

林下养鸡对生物多样性的影响

邬泉楠, 缪金莉, 郑颖, 潘飞翔, 刘婷霞, 伊力塔, 夏国华, 温国胜

(浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 为研究林下养鸡对生物多样性的影响, 探讨林下养鸡的可持续性, 以浙江临安横路乡生态鸡场为实验点, 通过典型样地调查, 对生态鸡场山核桃 *Carya cathayensis* 林和早园竹 *Phyllostachys propinqua* 林下灌木层和草本层的物种多样性指数、丰富度指数、均匀度指数, 以及土壤理化性质和土壤微生物数量等进行调查研究, 并进行了相关性分析。结果表明: ①鸡的活动强度对土壤理化性质和土壤微生物影响显著, 鸡舍附近土壤速效磷、速效钾、水解氮和微生物总数有所增加。②林下养鸡降低了植物多样性, 多样性指数与丰富度指数均表现为距离鸡舍越近多样性指数越低。③山核桃林比早园竹林的生物量和凋落物持水量高, 有更好的涵养水源功能, 更适合发展林下养鸡。这表明在林下养鸡, 鸡的活动对样地生物多样性产生了影响。因此在林下养鸡时, 通过调控鸡群密度与环境生物多样性的平衡, 从而达到林下养鸡的可持续和高效益。图 1 表 8 参 12

关键词: 森林生态学; 生物多样性; 林下养鸡; 山核桃林; 早园竹

中图分类号: S718.52 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2013)05-0689-09

Forest floor fed chickens and biodiversity

WU Xiaonan, MIAO Jinli, ZHENG Ying, PAN Feixiang, LIU Tingxia, Yilita,
XIA Guohua, WEN Guosheng

(School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: To study the influence of feeding chickens from the forest floor, typical investigation were used to obtain species diversity indices of the shrub and herb layers; soil physical and chemical properties; and the number of soil microorganisms in *Carya cathayensis* and *Phyllostachys propinqua* forests on the ecological chicken farm in Henglu Town, Zhejiang Province. Results showed 1) that the frequency of chicken activity influenced soil physical and chemical properties and that the number of soil available phosphorus and potassium, hydrolytic nitrogen, as well as the total number of soil microorganisms in the soil near chicken house were increased. 2) Feeding chickens from the forest floor decreased the diversity indices. For example, there were seven kinds of shrub species and twenty-two kind of herb species in plot A₁; the number of shrub species in plot A₂ was three and herbs was fourteen; however, in plot A₃, there were no shrub or herb left, which indicated that the closer to the chicken house the lower with diversity indices. 3) Also, the *C. cathayensis* forest had a superior biomass and water holding capacity in the litter layer compared to the *Ph. propinqua* forest. The *C. cathayensis* forest had a better water conservation function and was more suitable for raising chickens; therefore, by regulating the balance between the chicken density and biodiversity, greater benefits with sustainable cultivation could be achieved when feeding chickens from the forest floor. [Ch, 1 fig. 8 tab. 12 ref.]

Key words: forest ecology; biodiversity; feeding chicken under the forest; *Carya cathayensis* forest; *Phyllostachys propinqua*

林下养鸡是一项新兴产业, 具有良好的经济效益和社会效益, 正处于蓬勃发展阶段, 有着节省林地

收稿日期: 2012-10-15; 修回日期: 2012-12-24

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31270497); 浙江省科学技术重大项目(2009C12074)

作者简介: 邬泉楠, 从事森林生态研究。E-mail: 86559930@qq.com。通信作者: 温国胜, 教授, 博士, 从事森林生态研究。E-mail: wgs@zafu.edu.cn

管护费和林地肥料, 灭虫锄草, 促进树木生长, 提高结实率等优点, 同时充分利用林下独特的生态环境条件, 把单一林业引向复合林业, 有利于转变林业经济增长方式, 提高林地综合利用效率和经营效益, 推动林业产业快速发展, 实现农民增收和企业增效, 使农民从林业经营中真正得到实惠^[1-3]。目前对于林下经济的研究主要集中在经济方面, 而对于经营管理对林下物种多样性的影响方面的研究鲜见报道。为了进一步探明林下养鸡的可持续性, 做到因地制宜地发展林下经济, 本研究通过对生态鸡场所在山核桃 *Carya cathayensis* 林和早园竹 *Phyllostachys propinqua* 林进行样地调查, 分析林下草灌层物种多样性、生境、土壤理化性质、土壤微生物数量等与林下养鸡强度的关系, 研究林下养鸡对生物多样性的影响, 探讨不同林分对林下养鸡的影响, 为合理经营林地, 促进人工植被恢复, 维持区域经济可持续发展提供科学依据。

1 试验地与试验方法

1.1 试验地概况

调查地区位于浙江省临安市中部於潜镇横路乡西天目山国家级自然保护区南麓, 30°19'N, 119°26'E。所在区域属中纬度北亚热带季风气候, 年平均日照时数为 1 939.0 h, 年平均降水量 1 432.6 mm, 年平均气温 15.8 °C, 年平均相对湿度 68.7%, 土壤质地以壤土为主, 主要为重壤土和中壤土, 土壤类型主要为黄红壤(表 1)。

表 1 样地概况

Table 1 Condition of plots

样地编号	坡度/(°)	海拔/m	土壤质地	鸡活动数量/(只·hm ⁻²)	
A ₁	31.23	329	中壤土	0	
山核桃林	A ₂	18.21	288	重壤土	25
	A ₃	38.68	280	重壤土	80
	B ₁	0	286	中壤土	0
早园竹林	B ₂	14.48	285	重壤土	23
	B ₃	0	281	重壤土	95
空地	C	0	283	中壤土	201

1.2 样地设置

样方的设置采用临时样地法中的典型取样法^[4]。在设置样地时, 考虑鸡场三面环山, 又有山溪分割, 山势差别大, 林种分布区别的特点, 再根据鸡活动频度的差异, 排除山势朝阳等地形因素的干扰, 因此以鸡舍为中心(编号 O), 分别在距离鸡舍 200(轻度), 100(中度), 50 m (重度)的山核桃林中设置样地, 编号分别为 A₁, A₂, A₃; 距离鸡舍 100(轻度), 50(中度), 10 m (重度)的早园竹林中设置样地, 分别编号为 B₁, B₂, B₃, 在鸡舍前空地设置 1 个样方, 编号为 C, 共 7 个不均匀分布的阳坡样地(图 1)。取样面积分别为: 乔木样方 10.0 m×10.0 m, 灌木样方 2.0 m×4.0 m, 草本样方 1.0 m×1.0 m, 生物量测定样方 0.2 m×0.2 m, 凋落物样方 0.2 m×0.2 m。山核桃林和早园竹林总共设置样方 56 个, 其中乔木样方 3 个, 灌木样方 15 个, 草本样方 24 个, 生物量测定样方 7 个, 凋落物测定样方 7 个。调查时间为 2010 年 6-9 月。

1.3 土壤理化性质分析

在设置的每个样地内随机划出 5 个土壤采集点, 用环形刀取土壤约 500 g, 土壤质地采用质地指测法, pH 值测定采用电位法用酸度计测定 ($m_{\text{水}}: m_{\text{土}}=5:1$), 有机质测定用重铬酸钾容量法-外加热法, 速效磷测

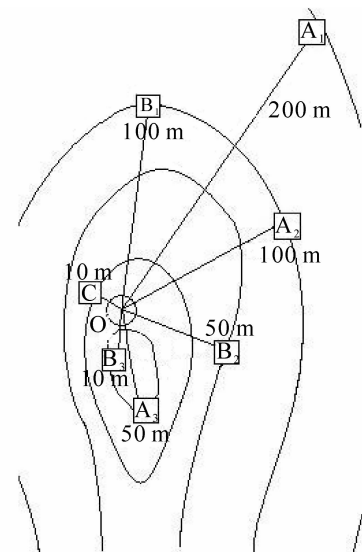


图 1 样地分布情况

Figure 1 Distribution of plots

定 $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 次氯酸钠(NaHCO_3)浸取-钼锑抗比色法,速效钾测定用醋酸铵(NH_4OAc)浸取-火焰光度法,碱解氮测定用半微量凯式法。重复3次·样品 $^{-1}$,结果取平均值^[6]。

1.4 植物多样性分析

根据样地资料,分样地计算每个物种的盖度、多度、频度;再计算每一个样地不同物种的重要值(I_i)。以物种的重要值为基础,分层(灌、草)计算各物种 α 多样性指数、物种丰富度指数(S),多样性指数(Simpson指数和Shannon-Wiener指数),均匀度指数(Pielou均匀度指数和Alatalo均匀度指数)和生态优势度。物种丰富度指数 S :以样方中物种的数目表示物种丰富度;灌木和草本植物重要值: $I_i=(\text{相对频度}+\text{相对盖度})/2$;相对频度($\%$)=(1个种的频度/所有种的频度之和) $\times 100$;相对盖度($\%$)=(1个种的盖度/所有种的盖度之和) $\times 100$ 。

由于所选样地以山核桃作为主要的经济作物,几乎无其他的乔木,因此本研究不计算乔木植物的重要值。物种多样性指数:Simpson指数 $D=1-\sum P_i^2(i=1, 2, 3, \dots, n)$;Shannon-Wiener指数 $H=-\sum P_i \ln P_i(i=1, 2, 3, \dots, n)$ 。Pielou均匀度指数: $J=(1-\sum P_i^2)/(1-1/S)(i=1, 2, 3, \dots, n)$;Alatalo均匀度指数: $E=[1/(\sum P_i^2)-1]/[\exp(-\sum P_i \ln P_i)-1](i=1, 2, 3, \dots, n)$ 。生态优势度: $D'=\sum P_i^2$,其中 P_i 为种 i 的相对重要值; S 为种 i 所在样方的物种总数; n 为物种数^[4]。

1.5 土壤微生物测定

土壤微生物测定采用平板稀释法。培养基分别为:细菌用牛肉膏蛋白胨培养基,真菌用马丁氏培养基,放线菌用改良高氏I号培养基。在 $28\text{ }^\circ\text{C}$ 恒温箱中培养,细菌培养2~3d,真菌培养5~7d,放线菌培养10~14d,直至长出单个菌落后计数。每个样品做4个稀释度,分别为 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} ,各种稀释度做3个重复。通过公式:干土中菌数(个 $\cdot\text{g}^{-1}$)=菌落平均数 \times 稀释倍数(1-土壤含水量),计算干土中的微生物数量^[5]。

1.6 数据处理与分析

Excel 2003 进行数据统计与分析, PASW Statistics 18 进行相关性分析。

2 结果与讨论

2.1 林下养鸡对土壤理化性质的影响

土壤有机质质量分数的多少是土壤肥力高低的重要化学指标。土壤中的氮磷钾的质量分数代表着土壤的肥力,土壤速效养分是山核桃直接可以利用的养分,与海拔有一定的联系,同时受人为施肥等经营措施的影响^[6]。各样地土壤养分的变化见表2。在山核桃林下,有机质质量分数为 $A_1>A_2>A_3$,速效磷质量分数为 $A_3>A_1>A_2$,速效钾质量分数为 $A_1>A_3>A_2$,碱解氮质量分数为 $A_1>A_3>A_2$;在早园竹林下,有机质质量分数为 $B_1>B_3>B_2$,速效磷质量分数为 $B_3>B_1>B_2$,速效钾质量分数为 $B_3>B_1>B_2$,碱解氮质量分数为 $B_3>B_1>B_2$;鸡舍空地上,速效磷、速效钾、碱解氮质量分数均高于中间距离的样地;由于鸡取食了地表的凋落物和草本植被,使土壤养分无法通过枯死植物和凋落物自然分解得到补充,可能只有通过鸡的排泄物自然分解得以恢复;而鸡的粪便在离鸡舍近处积累较多,是速效磷大幅增加的主要原因。

表2 各样地土壤化学性质

Table 2 Chemical properties of soil

样品编号		有机质/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效磷/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效钾/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	碱解氮/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
山核桃林	A ₁	16.641	3.95	240	207.90
	A ₂	16.242	3.35	190	138.25
	A ₃	13.273	54.85	210	185.50
早园竹林	B ₁	16.214	19.20	290	179.20
	B ₂	14.469	16.20	175	159.60
	B ₃	15.342	52.90	305	225.75
空地	C	13.978	22.00	285	229.25

2.2 林下养鸡对植物多样性的影响

2.2.1 不同样地内植物重要值分析 优势种组成差异在一定程度上反映着群落的结构多样性特征,对于不同森林群落类型而言,草、灌层组成差异在一定程度上反映森林群落林下植被的发育状况和群落属性^[7]。样地内共出现植物 51 种,隶属 28 科,其中灌木植物有 7 个科,草本植物有 25 个科(表 3)。A₁ 样地有灌木 7 种,草本植物 22 种;A₂ 样地有灌木 3 种,草本植物 14 种;A₃ 样地基本无草灌植物;B₁ 样地有灌木 1 种,草本植物 17 种;B₂ 样地有灌木 0 种,有草本植物 11 种;B₃ 样地没有灌木、草本植物;C 无灌草植物。可见,草本植物在山核桃林和早园竹林下长势比灌木好。A₁ 中灌木的优势种为苕麻 *Boehmeria nivea*, 其重要值最大,为 0.546 8,草本层爵床 *Rostellularia procumbens* 为优势种,重要值为 0.456 4;A₂ 样地的 3 种灌木的重要值较接近,为 0.310 ~ 0.350,在该样地下重要性相当,而草本层中鸭趾草 *Commelina communis* 有较大的重要值,为优势种;A₃ 样地几乎无植物生长,说明鸡的活动对它产生了较大的影响;B₁ 样地灌木层中桑 *Morus alba* 和早园竹具有较高的重要值,分别为 0.489 1, 0.495 6;B₂ 中桑和早园竹的重要性相当,均为 0.500 0, B₁ 样地草本层鸭趾草和水蓼 *Polygonum hydropiper* 为优势种;B₂ 样地草本层蓬蘽 *Rubus hirsutus* 为优势种;B₃ 样地只有桑和早园竹,物种较单一。一方面,由于林下植物生长与山核桃和早园竹的生长存在竞争关系,互相影响;而草本植物需要的生长空间相对较小,在盛夏能增加空气湿度、减小土壤和气温的变化幅度,对林木(特别是幼树)起到一定保护作用^[7]。人们为了得到较高的经济利益,将灌木进行砍除而保留了草本植物来更好地适应山核桃和早竹的生长。另外,在山核桃林中植物的种类数目受到鸡活动的影响,具体表现为受轻度影响的山核桃林植物种类最多,受中度影响的山核桃林次之,受重度影响的山核桃林植物种类最少,也就是说鸡的活动越剧烈,样方内草本植物和灌木的种类也就越少;在早园竹林中也表现出类似的相关性。

2.2.2 不同样地植物多样性指数 在山核桃样地中,丰富度指数依次为 A₁>A₂>A₃,说明鸡的活动对林地地表植物多样性可以造成较大的影响。同样地,早园竹林地的丰富度变化也符合这个规律。在山核桃样地中,Shannon-Wiener 指数依次为 A₁>A₂>A₃;A₁ 和 A₂ 样地的差别不大,在 A₃ 样地,其值却远远小于前 2 个样地的值,而 A₃ 样地距离鸡舍是最近的,受鸡活动的影响最明显。在早园竹林地中,B₁ 样地中灌木层中不仅仅只有早竹一种,这一点与另外 2 个林地不同,而它们间的差别就是鸡的活动程度,其差异是由于鸡的取食导致;草本层的 Shannon-Wiener 指数也是依次递减,并且低于同种程度的山核桃林地,这与早园竹林的郁闭度高有关,其变化趋势与山核桃林地相同。不同样方内物种多样性与均匀度指数呈正相关,与物种丰富度和生态优势度呈负相关(表 4)。同时,相同样地下草本层的物种丰富度均大于该样地下灌木层的丰富度,表明这片林地主要森林群落中乔木层和灌木层的郁闭度较小,林内光照资源丰富,林下草本层生长旺盛,植物种类比较多,多样性高。当群落有较高的生态优势度时,由于优势种明显,优势种的个体数会明显多于一般种而使群落具有低的均匀度,如 A₁ 的生态优势度为 0.604 3,大于 A₂(0.472 5),而均匀度指数 $E(1.803 4)$ 略小于 A₂(1.746 9)。也就是说 A₁ 的草灌层各物种间存在竞争,已经形成了固定的优势种,生态稳定性较好,而 A₂ 的草灌层间没有固定的优势种,可见在鸡的干扰下已破坏了 A₂ 生态稳定。

表 3 不同样地灌草层主要物种及重要值

Table 3 Main species and important index of different plots

植物名称	重要值						
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C
苕麻 <i>Boehmeria nivea</i>	0.546 8	0.358 7					
马棘 <i>Indigofera pseudotinctoria</i>	0.168 6						
西南卫矛 <i>Euonymus hamiltonianus</i>	0.078 2						
野蔷薇 <i>Rosa multiflora</i>	0.036 8						
棕榈 <i>Trachycarpus fortunei</i>	0.139 9						
菝葜 <i>Smilax china</i>	0.007 4			0.015 3			
构树 <i>Broussonetia papyrifera</i>	0.022 3						

表 3 (续)

植物名称	重要值						
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C
桑 <i>Morus alba</i>		0.317 9		0.489 1	0.500 0	0.500 0	
紫花地丁 <i>Viola yedoensis</i>	0.015 0	0.039 9					
木防己 <i>Cocculus orbiculatus</i>	0.002 5						
紫花前胡 <i>Angelica decursiva</i>	0.002 5						
白芷 <i>Miscanthus sinensis</i>	0.007 5						
蓬蘽 <i>Rubus hirsutus</i>	0.037 9	0.132 4		0.023 0	0.463 6		
茜草 <i>Rubia cordifolia</i>	0.036 3				0.019 1		
田麻 <i>Corchoropsis tomentosa</i>	0.005 0	0.010 3					
爵床 <i>Rostellularia procumbens</i>	0.456 4	0.036 2			0.022 7		
天名精 <i>Carpesium abrotanoides</i>	0.011 0						
金盏花 <i>Cymbopogon citrat</i>	0.009 7			0.008 3			
何首乌 <i>Fallopia multiflora</i>	0.017 2	0.052 2					
百部 <i>Stemona sessilifolia</i>	0.008 7						
小飞蓬 <i>Conyza canadensis</i>	0.007 7						
三脉紫菀 <i>Aster ageratoides</i>	0.063 5						
阔叶山麦冬 <i>Liriope muscari</i>	0.020 5						
金银花 <i>Lonicera japonica</i>	0.014 1			0.023 0			
麦冬 <i>Ophiopogon japonicus</i>	0.162 4	0.010 3		0.047 4			
苔草 <i>Carex tristachya</i>	0.005 6						
苎草 <i>Arthraxon hispidus</i>	0.074 1				0.054 8		
一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	0.012 7			0.020 8			
酢酱草 <i>Oxalis corniculata</i>	0.021 0	0.035 0					
栝楼 <i>Trichosanthes kirilowii</i>	0.008 6						
透茎冷水花 <i>Pilea pumila</i>				0.142 1			
鸭趾草 <i>Commelina communis</i>		0.244 0		0.255 3			
水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>				0.253 3			
扶芳藤 <i>Euonymus fortunei</i>				0.126 0			
天目地黄 <i>Rehmannia chingii</i>				0.026 2			
秋牡丹 <i>Anemone hupehensis</i>				0.019 0			
过路黄 <i>Lysimachia christinae</i>				0.021 2			
革命菜 <i>Gynura crepidioides</i>				0.006 6			
牛膝 <i>Achyranthes bidentata</i>				0.007 7	0.217 0		
野紫苏 <i>Perilla frutescens var.purpurea</i>		0.121 6		0.011 2			
鸡屎藤 <i>Paederia scandens</i>		0.013 6		0.004 2	0.099 1		
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>		0.020 6					
杜若 <i>Pollia japonica</i>				0.004 7			
络石 <i>Trachelospermum jasminoides</i>		0.183 4					
铁苋菜 <i>Acalypha australis</i>		0.052 1			0.011 3		
艾蒿 <i>Artemisia argyi</i>		0.048 3					
辣蓼 <i>Polygonum flaccidum</i>					0.052 0		
蛇葡萄 <i>Ampelopsis sinica</i>					0.011 3		
龙牙草 <i>Agrimonia pilosa</i>					0.019 1		
小薊 <i>Cirsium setosum</i>					0.029 9		
植物种类总计	29	17	0	19	12	0	0

表4 山核桃林地的生物多样性及其相关性

Table 4 Biodiversity of *Carya cathayensis* forest

群落类型	层次	丰富度 指数 <i>S</i>	多样性指数		均匀度指数		生态优势度 指数 <i>D'</i>	层高/m	盖度/%
			<i>D</i>	<i>H</i>	<i>E</i>	<i>J</i>			
A ₁	灌木层	7	0.745 0	1.347 3	0.938 1	0.952 5	0.355 0	60	1.20
	草本层	22	0.850 8	2.011 5	0.865 3	0.986 5	0.249 2	95	1.20
	合计	29	1.595 7	3.358 7	1.803 4	1.939 0	0.604 3	95	1.20
A ₂	灌木层	3	0.665 7	1.097 2	0.997 8	0.998 5	0.334 3	46	4.00
	草本层	14	0.861 8	2.232 5	0.749 1	0.828 1	0.138 2	55	0.90
	合计	16	1.527 5	3.329 7	1.746 9	1.826 6	0.472 5	67	4.00
A ₃	灌木层	0	1.000 0	0.000 0	0	0	0.000 0	0	0.00
	草本层	0	1.000 0	0.000 0	0	0	0.000 0	0	0.00
	合计	0	2.000 0	0.000 0	0	0	0.000 0	0	0.00
C	灌木层	0	1.000 0	0.000 0	0	0	0.000 0	0	0.00
	草本层	0	1.000 0	0.000 0	0	0	0.000 0	0	0.00
	合计	0	2.000 0	0.000 0	0	0	0.000 0	0	0.00
灌木层	样地距离	<i>S</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>E</i>	<i>J</i>	<i>D'</i>	盖度/%	层高/m
样地距离	1								
<i>S</i>	0.971 0**	1							
<i>D</i>	-0.864 7**	-0.890 5**	1						
<i>H</i>	0.904 9**	0.931 9**	-0.994 9**	1					
<i>E</i>	0.665 1*	0.684 9	-0.941 4**	0.902 5**	1				
<i>J</i>	0.735 8*	0.757 8*	-0.971 7**	0.942 8**	0.994 5**	1			
<i>D'</i>	0.864 7**	0.890 5**	-1	0.994 9**	0.941 4**	0.971 7**	1		
盖度	0.918 6**	0.946 0**	-0.989 9**	0.999 2**	0.884 1**	0.928 4**	0.989 9**	1	
层高	0.382 7	0.394 2	-0.769 2*	0.700 6*	0.939 6**	0.898 4**	0.769 2*	0.670 8*	1
草本层	样地距离	<i>S</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>E</i>	<i>J</i>	<i>D'</i>	盖度/%	层高/m
样地距离	1								
<i>S</i>	0.949 6**	1							
<i>D</i>	-0.962 8**	-0.996 8**	1						
<i>H</i>	0.807 8**	0.929 4**	-0.896 7**	1					
<i>E</i>	0.652 4*	0.811 7**	-0.762 1*	0.970 0**	1				
<i>J</i>	0.784 0*	0.912 8**	-0.877 0**	0.999 1**	0.979 5**	1			
<i>D'</i>	0.962 8**	0.996 8**	-1	0.896 7**	0.762 1*	0.877 0**	1		
盖度	0.959 5**	0.998 4**	-0.999 7**	0.907 2**	0.777 7*	0.888 4**	0.999 7**	1	
层高	0.923 1**	0.994 5**	-0.982 8**	0.963 0**	0.868 5**	0.950 6**	0.982 8**	0.987 0**	1

说明: **表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关; *表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

2.3 林下养鸡对土壤微生物多样性的影响

土壤微生物在森林生态系统养分循环中具有举足轻重的作用^[8]。在山核桃林中,随着样方受鸡干扰因素的减弱,细菌、真菌、放线菌的数量先减少后增加的趋势; A₃样方中细菌数量远大于 A₁和 A₂中的,且 A₂中的细菌数量最少; A₁样方中放线菌数远大于 A₂和 A₃中, A₂中的放线菌数量最少(表 5)。放线菌数量的增多通常是土壤性质不良的反映^[9],可知 A₁样方土壤性质不良,而 A₂和 A₃中放线菌数量相对减少,细菌数量增加,可知林下养鸡中鸡的活动对土壤微生物的多样性有调节作用,对土壤性质具有改良作用。在早园竹林中呈现与山核桃林现象相同;可知早园竹林下养鸡,鸡的影响越大,则微生物数量越多(表 5)。由于早园竹林本身具有较高的郁闭度,林地环境阴暗、湿润,适合微生物的生长以及鸡的排泄物的影响,使得林下微生物的数量都维持较高的水平,这表明鸡的活动不利于竹林土壤性质的改良。

2.4 林下养鸡对林地生物量和持水量的影响

生物量是一个有机体或群落一定时间内积累的干物质量,是表征其结构及功能的重要参数。而林

表 5 土壤微生物数量统计 ($\bar{x} \pm SD$)Table 5 Microorganism number of soil ($\bar{x} \pm SD$)

	样方序号	细菌数/(个·g ⁻¹)	真菌数/(个·g ⁻¹)	放线菌数/(个·g ⁻¹)	微生物总数/(个·g ⁻¹)
山核桃林	A ₁	16 667 ± 2 357	2 167 ± 306	90 167 ± 5 633	109 000
	A ₂	3 333 ± 471	833 ± 117	22 333 ± 6 128	26 500
	A ₃	63 333 ± 4 242	4 167 ± 117	32 167 ± 2 050	99 667
早园竹林	B ₁	28 333 ± 7 071	12 500 ± 3 536	79 833 ± 2 852	120 667
	B ₂	21 667 ± 1 649	18 000 ± 2 828	56 167 ± 1 956	95 833
	B ₃	41 667 ± 3 535	19 000 ± 1 084	82 333 ± 3 441	143 000
空地	C	35 000 ± 2 357	3 333 ± 471	67 667 ± 5 515	106 000

地草本层和枯枝落叶层的持水量可以表现不同样地的涵养水源的能力；凋落物储量大，整个凋落物层的蓄水量高；总孔隙度、非毛管孔隙度大，则土壤持水量也高^[10]。在山核桃林中，随着样方受鸡干扰因素的减弱，凋落物生物量也是先增加后降低，在早竹林中，随着样方离鸡舍的距离的增加，凋落物生物量先减少后增加；在山核桃林中，距离鸡舍 100 m 的样方中，凋落物的生物量最大，持水量最大，鸡的适度活动，可以加强土壤的持水能力(表 6)。但是在早园竹林中，距离鸡舍 50 m 的样方中，凋落物的生物量最小，持水量最小，在距离鸡舍 10 m 的样方中，虽然由于鸡的捕食造成草本层生物量为 0，但是以竹叶为主的凋落物的生物量却很大达 3.57 t·hm⁻²，凋落物的持水量达 1.03 t·hm⁻²。可知，随着竹林距鸡舍的增加，虽然鸡对草本层植物的多样性的破坏很严重，但是鸡粪等因素的影响使得竹子的生长茂盛，以竹叶为主的凋落物也增加，从而导致了竹林凋落物持水量的增加。凋落物持水量为山核桃林>早园竹林，与蔡跃台^[11]和黄庆丰等^[12]研究结论基本一致，说明山核桃林比早园竹林有更好的涵养水源功能。

表 6 不同样地生物量和持水量

Table 6 Biomass and the amount of water of different plots

样地编号	植物			凋落物		
	含水量/%	持水量/(t·hm ⁻²)	生物量/(t·hm ⁻²)	含水量/%	持水量/(t·hm ⁻²)	生物量/(t·hm ⁻²)
A ₁	22.30	5.58	0.84	4.05	1.01	5.03
A ₂	29.30	7.33	3.64	10.40	2.60	10.27
A ₃				5.23	1.31	4.70
B ₁	42.33	10.58	2.49	4.33	1.08	3.50
B ₂	32.26	8.07	3.54	1.25	0.31	1.12
B ₃				4.12	1.03	3.57
C						

2.5 凋落物、土壤理化性质与微生物种类和数量的相关性分析

由表 7 可得：样地距离与真菌、放线菌、土壤有机质呈负相关性；细菌、真菌、放线菌的数量与土壤有机质和凋落物持水量呈负相关；其中样地距离与样地植物持水量、有机质、碱解氮有极显著相关，与细菌、真菌数量显著相关，说明鸡的不同活动强度对样地微生物、持水量、有机质之间产生了影响。

2.6 植物多样性与土壤理化性质相关性分析

由表 8 分析可得：土壤有机质和速效磷与植物多样性呈显著相关，其中有机质与多样性指数 D 呈负显著相关，速效磷与多样性指数 D 呈正显著相关，说明土壤的有机质和速效磷与植物多样性有密切关联。

3 结论

林下养鸡对林地土壤有一定的改良作用。样地内，土壤有机质和速效磷的质量分数与植物多样性有密切关联，而鸡的活动强度与植物多样性有显著相关，可知鸡的活动直接或间接的影响了土壤肥力，同时，土壤磷质量分数在鸡场附近普遍升高，且氮钾质量分数与鸡活动频度呈负相关，其中碱解氮呈显著相关；放线菌数量在鸡舍附近比其他样地都要低。林下养鸡对植物多样性有一定的抑制影响，样地内植

表7 样地离鸡舍距离与微生物种类及数量、生物量土壤理化性质之间的相关性分析

Table 7 Correlation between the index of microorganism and soil chemical properties

项目	样地距离	细菌数量	真菌数量	放线菌数量	植物持水量	凋落物持水量	有机质	速效磷	速效钾	碱解氮
样地距离	1									
细菌数量	-0.529 1*	1								
真菌数量	-0.521 8*	0.963 7**	1							
放线菌数量	0.408 8	-0.121 8	0.118 3	1						
植物持水量	0.740 0**	-0.894 4**	-0.951 1**	-0.051 6	1					
凋落物持水量	0.353 4	-0.444 1	-0.665 8*	-0.691 0*	0.722 6**	1				
有机质	0.817 6**	0.055 5	0.046 5	0.422 0	0.255 9	0.091 4	1			
速效磷	-0.354 0	0.926 8**	0.800 4**	-0.355 3	-0.670 4*	-0.088 6	0.202 9	1		
速效钾	-0.102 0	0.750 9**	0.868 4**	0.558 1*	-0.740 8**	-0.781 7*	0.403 7	0.561 3*	1	
碱解氮	-0.720 4**	0.876 2**	0.948 6**	0.110 2	-0.998 1**	-0.763 3**	-0.243 7	0.636 0*	0.763 1**	1

说明：**表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关；*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

表8 植物多样性与土壤理化性质相关性分析

Table 8 Correlation between plant diversity and soil chemical properties

项目	有机质	速效磷	速效钾	碱解氮	S	D	H	E	J	D'	盖度
有机质	1										
速效磷	-0.910 2**	1									
速效钾	-0.268 0	-0.029 0	1								
碱解氮	-0.346 7	0.175 3	0.930 8**	1							
S	0.944 3**	-0.765 9**	-0.233 6	-0.194 4	1						
D	-0.982 3**	0.817 6**	0.363 3	0.376 1	-0.976 7**	1					
H	0.980 5**	-0.831 4**	-0.451 2	-0.503 5	0.928 0**	-0.986 4**	1				
E	0.903 6**	-0.795 2*	-0.583 0*	-0.705 8*	0.766 8**	-0.886 8**	0.950 7**	1			
J	0.952 6**	-0.822 9**	-0.525 9*	-0.615 7*	0.855 3**	-0.946 6**	0.986 7**	0.988 4**	1		
D'	0.982 3**	-0.817 6**	-0.363 3	-0.376 1	0.976 7**	-1.000 0	0.986 4**	0.886 8**	0.946 6**	1	
盖度	0.975 2**	-0.805 3**	-0.323 9	-0.320 3	0.989 0**	-0.997 7**	0.972 8**	0.853 2**	0.922 4**	0.997 7**	1

说明：**表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关；*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

物丰富度、多样性、均匀度、生态优势度等指数和植物盖度都随鸡干扰程度的加深而下降，在相关性分析中基本呈显著相关，且植物物种重要值也随鸡干扰程度的增加而下降，不同样地内的优势物种也产生更替现象。

比较山核桃林与早园竹林发现：山核桃林样地内的生物量和持水量大于早园竹林，样地植物数量也比早园竹林丰富，且鸡的干扰因素使山核桃林的放线菌数量低于早园竹林。这些表明：山核桃林比早园竹林具有更好的涵养水源能力，群落稳定性更强，林下养鸡与山核桃林的互助性更强。建议可以扩大山核桃林的养殖范围和鸡的密度，减小早园竹林的鸡的活动密度，在鸡舍附近设置植被恢复区，保障当地生物多样性，有利于草本层植被的恢复，有助于林下养鸡的可持续性发展。

参考文献：

- [1] DAFFIN J, HENERY G. Free range chicken grows on trees[J]. *Poultry World*, 2005, **159**(1): 26 - 27.
- [2] 郭爱伟, 周杰珑, 熊春梅, 等. 林地放牧鸡的研究进展[J]. 国外畜牧学: 猪与禽, 2008, **28**(3): 66 - 67.
GUO Aiwei, ZHOU Jielong, XIONG Chunmei, et al. Research progress on feeding chicken under forest [J]. *Pigs Poultry*, 2008, **28**(3): 66 - 67.
- [3] 刘平, 秦晶, 刘建昌, 等. 桉树人工林物种多样性变化特征[J]. 生态学报, 2011, **31**(8): 2227 - 2235.
LIU Ping, QIN Jing, LIU Jianchang, et al. Comparison of structure and species diversity of *Eucalyptus* community

- [J]. *Acta Ecol Sin*, 2011, **31**(8): 2227 – 2235.
- [4] 汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏. 植物群落物种多样性研究综述[J]. 生态学杂志, 2001, **20**(4): 55 – 60.
WANG Dianpei, JI Shuyi, CHEN Feipeng. A review on the species diversity of plant community[J]. *Chin J Ecol*, 2001, **20**(4): 55 – 60.
- [5] 安然, 龚吉蕊, 尤鑫, 等. 不同龄级速生杨人工林土壤微生物数量与养分动态变化[J]. 植物生态学报, 2011, **35**(4): 389 – 401.
AN Ran, GONG Jirui, YOU Xing, *et al.* Seasonal dynamics of soil microorganisms and soil nutrients in fast-growing population forests of different ages in Yili, Xinjiang, China[J]. *Chin J Plant Ecol*, 2011, **35**(4): 389 – 401.
- [6] 陈世权, 黄坚钦, 黄兴召, 等. 不同母岩发育山核桃林地土壤性质及叶片营养元素分析[J]. 浙江林学院学报, 2010, **27**(4): 572 – 578.
CHEN Shiquan, HUANG Jianqin, HUANG Xingzhao, *et al.* Nutrient elements in soil and *Carya cathayensis* leaves from four parent rock materials [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2010, **27**(4): 572 – 578.
- [7] 秦树高, 吴斌, 张宇清. 林草复合系统地上部分种间互作关系研究进展[J]. 生态学报, 2010, **30**(13): 3616 – 3627.
QIN Shugao, WU Bin, ZHANG Yuqing. A review of above-ground interactions in silvopasture systems[J]. *Acta Ecol Sin*, 2010, **30**(13): 3616 – 3627.
- [8] 许湘琴, 林植华, 陈慧丽. 凋落物的分解对土壤生物的影响[J]. 生态学杂志, 2011, **30**(6): 1258 – 1264.
XU Xiangqin, LIN Zhihua, CHEN Huili. Effects of litter composition on soil organisms: a review [J]. *Chin J Ecol*, 2011, **30**(6): 1258 – 1264.
- [9] 杨玉盛, 俞新妥, 邱仁辉, 等. 不同栽杉代数根际土壤肥力及生物学特性变化[J]. 应用与环境生物学报, 1999, **5**(3): 254 – 258.
YANG Yusheng, YU Xintuo, QIU Renhui, *et al.* Variation of rhizospheric soil fertility under different Chinese fir rotations [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 1999, **5**(3): 254 – 258.
- [10] 于水强, 关庆伟. 南京城市森林枯落物及土壤持水能力研究[J]. 安徽农业科学, 2009, **37**(34): 17177 – 17179.
YU Shuiqiang, GUAN qingwei. Research on the urban forest Litter in Nanjing City and its water holding capacity in soil [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2009, **37**(34): 17177 – 17179.
- [11] 蔡跃台. 不同植被类型土壤理化性质及水源涵养功能研究[J]. 浙江林业科技, 2006, **26**(3): 12 – 16.
CAI Yuetai. Analysis on physical and chemical properties of soil and water conservation function of different vegetations [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2006, **26**(3): 12 – 16.
- [12] 黄庆丰, 高健, 吴泽民. 不同森林类型土壤肥力状况及水源涵养功能的研究[J]. 安徽农业大学学报: 自然科学版, 2002, **29**(1): 82 – 86.
HUANG Qingfeng, GAO Jian, WU Zemin. The effects of different stand ages on microbe populations and enzyme activities[J]. *J Anhui Agric Univ Nat Sci Ed*, 2002, **29**(1): 82 – 86.