

黄土丘陵区流域主要植被类型养分循环特征

赵护兵¹, 刘国彬^{1,2}, 侯喜禄^{1,2}

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以黄土丘陵沟壑区典型小流域纸坊沟流域为例, 系统研究流域在植被稳定恢复期1种乔木、4种灌木和9种草地植被类型的养分循环平衡特征。结果表明, 乔灌植被类型的叶片养分含量明显高于当年的新生枝条, 新生枝条则明显高于枝干; 乔木植被类型的生物量、氮磷养分累积量明显高于灌木植被类型, 灌木植被类型则高于草地植被类型; 乔木的氮养分循环速率是0.789, 灌木为0.742, 草地为1.000; 乔木P₂O₅循环速率是0.881, 灌木为0.758, 草地为1.000。乔木的氮养分年盈余量是333.0 kg/km², 灌木为508.5 kg/km², 草地为597.0 kg/km²; 乔木的P₂O₅年盈余量是333.0 kg/km², 灌木为423.0 kg/km², 草地为531.0 kg/km²。

关键词: 黄土丘陵区; 小流域; 乔木; 灌木; 草地; 养分循环平衡

中图分类号: Q945.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-5759(2006)03-0063-07

* 生态系统养分元素的循环利用是生态系统的主要功能过程之一。养分元素循环与平衡直接影响生产力的^{高低}, 并关系到生态系统的稳定和持续。养分元素循环的研究不仅能阐明生态系统物质循环机制, 而且对指导生产实践、调节和改善各种限制因素、加速养分元素的循环利用速度和最大限度地提高生态系统的生产力都具有重要的意义^[1-3]。

目前, 我国在林木生态系统养分循环方面做了大量的工作, 多集中在南方和东北地区^[4]。黄土高原地区林木生态系统养分循环研究相对较少, 具体到黄土丘陵沟壑区则更为薄弱, 关于流域范围内在生态稳定恢复期不同植被类型的养分循环方面研究尚未见报道。黄土丘陵区纸坊沟流域在1938-1973年由于毁林开荒, 植被遭到极大破坏, 尤其森林植被几乎破坏殆尽, 流域生态系统严重退化^[5]。1973年中国科学院水土保持研究所在该流域开展了水土保持综合治理, 对该区植被进行了大规模恢复重建。此后采取了封禁措施, 经过20多年的保护恢复, 流域内人工和天然植被基本得到了恢复, 生态系统开始进入良性循环。本研究以黄土丘陵沟壑区纸坊沟流域在稳定恢复期乔木植被类型刺槐(*Robinia pseudoacacia*), 4种灌木植被类型柠条(*Caragana korshinskii*)、狼牙刺(*Sophora vicifolia*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)和杂灌木以及9种草地植被群落为对象, 研究该流域在植被稳定恢复期乔、灌、草不同植被类型养分循环平衡特征, 旨在掌握流域系统的植被结构和养分循环功能, 制定合理的人工养分干预措施, 对黄土丘陵沟壑区立地条件养分资源管理有着特别重要的意义, 同时在养分循环利用方面可为植被恢复提供必要科学指导。

1 研究区概况

1.1 自然概况

研究区设在陕北安塞县纸坊沟流域(36°51'N, 109°19'E)。流域面积8.27 km², 海拔1 010~1 431 m。属暖温带半干旱气候。多年平均降水量510 mm, 其中7-9月的降水占全年的58%, 干燥度指数1.48, 多年平均气温8.8℃, 年日照时数2 300~2 400 h, 无霜期159 d左右。

1.2 试验区概况

各供试植被类型取样点概况见表1。取样时间为2003年9月25日。

刺槐植被类型取样面积25 m×25 m, 在样方内每木检尺, 求出平均木既为标准木。砍伐标准木, 按解析木分区分段, 称重, 将枝条、新生枝条, 叶片分捡称量鲜重, 在刺槐林下取1 m²草地层地上部分样, 称量鲜重。取解析

* 收稿日期: 2004-12-21

基金项目: 中国科学院重大项目; 国家自然科学基金重点项目(90502007); 2005年西北农林科技大学科研专项(05ZR034)资助。

作者简介: 赵护兵(1974), 男, 陕西乾县人, 讲师, 在读博士生。E-mail: zhaohubing@hotmail.com

表 1 各供试植被类型取样点概况

Table 1 The sampling plot general situation of different vegetation types

植被类型 Vegetation types	取样点 Sam pling plot	海拔 Altitude (m)	坡度 Gradient	地形 Landform	土壤类型 Soil types	盖度 Coverage (%)	生长年限 Growing time (a)
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	寺峨岷回回塌 hu ihuita	1 335	28°	沟坡上 Upper slope	黄绵土 Loess soil	35	26
柠条 <i>C. korshinskii</i>	寺峨岷抛牛洼 paoniw a	1 292	16°~ 25°	沟坡中 Middle slope	黄绵土 Loess soil	65	27
沙棘 <i>H. rhamnoides</i>	寺峨岷回回塌 hu ihuita	1 234	20°	梁岭 Hill	黄绵土 Loess soil	60	6
杂灌木 Shrub	老林沟 Old forest ditch	1 265	28°	沟坡下 Bottom slope	黄绵土 Loess soil	60	24
狼牙刺 <i>S. vicifolia</i>	老林沟 Old forest ditch	1 175	26°~ 30°	沟坡中 Middle slope	黄绵土 Loess soil	25	24
茵陈蒿 <i>Artemisia capillaris</i>	寺峨岷黄芥梁 huangjie girder	1 370	15°	梁坡 Hill	黄绵土 Loess soil	50	1
茵陈蒿+ 芨蒿+ 长芒草 <i>A. capillaris</i> + <i>A. giraldii</i> + <i>Stipa bungeana</i>	寺峨岷中咀山背洼 ian zhongju mountain back	1 285	27°	沟坡中 Middle slope	黄绵土 Loess soil	67	1
芨蒿- 甘青针茅 <i>A. giraldii</i> - <i>S. przewalskyi</i>	寺峨岷中咀山背洼 ian zhongju mountain back	1 290	32°	沟坡 Hill	黄绵土 Loess soil	65	1
铁杆蒿+ 芨蒿- 白羊草 <i>A. gmelinii</i> + <i>A. giraldii</i> - <i>Bothriochloa ischaemum</i>	寺峨岷下两坡 down slope	1 235	22°	沟坡 Hill	石渣土 Rock ballast soil	55	1
芨蒿- 白羊草 <i>A. giraldii</i> - <i>B. ischaemum</i>	瓦树塌石壳 Washuta rock	1 210	24°	沟坡下 Bottom hill	石渣土 Rock ballast soil	55	1
芨蒿+ 铁杆蒿- 白羊草 <i>A. giraldii</i> + <i>A. gmelinii</i> - <i>B. ischaemum</i>	烂石头湾 Rot stone gulf	1 270	30°	沟坡下 Bottom hill	黄绵土 Loess soil	75	1
铁杆蒿- 白羊草 <i>A. gmelinii</i> - <i>B. ischaemum</i>	大范家沟 Big fanjia ditch	1 270	25°~ 30°	沟坡口 Hill pass	黄绵土 Loess soil	40	1
芨蒿+ 铁杆蒿- 甘青针茅 <i>A. giraldii</i> + <i>A. gmelinii</i> - <i>S. przewalskyi</i>	大范家沟 Big fanjia ditch	1 140	27°~ 32°	沟坡 Hill	黄绵土 Loess soil	85	1
芨蒿- 甘青针茅- 中华卷柏 <i>A. giraldii</i> - <i>S. przewalskyi</i> - <i>Selaginella sinensis</i>	拐沟 Bent ditch	1 120	26°~ 33°	沟坡中上 Middle hill	黄绵土 Loess soil	85	1

木段、枝条、新生枝条、叶片、草地层样品, 烘干, 称量干重。计算各部分生物量, 并分析养分含量。

柠条、沙棘、狼牙刺植被类型取样面积 4 m × 4 m, 在样方内调查各灌木数量。取标准木, 将枝条、新生枝条和叶片分捡, 并在林下取 1 m² 草地层地上部分样, 称量各灌木枝干、新生枝条、叶片、草地层鲜重。取枝条、新生枝条、叶片、草地层样品, 烘干, 称量干重。计算各部分生物量, 并分析养分含量。

杂灌木植被类型包含灰栒子(*Cotoneaster acutifolius*)、黄刺玫(*Rosa xanthina*)、树锦鸡儿(*C. arborescens*)、柔毛绣线菊(*Spiraea pubescens*)，杂灌木取样面积为 4 m × 4 m，在样方内调查 4 种灌木数量，各灌木取标准木，将枝条、新生枝条、叶片分捡，并在林下取 1 m² 草地层地上部分样，称量各灌木枝干、新生枝条、叶片、草地层鲜重。取枝条、新生枝条、叶片、草地层样品，烘干，称量干重。计算各灌木枝干、新生枝条、叶片、草地层生物量，将 4 种杂灌木各部位生物量累加即为 4 m × 4 m 杂灌木生物量，将 4 种杂灌木各部位混合取混合样，分析各部分养分含量。

各个草地植被类型取样面积为 1 m²，将地上部分收割，称量鲜重，取样，烘干，称量干重，计算生物量，重复 2 次。将 2 次生物量结果平均，即为该草地植被类型生物量，取 2 次重复混合样分析养分含量。微量凯氏法测定 N，钼锑抗比色法测定 P。

2 结果与讨论

2.1 不同植被类型地上部分各组分的氮、磷养分含量

刺槐、柠条、沙棘、狼牙刺、杂灌木植被枝干、新生枝条、叶片的氮磷含量不同，叶片的养分含量明显高于当年的新生枝条，新生枝条则明显高于枝干(表 2)。这是由于高等植物从土壤中吸收无机氮运输到叶片中然后合成氨基酸与蛋白质，因而叶片中含氮量最高；磷是原生质的重要成分，它参与核甘酸和核酸的组成，因而氮磷素在代谢旺盛的叶片中含量最高^[6,7]；当年新生枝条用肉眼观察呈现绿色，说明该部分含有叶绿素，所以仍旧具有氮磷素合成代谢的功能，但由于其不是氮磷合成代谢的主要部位，所以氮磷素在该部位含量低于叶片，而高于枝干。老化的多年生枝干部位已经不具备此功能，所以该部位的氮磷素含量最低。

2.2 不同植被类型地上部分各组分氮、磷养分的累积与分布

不同植被类型地上部分各组分的生物量与其相应元素含量乘积，即为不同植被类型地上部分各组分氮和 P₂O₅ 的积累量^[8]。不同植被类型地上部分各组分氮和 P₂O₅ 的积累量之和即为该植被类型的养分积累量。不同植被类型地上部分各组分氮、磷的积累量与分布不同(表 3)，但在乔木和灌木植被类型地上部分各组分氮、磷养分的积累量与分布却表现出明显的规律，即枝干组分的氮磷素养分含量虽然最低，但是由于其经过多年的累积，生物量很大，所以该组分的氮磷素养分积累量多于其他组分。

将刺槐植被的生物量、氮磷累积量作为乔木植被的生物量、氮磷累积量，4 种灌木植被类型和 9 种草地植被依此类推(表 4)，比较乔木、灌木、草地植被类型的生物量、氮磷累积量。乔木植被类型的生物

表 2 不同植被各组分的氮、磷含量

Table 2 N and P₂O₅ content of different vegetation types

植被 Vegetation	组分 Types	N (%)	P ₂ O ₅ (%)
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	枝干 T ruck	0.060	0.034
	新生枝条 Twig	0.174	0.237
	叶片 Leaves	0.209	0.288
	草地层 Herbage layer	0.136	0.222
柠条 <i>C. korshinskii</i>	枝干 T ruck	0.132	0.119
	新生枝条 Twig	0.233	0.246
	叶片 Leaves	0.292	0.337
	草地层 Herbage layer	0.154	0.226
沙棘 <i>H. rhamnoides</i>	枝干 T ruck	0.071	0.071
	新生枝条 Twig	0.163	0.296
	叶片 Leaves	0.277	0.321
	草地层 Herbage layer	0.174	0.298
狼牙刺 <i>S. viciifolia</i>	枝干 T ruck	0.058	0.052
	新生枝条 Twig	0.108	0.131
	叶片 Leaves	0.244	0.248
	草地层 Herbage layer	0.163	0.261
杂灌木 Shrub	枝干 T ruck	0.047	0.065
	新生枝条 Twig	0.105	0.144
	叶片 Leaves	0.182	0.184
	草地层 Herbage layer	0.106	0.163
草样均值 Herbage average	-	0.112	0.228

表 3 不同植被各组分的氮、磷素积累量与分布

Table 3 N and P₂O₅ accumulated amount and distribution of different vegetation types

植被 Vegetation	组分 Types	生物量 Biomass (t/km ²)	N (t/km ²)	P ₂ O ₅ (t/km ²)
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	植被 Vegetation	9 400. 680	6. 320	4. 513
	枝干 Truck	8 779. 975	5. 259	2. 947
	新生枝条 Twig	36. 839	0. 064	0. 087
	叶片 Leaves	277. 998	0. 582	0. 801
	草地层 Herbage layer	305. 868	0. 415	0. 678
柠条 <i>C. korshinskii</i>	植被 Vegetation	486. 183	0. 749	0. 809
	枝干 Truck	307. 977	0. 406	0. 367
	新生枝条 Twig	36. 993	0. 086	0. 091
	叶片 Leaves	28. 446	0. 083	0. 096
	草地层 Herbage layer	112. 767	0. 173	0. 255
沙棘 <i>H. rhamnoides</i>	植被 Vegetation	944. 718	0. 769	0. 848
	枝干 Truck	867. 090	0. 614	0. 612
	新生枝条 Twig	8. 363	0. 014	0. 025
	叶片 Leaves	20. 025	0. 055	0. 064
	草地层 Herbage layer	49. 240	0. 086	0. 147
狼牙刺 <i>S. viciifolia</i>	植被 Vegetation	528. 301	0. 609	0. 696
	枝干 Truck	286. 760	0. 168	0. 149
	新生枝条 Twig	53. 831	0. 058	0. 070
	叶片 Leaves	96. 035	0. 235	0. 238
	草地层 Herbage layer	91. 675	0. 149	0. 239
杂灌木 Shrub	植被 Vegetation	1 129. 503	0. 798	1. 015
	枝干 Truck	855. 614	0. 402	0. 555
	新生枝条 Twig	77. 938	0. 082	0. 112
	叶片 Leaves	140. 161	0. 255	0. 258
	草地层 Herbage layer	55. 790	0. 059	0. 091
草样均值 Herbage average		220. 570	0. 245	0. 484

量、氮磷累积量明显高于灌木植被类型,灌木植被类型则高于草地植被类型。乔木植被类型的生物量是灌木植被类型的 12.2 倍,氮为 8.7 倍, P₂O₅ 为 5.4 倍;灌木植被类型的生物量则是草地植被类型的 3.5 倍,氮为 3.0 倍, P₂O₅ 为 1.8 倍。

2.3 不同植被类型地上部分氮磷素养分归还量与吸收量

乔木、灌木植被类型的养分年吸收量为多年生枝干的养分年吸收量与

表 4 乔木、灌木、草地植被类型地上部分的生物量与养分累积量

Table 4 Tree, shrub, herb vegetation aboveground biomass and nutrient accumulated amount

植被名称 Vegetation types	生物量 Biomass (t/km ²)	N (t/km ²)	P ₂ O ₅ (t/km ²)
乔木植被 Tree vegetation	9 400. 680	6. 320	4. 513
灌木植被 Shrub vegetation	772. 175	0. 731	0. 842
草地植被 Herbage vegetation	220. 570	0. 245	0. 484

新生枝条、叶片、草地层养分之和。乔木、灌木植被类型枝干的养分年吸收量为枝干的养分总量除以该植被类型的生长年限^[9]。乔木、灌木植被类型的养分归还量为叶片和林下草地层的养分归还量^[10-12]。各植被类型氮磷循环遵循公式: 吸收量= 存留量+ 归还量^[13]。循环速率是指单位时间单位面积内某元素的归还量与吸收量之比^[7]。刺槐植被的氮磷地上部分养分年吸收量、年归还量以及年存留量明显高于柠条、沙棘、狼牙刺、杂灌木 4 种灌木植被类型(表 5), 表明乔木植被类型刺槐的养分通量明显高于其他 4 种灌木植被类型, 再则刺槐循环速率也比这 4 种灌木植被类型大, 表明刺槐植被养分的周转更新比这 4 种灌木植被类型大。草地植被的地上部分由于当年吸收的氮磷素养分最后都以枯枝落叶形式归还土壤, 所以草地植被类型的氮磷年存流量为 0, 循环速率也比乔木、灌木植被类型的大, 为 1.0。但其养分通量却比乔木、灌木植被类型小。

表 5 不同植被类型地上部分氮、磷素养分循环速率

Table 5 N and P₂O₅ cycling rates of different vegetation types

植被名称 Vegetation types	年存留量 Storage amount per year		年吸收量 Absorbed amount per year		年归还量 Returned amount per year		循环速率 Recycling velocity	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
	(kg/km ²)	(kg/km ²)	(kg/km ²)	(kg/km ²)	(kg/km ²)	(kg/km ²)		
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	266.0	200.0	1 263.0	1 679.0	997.0	1 479.0	0.789	0.881
柠条 <i>C. korshinskii</i>	101.0	105.0	357.0	456.0	256.0	351.0	0.717	0.770
沙棘 <i>H. rhamnoides</i>	116.0	127.0	257.0	338.0	141.0	211.0	0.549	0.624
狼牙刺 <i>S. viciifolia</i>	65.0	76.0	449.0	553.0	384.0	477.0	0.855	0.862
杂灌木 Shrub	99.0	135.0	413.0	484.0	314.0	349.0	0.760	0.721
草样均值 Herbage average	0	0	244.6	484.1	244.6	484.1	1.000	1.000

将刺槐植被地上部分氮磷年存留量、年吸收量、年归还量、循环速率作为乔木植被的年存留量、年吸收量、年归还量、循环速率, 4 种灌木植被类型和 9 种草地植被依此类推(表 6), 比较乔木、灌木、草地植被类型的养分循环平衡状况。乔木植被类型的氮年存留量比灌木植被类型高 180.0%, 磷年存留量比灌木植被类型高 80.2%; 乔木植被类型的氮年吸收量比灌木植被类型高 242.3%, 磷年吸收量比灌木植被类型高 266.6%; 灌木植被类型氮年吸收量比草地植被类型高 50.6%, 但磷却比草地植被类型低 5.4%, 表明在黄土丘陵沟壑区若想改良草场发展牧业, 就必须重视氮磷化肥尤其是磷肥的投入。从不同植被类型养分的年归还量数据可以看出, 乔木植被类型的氮比灌木高 263.9%, 灌木比草地高 11.8%; 磷乔木比灌木高 326.2%, 灌木比草地低 28.3%; 氮素循环速率乔木比灌木高 6.3%, 灌木比草地低 25.8%; 磷素循环速率乔木比灌木高 16.2%, 灌木比草地低 24.2%。

2.4 不同植被类型地上部分氮、磷循环平衡特征

对于乔木、灌木、草地植被类型, 养分的输入项包括雨水沉降和叶片归还, 输出项包括径流携出、侵蚀泥沙携出和植被生长的吸收。该区 2003 年降水量 500 mm, 试验测得雨水 NO₃⁻ - N 含量 0.470 0 mg/kg, NH₄⁺ - N 含量 0.746 9 mg/kg, P₂O₅ 含量 1.069 4 mg/kg; 叶片归还量见表 6; 径流携出量和侵蚀泥沙携出量见文献[14]。计算各个分量, 可得不同植被养分循环平衡结果(表 7)。

虽然乔木、灌木、草地植被类型都没有肥料养分的投入, 但其氮磷都有盈余(表 7), 这主要是由于林草植被的水土保持作用, 进而形成了养分保蓄作用^[13]。所以将原来坡度较陡的坡耕地退耕还林, 可以减少水土流失、保育土壤, 进而对土壤养分的流失产生保蓄作用, 使养分的循环平衡能力加强, 朝健康的方向发展。

由乔木、灌木、草地不同植被类型的氮磷盈余量可以看出, 草地植被的氮磷累积量和循环通量虽最小, 但其盈余量却最大, 灌木植被的氮磷累积量和循环通量位于三者之间, 盈余量也位于三者之间, 乔木植被的氮磷累积量和循环通量虽最大, 但其养分盈余量却最小。草地植被的氮盈余量比灌木高出 17.4%, 灌木则比乔木高出

表6 乔木、灌木、草地植被类型地上部分的氮磷素养分循环速率

Table 6 N and P₂O₅ cycling rates of tree, shrub, herb vegetation aboveground

植被名称 Vegetation types	年存留量 Storage amount per year		年吸收量 Absorbed amount per year		年归还量 Returned amount per year		循环速率 Recycling velocity	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
	(kg/km ²)	(kg/km ²)	(kg/km ²)	(kg/km ²)	(kg/km ²)	(kg/km ²)		
乔木植被 Tree	266.0	200.0	1 263.0	1 679.0	997.0	1 479.0	0.789	0.881
灌木植被 Shrub	95.0	111.0	369.0	458.0	274.0	347.0	0.742	0.758
草地植被 Herbage	0	0	245.0	484.0	245.0	484.0	1.000	1.000

表7 不同植被养分循环平衡特征

Table 7 Nutrient cycling and balance characteristics of different vegetation types

植被名称 Vegetation types	养分 Nutrient	输入量 Input (kg/km ² ·a)		合计 Total	输出量 Output (kg/km ² ·a)			合计 Total	年盈亏量 Profit and loss amount of a year (kg/km ²)
		叶片草地归还 Leaves and herbage	雨水 Rain		径流携出 Runoff	泥沙携出 Sediment	生长吸收 Growth		
乔木植被 Tree	N	997.5	607.5	1 605.0	6.0	3.0	1 263.0	1 272.0	333.0
	P ₂ O ₅	1 479.0	534.0	2 013.0	0	1.5	1 678.5	1 680.0	333.0
灌木植被 Shrub	N	274.5	607.5	882.0	3.0	1.5	369.0	373.5	508.5
	P ₂ O ₅	346.5	534.0	880.5	0	0	457.5	457.5	423.0
草地植被 Herbage	N	244.5	607.5	852.0	3.0	7.5	244.5	255.0	597.0
	P ₂ O ₅	484.5	534.0	1 018.5	0	3.0	484.5	487.5	531.0

52.7%；草地植被的磷盈余量比灌木高出 25.5%，灌木则比乔木高出 27.0%。

3 总结

在黄土丘陵区纸坊沟小流域, 乔木的氮养分循环速率是 0.789, 灌木为 0.742, 草地为 1.000; 乔木 P₂O₅ 养分循环速率是 0.881, 灌木为 0.758, 草地为 1.000。乔木的氮养分年盈余量是 333.0 kg/km², 灌木为 508.5 kg/km², 草地为 597.0 kg/km²; 乔木的 P₂O₅ 年盈余量是 333.0 kg/km², 灌木为 423.0 kg/km², 草地为 531.0 kg/km²。林草植被由于大大削弱了水土流失这个养分通道, 所以养分的循环平衡出现盈余。退耕还林、植树种草可以有效降低径流和侵蚀土壤的流失量, 进而可以保育土壤对养分产生保蓄作用, 使养分循环平衡能力得到加强, 朝健康方向运行。

乔木、灌木、草地植被类型的氮年吸收量为 1 263, 369 和 245 kg/km²; P₂O₅ 为 1 679, 458 和 484 kg/km²; 氮年归还量为 997, 274 和 245 kg/km²; P₂O₅ 为 1 479, 347 和 484 kg/km²; 氮年存留量为 266, 95 和 0 kg/km²; P₂O₅ 为 200, 111 和 0 kg/km²。林草植被尤其是草灌植被的氮磷素养分的吸收量、存留量、归还量各个养分循环通量都很小, 养分循环平衡能力很有限, 所以在黄土丘陵区沟壑区流域范围内退耕还林、植树种草过程中, 为了提高林草植被养分循环通量, 加强养分循环平衡能力, 使之积累更多养分, 进而为人类提供更多的营养物质和能源, 应加强肥料养分的投入^[15]。在该区若想改良草场或人工种植草场发展牧业, 就必须重视氮磷化肥尤其是磷肥的投入^[16]。

参考文献:

- [1] John yarie. The role of understory vegetation in tile nutrient cycle of forested ecosystems in the mountainphemlock biogeoclr
matic zone[J]. Ecology, 1980, 61(6): 491-502.
- [2] Cholz H L. Litter fall, decomposition and nitrogen and phosphorus dynamics in a chronosequence of slash pine(*Pinus eliottii*)
plantation[J]. Forest Science, 1985, 31(2): 647-992.
- [3] Vogt K A. Production, turnover and nutrient dynamics of above and below ground detritus of world forests[J]. Advances in
Ecological Research, 1986, 15: 303-378.
- [4] 陈放鸣, 林小伍. 近代森林-环境问题与森林养分循环研究进展(综述)[J]. 安徽农业大学学报, 1994, 21(1): 67-70.
- [5] 卢宗凡, 梁一民, 刘国彬. 黄土高原生态农业[M]. 西安: 陕西科技出版社, 1997. 15-16.
- [6] 谢锦升, 蔡丽平, 黄荣珍, 等. 水土保持乔灌混交林 N、P 养分循环的研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2002, 26
(5): 27-31.
- [7] 尹毅, 林鹏. 红海榄红树林的氮、磷积累和生物循环[J]. 生态学报, 1993, 13(3): 221-227.
- [8] 杨玉盛. 杉木林可持续经营的研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998.
- [9] 陈永亮, 崔晓阳, 祝宁, 等. 灌木层及主要灌木种在椴树红松林养分循环中的地位与作用[J]. 东北林业大学学报, 1998, 26
(4): 7-13.
- [10] 刘增文, 李雅素. 黄土残源沟壑区刺槐人工林生态系统的养分循环通量与平衡分析[J]. 生态学报, 1999, 19(5): 630-634.
- [11] 刘增文, 李玉山, 刘秉正, 等. 黄土残源沟壑区刺槐人工林生态系统的养分循环与动态模拟[J]. 西北林学院学报, 1998,
13(2): 34-40.
- [12] 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, (4): 6-10.
- [13] 马祥庆, 何智英, 俞新妥, 等. 杉木幼林生态系统 N、P、K 循环及模拟研究[J]. 林业科学, 1996, 32(3): 199-205.
- [14] 赵护兵, 刘国彬, 曹清玉, 等. 黄土丘陵区不同土地利用方式水土流失及养分保蓄效应研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20
(1): 20-24.
- [15] 李德荣, 舒俭民, 程建峰, 等. 氮磷钾配施对百喜草干物质积累及其动态变化的影响[J]. 草业学报, 2004, 13(5): 60-65.
- [16] 鲁剑巍, 李小坤, 陈防, 等. 磷肥用量及氮磷钾配合施用对小米草产量的影响[J]. 草业学报, 2004, 13(6): 69-74.

Characteristics of nutrient cycling of different vegetation types in the Zhifanggou Watershed on the Loess Hilly Region

ZHAO Hurbing¹, LIU Guobin^{1,2}, HOU Xrlu^{1,2}

(1. College of Resources and Environment, Northwest Agriculture and Forest University,

Yangling 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS, Yangling 712100, China)

Abstract: The Zhifanggou watershed in Ansai county is an example of a Loess Hilly Region and the characteristics of nutrient cycling and balance of 1 tree, 4 shrub, and 9 herbage vegetation types have been systematically studied during a period of vegetation stabilization and rehabilitation. The results showed that nutrient content of leaves was higher than that in newshoots of wattle trees which was higher than that in limbs and trunks. The accumulated biomass, N and P₂O₅ of tree vegetation was higher than that of shrubs, which was higher than that of herbage vegetation. The speed of N recycling of tree vegetation was 0.789, while that of shrub and herbage vegetation was 0.742 and 1.000, respectively. The speed of P₂O₅ recycling of tree vegetation was 0.881, while shrub and herbage vegetation was 0.758 and 1.000, respectively. The amounts of N surplus of tree, shrub and herbage vegetation were 333.0, 508.5 and 597.0 kg/(km²·a) respectively. The P₂O₅ surpluses of tree shrub and herbage vegetation were 333.0, 423.0, and 531.0 kg/(km²·a), respectively.

Key words: Loess hilly region; small watershed; tree; shrub; herbage vegetation; nutrient cycling and balance