定径流场内林草覆盖度和月凋落物量。定期采集林木叶片和草本叶片, 用清洁的湿纱布揩擦干净, 把样品放在通风的地方风干, 再分两步干燥后磨碎备用 (样品采集和制备依据 GB-7884-87 进行)。草本和林木叶片每月 (生长季半月) 收集一次, 以研究林木和草本的养分季节动态变化。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 (中华人民共和国国家标准 GB 7852-87)。

表 1 试验区基本情况
Table 1 The basic characteristics of the samples sites

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 (a)	平均胸径 (cm)	植被盖度	平均高度林/草 (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	冷沙黄壤	920	26	SE	4	3.4 (地径)	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

3 结果与分析

3.1 杉木黑麦草模式养分积累的动态变化
3.1.1 杉木黑麦草模式杉木叶片养分积累的动态变化

杉木在不同的生长期内, 其叶片的养分含量也随之发生变化, 为了研究其变化规律, 测定了杉木黑麦草间作模式在生长的不同时期和生长停止期的枝叶养分含量变化。从图 1 可以看到, 杉木叶中氮的含量在生长初期逐渐上升, 即在生长期内氮的含量

是逐渐上升的, 是植物营养生长的阶段。一般氮的吸收高峰是在营养生长旺盛期和开花期, 以后迅速下降。在生长发育旺盛时期, 植株需要氮素最多, 吸收利用氮用以合成氨基酸和蛋白质最强烈。到植株生育后期, 茎叶中的蛋白质进行分解, 其降解产物转移到正在发育中的花序和果实内。以后存在于叶片中的蛋白质物质强烈地降解, 其降解产物主要是氨基酸, 移向正在成熟的种子, 再转变为蛋白质。在 8 月也有一个小的峰值, 随着降水量的增加, 杉木在 8 月又有一个相对增加的营养生长阶段, 到了生长末期和生长停止期氮的含量则逐渐下降。

磷一般集中在幼嫩组织中, 从图 1 可以看到, 磷与氮的变化是近似平行的两条曲线, 说明磷与氮之间变化趋势有相关性。伴随着林木的营养生长, 植物体内代谢需要大量的磷作为能量通货和植物体本身的结构物质。

钾在植物体中含量较高, 一般都超过磷。从图上可以明显看到这一点。钾素和氮、磷一样, 在植物体内有较大的移动性。它是由老组织向新生幼嫩部

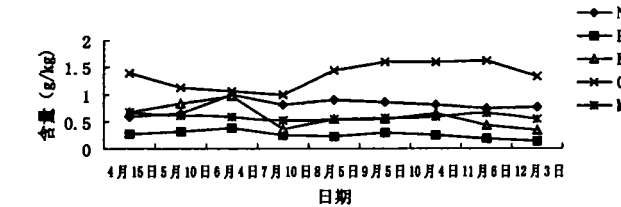


图 1 杉木叶片营养元素变化

位转移,即再利用率。所以,钾素比较集中地分布在代谢最活跃的器官和组织中,这与钾在植物体内的生理代谢起积极作用有关。钾的含量在生长期逐渐上升,在10月达到最大值;在生长末期含量又下降,即钾的变化与其移动性有很大关系。在幼嫩的杉木叶片中,有不断从老叶移动到新叶的钾素,所以钾含量呈现增长趋势,说明其可移动性大。

钙的变化在生长期是逐渐下降,在7月达到最低值,钙在生长期含量是逐渐降低的,在7~9月期间逐渐上升,然后又趋于下降。从图上可以看到钙的变化波动性非常大,由于钙主要通过质外体移动,在木质部汁液中钙随蒸腾流而向上运输,而通过共质体、韧皮部运输的数量极少,因此钙富集在老叶中;在老叶中沉淀下来的钙,就不能被活化向生长点移动。所以在4~9月的生长季节内,钙的含量会有所下降,而所取植物叶片为新叶片。以后,在生长末期随着叶片叶龄的增加,钙的含量上升。镁的变化相对平稳,从生长期到生长末期,其变化量很小。镁是叶绿素分子的重要组成元素,主要存在于叶子中,生长初期,幼嫩的叶片合成叶绿素,随着叶片的老化,镁逐渐积累,再利用率低。氮与钙、镁、磷、钾与钙,呈负相关关系,但不显著。而磷与钾呈极显著相关($r = 0.872^{**}$, $p < 0.01$)。

3.1.2 杉木黑麦草模式草的养分积累的动态变化

草本层中养分的含量变化如图2所示,从图上反映的钾素含量的变化幅度很大,从生长期4~8月之间,钾的含量逐渐上升直到最高峰,在8月后的生长末期钾的含量又逐渐下降,最后趋于稳定值。氮的变化在初期上升,生长盛期之后开始下降;磷的变化则都趋于平稳;钙的变化在4~7月,逐渐下降,之后趋于平缓。镁的变化不大,在整个时期,镁有一定的波动,但很微小,从生长期到生长末期变化都不大。通过相关分析,磷与钙的季节动态变化在黑麦草中呈显著相关($r = 0.589^{*}$, $p < 0.01$),由此说明磷与钙有一定的正互作效应,而氮与钙、镁;磷与镁;钾与钙、镁;钙与镁呈负相关关系。有相互消长的变化动态。

3.2 毛白杨黑麦草模式草的养分积累的动态变化

3.2.1 毛白杨黑麦草模式叶片的养分积累的动态变化

氮的变化从4~7月逐渐上升,在生长期其含量是逐渐增加的,在7月达到最高,8月降到最低。由于在8月底三倍体毛白杨又有第二次生长期,所

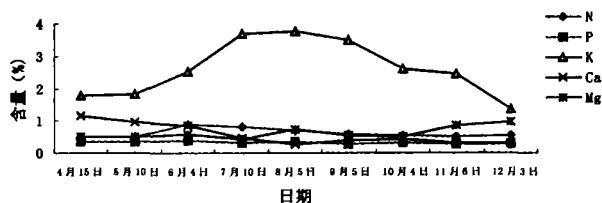


图2 黑麦草营养元素含量变化

Fig 2 Nutrient content variation of *Lolium multiflorum* Lam

以氮又有一小的高峰期,在生长末期,氮的含量则趋于下降,这是由营养生长转向生殖生长的变化表现之一。磷含量在毛白杨中比较低,没有明显的变化。钾的波动变化则很明显,在生长初期钾的含量很低,在7月其含量迅速上升,这与其移动性有关,在7月的叶片中,可以从生长初期的一些早期叶片中获得钾,所以其含量会增加。生长的后期钾的含量变化则不大。有很小的波动,趋于稳定。钙在三倍体毛白杨叶片中居于首位,在生长期逐渐上升,9月达最大值,生长期后有所下降。镁的含量与氮含量相似,比较稳定;在4月和8月的两次生长初期有明显增加的现象(图3)。统计表明:氮与钾、钙、镁;磷与钾;钾、钙与镁呈负相关不显著。

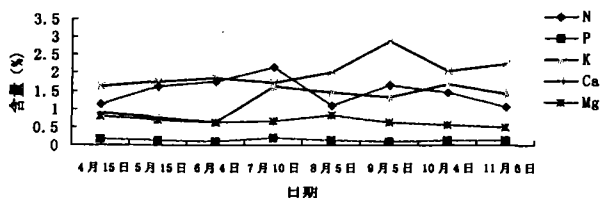


图3 毛白杨叶片营养元素变化

Fig 3 Nutrient content variation of Triploid populus tomentosa leaf

3.2.2 毛白杨黑麦草模式草养分积累的动态变化

从图4可以看到,氮、磷、镁的变化幅度相对小,没有明显的大幅度变化,说明在黑麦草中这三种元素的含量稳定,季节动态变化趋于平缓。而钾和钙的变化较大。钾的变化在生长初期4~6月变化很小,且含量甚微。在7月钾的含量升高,增加迅速,其原因与钾在这一时期所执行的生理功能有关。统计分析表明:磷与钙的季节动态变化呈显著相关($r = 0.720^{*}$, $p < 0.01$),这与在杉木黑麦草中磷与钙的关系是相同的,说明磷与钙之间在生理上有一定的相关,所以在含量动态上呈显著相关。钾与钙呈显著负相关($r = -0.778^{*}$, $p < 0.01$),氮与钾、钙;钾

与镁也呈负相关。

3.3 杂交竹牛鞭草模式养分积累的动态变化

3.3.1 杂交竹牛鞭草模式竹叶养分积累的动态变化

从图 5 可以看到, 杂交竹叶片养分含量是钾 > 镁、钙、氮 > 磷。变化较大的是钾素含量。在生长期, 钾的含量是逐渐上升的, 8 月以后就逐渐下降, 这种变化趋势是与植物生长的趋势是一致的。镁的季节变化也很明显, 从图可以看出其波动变化情况, 在 4~7 月的生长期, 其含量是逐渐降低的, 在 9 月达到最高值, 以后又趋于下降。钙的变化与镁相似, 但波动幅度没有镁的波动幅度大, 在 4~6 月逐渐上升, 7 月略有下降, 以后到 9 月, 仍呈上升趋势, 直到生长末期和生长停止期, 其含量下降并趋于稳定。氮、磷变化不大, 都很平缓, 说明在该模式中牛鞭草的氮、磷变化小而稳定。统计结果表明: 氮与钾、镁, 磷与钾、钙, 钾、钙与镁呈负相关关系。

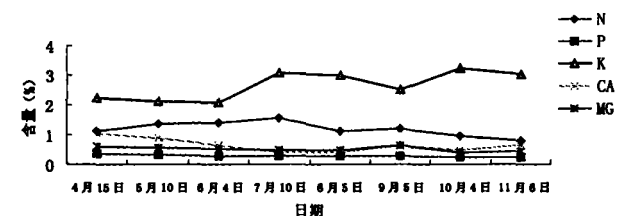


图 4 黑麦草营养元素变化

Fig 4 Nutrient content variation of *Lolium multiflorum* Lam

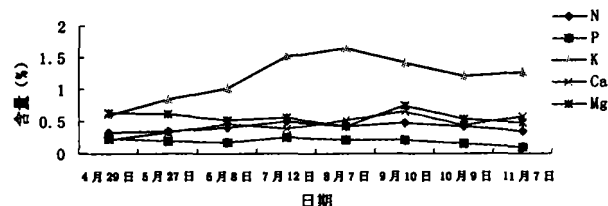


图 5 杂交竹叶片营养元素变化

Fig 5 Nutrient content variation of *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocalamusopsis validus* leaf

3.3.2 杂交竹牛鞭草模式草养分积累的动态变化

杂交竹与牛鞭草模式中, 从图 6 可以看到, 其含量为钾 > 镁 > 氮 > 磷 > 钙。钾的含量变化在生长初期和生长盛期的 4~8 月, 平缓上升, 9 月略有下降, 以后上升后又下降, 最后趋于稳定。氮的变化在生长初期 4~6 月逐渐上升, 在 6~8 月的下降说明与土壤在此期间的供氮能力和与杂交竹的争夺营养。钙的变化初期逐渐下降, 后有上升。磷与氮相似,

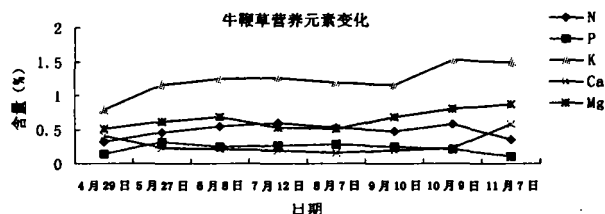


图 6 牛鞭草营养元素变化

Fig 6 Nutrient content variation of *Pleiblastus amarus*

氮、磷的相似性是植物体对营养需求的固有规律。统计结果表明: 磷与镁呈显著负相关关系 ($r = -0.884^{**}$, $p < 0.01$), 氮与钾、镁, 磷与钾、钙, 钾与钙呈负相关关系。

4 结语

植物养分含量是植物在一定生境条件下吸收养分的能力, 也是植物与环境之间相互作用的结果, 因此它不仅能揭示植物种的特性, 还能反映植物与环境之间的相互关系。前人研究结果认为, 影响植物养分的含量的内因是植物种的特性, 外因是他们生长地环境 (如气候、土壤) 条件, 此外, 养分含量在同一植物中的分布还根据不同器官不同养分而异。据报道, 植物对养分的吸收利用是按一定的比例进行的, 因此植物叶片内大部分养分间存在显著的线性关系。某一元素供应过量或不足都有可能影响这种平衡关系。一个稳定的生态系统, 通过生物小循环, 其吸收量等于存留量加归还量, 可基本维持养分的收支平衡。人工草地是在人类调节控制下的生态系统, 其开放性的特征十分显著。牧草生长所需要的营养物质从土壤库吸收, 并合成有机物质。作为刈草和收种利用的草地, 通过收获牧草茎叶, 使大量营养物质离开了系统。为了维护和提高人工草地的生产能力, 就必须补充从系统中输出的营养物质, 才能保持生态系统的营养平衡。在杂交竹与牛鞭草模式中, 应该增加养分的人为输入。在其余两个模式中, 由于氮、磷、钙有一定的亏缺, 一方面可以增施这几种肥料, 另一方面, 可以改良土壤物理性状, 加速全量养分向植物可以利用的形态转化。

参考文献 (References)

- [1] Fu Bojie Guo Xudong Chen Liling *et al* Land use changes and soil nutrient changes a case study in Zunhua County, Hebei Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(6): 926~931 傅伯杰, 郭旭

- 东, 陈利顶等. 土地利用变化与土壤养分的变化——以河北省遵化县为例[J]. 生态学报, 2001, 21(6): 926~931]
- [2] Peng K eshan. Study on basic measures of transferring plough to forest in west China[J]. *Journal of Capital Normal University*, 2001, 22(2): 93~102[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]
- [3] Yan Deren, Liu Yongjun, Feng L iang *et al* Variation of soil nutrient in the combination of forestry and agricultural crops[J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2001, 29(1): 53~56[阎得仁, 刘永军, 冯立岭, 等. 农林复合经营土壤养分的变化[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(1): 53~56]
- [4] Cai L i ping, Xie Jinsheng, Chen Guangshui *et al* Nutrient composition under compound Patterns of *Cunninghamia lanceolata*-*Aleurites fordii*-*Mesora chinensis*[J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2001, 29(1): 21~25[蔡丽平, 谢锦升, 陈光水, 等. 杉木油桐仙人掌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]
- [5] Zhang X ingchang, Sha O M ingan. Enrichment of organic matter and nitrogen in eroded bedrocks[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(4): 541~544[张兴昌, 邵明安. 侵蚀泥沙、有机质和全氮富集规律研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(4): 541~544]

Nutrient Content Cycle of Different Forest and Grass System

WANG H a i n g^{1, 2}, LIX ianwei², CHEN Zhijian¹, WANG H a i e³

(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 625014, China;

3. Sichuan Academy of Agricultural Science Department of Horticulture, Chengdu 610066, China)

Abstract Forest and grass ecosystem plays a very important role in converting agricultural lands to forest. This paper makes a preliminary study on biomass and its distribution and neighborhood interference between forest and grassland and 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:

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 I, the soil available N increase from beginning to end. There is the same trend of total N in the leaves of *B. pervariabilis* × *D. amopsis validus* and *Hemarthra*.

The content of available K declines while the available K in plant increases in the earlier growing phase. However, the available K in plant declines when the growth of plant stops. Compared to the K in the leaves of *C. lanceolata*, the density of K in herb is higher and changes greater. Following the aging of leaves, the density of K gradually declines. In Pattern III, the changing trends of available K and total K are similar. The density of K in the leaves of vegetables increases at the earlier growth season but later decreases. The K variety in the leaves of *B. pervariabilis* × *D. amopsis validus* doesn't parallel with that of *L. multiflorum*. Following the absorption of available K, the available K is beginning to decline and the ebb and flow comes into being. In Pattern I, Ca content of *C. lanceolata* and *L. multiflorum* is dropping and on July Ca content of *L. multiflorum* goes on dropping instead, but Ca content of *C. lanceolata* rises. Ca content of herbs is dropping.

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