浙 江 林 业 科 技，2018，38（5）：81－86
J Zhejiang For Sci Technol

doi:10.3969/j.issn.1001-3776.2018.05.014

不同林药复合经营模式对锥栗林下物种多样性的影响

刘跃钧[1]，彭小博[1,2]，姚理武[3]，吴应齐[3]，葛永金[1]，谢建秋[1]，何金训[4]，袁德义[2]

（1. 丽水市林业科学研究院，浙江　丽水　323000；2. 中南林业科技大学，湖南　长沙　410000；3. 庆元县林业局，浙江　庆元　323800；4. 丽水市白云生态林场，浙江　丽水　323000）

摘要：为研究不同整地强度、不同覆盖物、不同药材对 2003 年建立的锥栗 *Castanea henryi* 林下物种多样性的影响，于 2016 年 6 月采用 3 因素 3 水平田间正交试验和对角线调查方法，调查统计分析林下物种多样性，并根据 Shannon-Wiener 物种多样性指数、Margalef 物种丰富度指数、Pielou 物种均匀度指数、物种重要值 4 个指标对处理的物种多样性综合指数进行分析和评价。结果表明，影响物种多样性综合指数的次序为：套种作物>覆盖物>整地强度。整地强度 60%、覆盖竹屑 2 cm 厚、套种多花黄精 *Polygonatum cyrtonema* 模式，多花黄精生长良好，多样性综合物种指数最高，套种一年林下物种数平均达 12 种，是不整地、不套种、不覆盖处理平均物种数的 4 倍。

关键词：锥栗林；多花黄精；三叶崖爬藤；复合经营；物种多样性

中图分类号：S567.5　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1001-3776（2018）05-0081-06

Species Diversity under Agroforestry Ecosystem of *Castanea henryi* Stand and Chinese Herbal

LIU Yue-jun[1]，PENG Xiao-bo[1,2]，YAO Li-wu[3]，WU Ying-qi[3]，GE Yong-jin[1]，XIE Jian-qiu[1]，HE Jin-xun[4]，YUAN De-yi[2]

（1. Lishui Forestry Institute of Zhejiang, Lishui 323000, China; 2. Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410000, China; 3. Qingyuan Forestry Bureau of Zhejiang, Qingyuan 323800, China; 4. Lishui Baiyun Ecological Forest Farm of Zhejiang, Lishui 323000, China）

Abstract: Experiments were implemented with different interplantation of different Chinese herbals, different soil preparation intension and different coverage for studying their effect on species diversity in the *Castanea henryi* stands planted in 2003. Investigation on species under *C. henryi* with different treatments was carried out in June of 2016. Comprehensive evaluation on species diversity was analyzed by Shannon-Wiener diversity index, Margalef richness index, Pielou evenness index and important value index. The results showed that the treatment of interplanting *P. cyrtonema* with 60% of soil preparation and covered with bamboo saw dust had the highest comprehensive species index. The order of factors influencing species diversity index was interplantation > coverage > soil preparation intension. The experiments showed that the optimal treatment was interplanting *P. cyrtonema* with soil preparation intension of 60%, covered with 2 cm bamboo saw dust. It had 12 different species of plant under *C. henryi*.

Key words：*Castanea henryi*; *Polygonatum cyrtonema*; *Tetrastigma hemsleyanum*; interplantation; species diversity

收稿日期：2018-01-15；**修回日期：**2018-07-12

基金项目：丽水市农业新品种选育专项（2014XPZ01）；丽水市高层次人才培养专项（2015RC02）；中央财政林业科技推广示范资金项目（2016）TS 16 号）

作者简介：刘跃钧，教授级高工，从事林药复合经营栽培技术研究与推广；E-mail：lslyj66@163.com。

林下经营在提高林地综合经济效益的同时，也会造成严重的水土流失、林下物种多样性的降低等问题[1-3]。因此，发展林下经济要加强林地生态的保护，提高林下草本覆盖度，减少林地水土流失[4-5]。在林下种植过程中，如何平衡经济效益与生态效益是一个亟需解决的难题[6]。国外普遍采用多层间作模式，即采用高秆木本植物和多种高矮不同的植物间作套种，形成多层次的种植结构。尼日利亚普遍采用人工幼龄和粮食作物间作模式，泰国普遍采用杧果 *Mangifera indica* 与作物间作，地中海沿岸国家则普遍采用木犀榄 *Olea europaea*，柑橘 *Citrus reticulata* 等与稻 *Oryza sativa*，普通小麦 *Triticum aestivum* 间作模式等[7-8]。我国是个农业大国，基本形成了以农田林网为主体，带、网、片相结合，时间上有序列、空间上有层次，多树种、多类型、多功能的林农复合生态体系[9]。采用多层次的种植模式，充分利用土地资源，合理利用有效空间，获得更高的经济效益和生态效益是复合经营的一个主要方向[4]。

本研究在高秆木本植物与低矮草本植物间作套种，旨在寻找锥栗 *Castanea henryi* 与多花黄精 *Polygonatum cyrtonem* 间作套种中经济效益与生态效益有机结合的最佳种植模式。“锥栗林下多花黄精复合经营”是浙江省林下经济十大典型模式之一，加强研究推广生态化、标准化、高效化锥栗林下多花黄精复合经营核心技术显得尤为需要。国内关于多花黄精复合经营的研究，有陡坡地毛竹 *Phyllostachys heterocycla*‘Pubescens’林下多花黄精种群生长和生物量分配的坡位效应等；毛竹材用林林下植被群落结构对套种多花黄精生长影响；毛竹林下多花黄精仿野生栽培技术[10-12]，但关于锥栗-多花黄精复合经营模式的研究很少。因此开展了以不同整地强度、不同覆盖物、不同套种药材为试验内容的 3 因素 3 水平田间正交试验，其目的是为下一步优选经济效益和生态效益实现共赢的“锥栗-多花黄精”复合经营模式与技术提供支撑，同时对提升生态化、标准化、高效化“锥栗-多花黄精”复合经营技术具有重要的现实意义。

1 试验地概况

试验地位于浙江省丽水市庆元县屏都镇洋背村，118°50′～119°30′ E，27°25′～27°51′ N，总面积约 8 hm^2，属亚热带季风区，温暖湿润，四季分明，年平均气温 17.4℃，年降水量 1 760 mm，无霜期 245 d，海拔 500～520 m，地势较平缓，土质肥沃。土壤类型为红壤。试验区锥栗品种以“处暑红”为主，2003 年栽种，密度 600 株·hm^{-2}，郁闭度 0.6～0.7，树体呈开心型，生长良好，树高（4±1）m，冠幅 4 m×4 m，生长势大体一致。

2 材料与方法

2.1 正交试验设计

采用 3 因素 3 水平正交试验设计。其中 3 因素为整地强度（A）、覆盖物（B）、套种模式（C）；整地强度设不整地（A_1）、整地 40%（A_2）、整地 60%（A_3）3 个水平；覆盖物设不覆盖（B_1）、稻草（B_2）、竹屑（B_3）3 个水平。套种作物设不套种（C_1）、套种多花黄精（C_2）、套种多花黄精+三叶崖爬藤 *Tetrastigma hemsleyanum*（C_3）3 个水平。试验共设 9 个处理，在试验地从上坡到下坡依次布置处理，每个处理在同一个水平带上，面积 80～130 m^2 不等（表 1）。

整地深度约 20 cm，覆盖物厚度 2 cm。多花黄精和三叶崖爬藤均在 2015 年冬季种植。多花黄精种质材料为经过筛选的庆元当地种源，以 2 年生地下根茎按带芽两节切段后条播，每段约 40～50 g，行距 30 cm，播种沟深 8～10 cm、宽 20～25 cm，段与段间隔约 20 cm；开播种沟时每株施入腐熟有机肥 0.15～0.5 kg、钙镁磷肥 5～15 g，肥料与适量泥土拌匀；种茎平摆倒种法（根茎平放、芽头朝下），覆土高出地面 2～3 cm，浇水后再覆盖稻草或竹屑。三叶崖爬藤种质为经过选优的莲都种源，种苗为 1 年生扦插苗。三叶崖爬藤种植在离锥栗主干周围 50 cm 左右的位置，选择容器种植法，每个容器均匀定植 3 株，容器植入挖好的穴中后高出地面 15 cm 左右，然后压实土壤浇水；三叶崖爬藤种容器植穴深 15 cm 左右、直径 30 cm 左右；土块耙细。容器为口径 25 cm，高 30 cm 的无纺布袋。基质为有机肥+5%磷肥+5%草木灰。有机肥有机质≥35%，总养分中 $N+P_2O_5+K_2O$≥6.0%。

钙镁磷肥总养分中 P_2O_5≥15%，MgO≥8%，CaO≥30%。磷肥总养分中 P_20_5≥12%。试验所用有机肥、钙镁磷肥、磷肥均由福建超大集团有限公司生产。

表 1　正交试验设计和样地基本情况

Table 1　Orthogonal experimental design and location of sample plots

编号	处理	整地强度	覆盖物	套种植物	海拔/m	坡向和坡度	坡位	土壤
1	$A_1B_1C_1$	不整地	不覆盖	不套种	510	ES20°	上部	红壤
2	$A_1B_2C_2$	不整地	稻草	多花黄精	508	ES30°	上部	红壤
3	$A_1B_3C_3$	不整地	竹屑	多花黄精、三叶崖爬藤	508	ES30°	上部	红壤
4	$A_2B_1C_2$	整地 40%	不覆盖	多花黄精	507	ES30°	中下部	红壤
5	$A_2B_2C_3$	整地 40%	稻草	多花黄精、三叶崖爬藤	507	ES22°	中下部	红壤
6	$A_2B_3C_1$	整地 40%	竹屑	不套种	505	SE22°	中下部	红壤
7	$A_3B_1C_3$	整地 60%	不覆盖	多花黄精、三叶崖爬藤	505	SE20°	下部	红壤
8	$A_3B_2C_1$	整地 60%	稻草	不套种	504	SE20°	下部	红壤
9	$A_3B_3C_2$	整地 60%	竹屑	多花黄精	504	SE18°	下部	红壤

2.2　物种多样性调查

在未人工除草的情况下，于 2016 年 6 月 20 日，对各处理进行实地物种多样性调查。在每个处理（试验组）按对角线方向，取 3 个样方，每个样方 1 m^2，共 27 个样方。每个样方调查物种数、物种个体数量、总盖度、种盖度、平均高度、种高度、种株数。同时调查各处理海拔、坡向、坡位和土壤类型等（表 1）。

2.3　调查数据处理

2.3.1　*重要值计算*　物种重要值反映了其在群落中的地位和作用，重要值越大，说明在群落中优势越明显。一般情况，物种重要值的计算是通过高度、盖度、频度等多个指标进行综合评定。基于复合经营中目的经济作物黄精、三叶崖爬藤的高生长是一项重要的评价指标。因此，本研究采用物种相对高度（A）、相对盖度（B）、相对频度（C）3 个指标进行评价，物种重要值 = (A+B+C)/3[13]。

2.3.2　*物种多样性计算*　物种多样性是生物多样性重要指标之一，主要衡量一定区域内物种的丰富程度。通常采用丰富度指数（Margalef 丰富度指数）、多样性指数（Shannon-Wiener 指数）、均匀度指数（Pielou 指数）[14-15]来衡量不同物种多样性的变化情况。各计算公式如下：

Margalef 丰富度指数：

$$D=(S-1)/\ln N$$

Shannon-Wiener 多样性指数：

$$H'=-\sum_{i=1}^{S}P_i\ln(P_i)$$

Pielou 均匀度指数：

$$J=-\sum P_i\ln P_i/\ln S$$

式中，P_i 为第 i 种的个体数占所有种个体总数 N 的比例，N_i 为第 i 种的个体数，N 为所有种的个体总数，即 $P_i=N_i/N$，i=1，2，3……，S，S 为物种数[16]。

2.2.3　*数据统计分析*　用 Microsoft Excel 软件进行试验数据的整理及图表制作，用 SPSS 16.0 软件进行正交试验的统计分析。考虑到田间试验的复杂性且影响试验结果的环境因素难以人为控制，对不在 9 个处理中的最优组合不进行验证。

3　结果与分析

3.1　不同处理物种数和物种重要值分析与比较

试验因素 A，C 对物种数具有极显著性影响（P<0.01），B（P=0.196）对物种数不具极显著性影响（P>0.01）。

各试验因素对物种数影响主次序为 A>C>B。A 因素中各水平物种数均数大小次序为：A_3>A_2>A_1，A_1 与 A_3 之间存在极显著差异（P<0.01）；B 因素中各水平物种数均数大小次序为 B_3>B_2>B_1；C 因素中各水平物种数均数大小次序为 C_2>C_3>C_1，C_1、C_2 和 C_3 之间均存在极显著性差异（P<0.01）。

由图 1 和表 2 可知，9 个处理中最优组合为 $A_3B_3C_2$，并与其它 8 个组合间均存在极显著差异（P<0.01）。物种数平均值高低次序为：$A_3B_3C_2$ > $A_3B_1C_3$ > $A_2B_1C_2$ > $A_2B_2C_3$ > $A_1B_2C_2$ > $A_3B_2C_1$ > $A_2B_3C_1$ > $A_1B_3C_3$ > $A_1B_1C_1$。$A_3B_3C_2$ 平均物种数 12 种，是 $A_1B_1C_1$ 平均物种数 3 种的 4 倍。

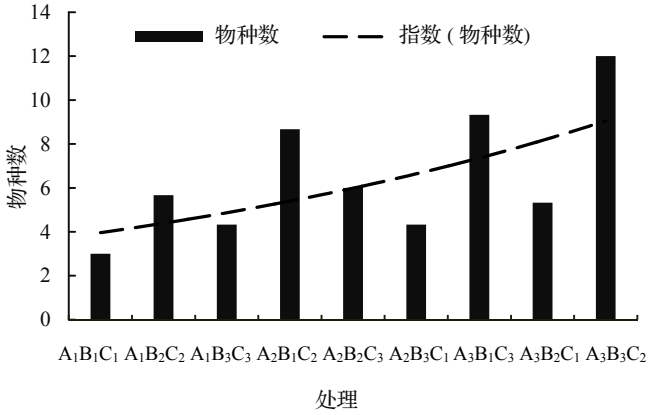

图 1 不同处理物种数显著差异性比较

Figure 1 Diversity of species in different treatments

各处理主要物种（重要值≥0.1）的重要值如表 2 所示。重要值较大的非目的经济植物主要有稻 *Oryza sativa*，马唐 *Digitaria sanguinalis*，喜旱莲子草 *Alternanthera philoxeroides*，狗尾草 *Setaria viridis*，垂序商陆 *Phytolacca americana*，鸭趾草 *Commelina communis*，苋草 *Arthraxon hispidus*，臂形草 *Brachiaria eruciformis* 等。处理 $A_1B_2C_2$，$A_1B_3C_3$，$A_3B_3C_2$ 物种重要值最高的均为多花黄精，处理 $A_2B_1C_2$，$A_2B_2C_3$，$A_3B_1C_3$ 其它物种重要值高于多花黄精。处理 $A_1B_1C_1$，$A_2B_3C_1$，$A_3B_2C_1$ 未套种多花黄精和三叶崖爬藤，重要值最高的分别为狗尾草，喜旱莲子草和旱稻。因水分管理不及时，套种的三叶崖爬藤长势均不好。各处理多花黄精重要值的变化趋 $A_1B_3C_3$>$A_3B_3C_2$>$A_1B_2C_2$>$A_2B_1C_2$> $A_2B_2C_3$> $A_3B_1C_3$。

表 2 各处理样地主要物种及重要值

Table 2 Major species and their important values in each treatment

物种	$A_1B_1C_1$	$A_1B_2C_2$	$A_1B_3C_3$	$A_2B_1C_2$	$A_2B_2C_3$	$A_2B_3C_1$	$A_3B_1C_3$	$A_3B_2C_1$	$A_3B_3C_2$
多花黄精	–	0.24	0.45	0.12	0.11	–	0.10	–	0.28
三叶崖爬藤	–	–	–	–	0.02	–	–	–	–
旱稻	–	0.24	–	0.02	0.45	–	–	0.55	–
马唐	0.23	0.18	–	0.06	0.08	–	0.22	0.06	0.04
喜旱莲子草	0.32	0.03	0.12	0.17	0.04	0.40	0.02	–	0.06
垂序商陆	–	–		0.02	–	–	0.04	0.12	0.02
狗尾草	0.33	0.15	0.27	0.32	0.17	0.18	0.31	0.06	0.16
鸭趾草	0.11	0.08	–	0.02	0.02	–	–	0.12	0.01
苋草	–	–	0.08	0.06	0.02	0.19	–	–	–
臂形草	–	–	–	–	–	–	–	–	0.10
小计	0.99	0.92	0.92	0.79	0.91	0.77	0.69	0.91	0.67
物种总数/未列出数	4/0	8/2	6/2	16/8	11/3	8/5	18/15	9/4	24/17

3.2 锥栗林下物种多样性指数分析与比较

分析结果（表 3）显示，试验因素 A（p=0.008 6），B（p=0.000），C（p=0.000）对 H' 均有极显著影响（P<0.01），各因素对 H 影响主次序为 C>B>A。A 因素各水平 H 大小次序为 A_3>A_2>A_1，A_1 与 A_3 存在极显著差异，A_1 与 A_2 不存在极显著差异；B 因子各水平 H' 大小次序为 B_3>B_1>B_2，B_2 与 B_1 和 B_3 存在极显著性差异（P<0.01），B_1 与 B_3 之间不存在极显著性差异；C 因子各水平中 H 大小次序为 C_2>C_3>C_1，C_2 与 C_3、C_1 都存在极显著差异。从表 3 可知，9 个处理以 $A_3B_3C_2$ 最优，除 $A_3B_1C_3$ 组合外，与其它 7 个组合均存在极显著差异（P<0.01）。$A_3B_3C_2$ 的 H 平均值为 0.92，比平均值高出 62.05%，是 $A_1B_1C_1$ 组合的 2.42 倍。

试验因素 A（p=0.000 3），C（p=0.000 2）对 d_{Ma} 具有极显著性影响（P<0.01），B（p=0.040 3）对 d_{Ma} 不具极显著性影响（P>0.01）。各试验因素对 d_{Ma} 影响主次序为 C>A>B。A 因素中各水平 d_{Ma} 大小次序为 A_3>A_2>A_1，A_1 与 A_3 之间存在极显著差异；B 因素中各水平 d_{Ma} 大小次序为 B_3>B_1>B_2；C 因素中各水平 d_{Ma} 大小次序为 C_2>C_3>C_1，

C_2 和 C_1 之间都存在极显著性差异（P<0.01）。从表 3 可知，9 个试验组中最优组合为 $A_3B_3C_2$，其 d_{Ma} 为 6.28，比平均值高出 85.79%，是 $A_1B_1C_1$ 组合的 5.28 倍，并与其它 8 个组合均存在极显著差异。

试验因素 A（p=0.001 1），B（p=0.000 1）对 J 有极显著性（P<0.01）影响，C（p=0.010 1）对 J 的影响不显著。各因素对 J 影响主次序为 B>A>C（P<0.01）。A 因素中各水平 J 大小次序为：A_1>A_2>A_3，A_3 与 A_1 存在极显著性差异（P<0.01），A_2 和 A_1 之间不存在极显著性差异；B 因素中各水平 J 大小次序为：B_1>B_3>B_2，其中 A_2 与 A_1 和 A_3 存在极显著性差异（P<0.01），A_1 与 A_3 之间不存在极显著性差异；C 因素中各水平 J 大小次序为：C_2>C_3>C_1。从表 3 可知，9 个处理中以 $A_2B_3C_1$ 组合 J 最高，比平均值高出 20.36%，高出 $A_1B_1C_1$ 组合的 4.65%。与 $A_1B_2C_2$、$A_2B_2C_3$、$A_3B_2C_{13}$ 个组合均存在极显著差异（P<0.01），其 J 为 0.90，比平均值高出 20.36%，高出 $A_1B_1C_1$ 4.65%。

表 3　不同处理林下物种多样性指数正交试验结果

Table 3　Orthogonal test results of species diversity index under different treatments

组合	H'	d_{Ma}	J
$A_1B_1C_1$	0.38±0.03FGH	1.48±0.1H	0.86±0.07E
$A_1B_2C_2$	0.56±0.05FG	2.89±0.72FGH	0.75±0.08EF
$A_1B_3C_3$	0.50±0.03G	2.19±0.66FH	0.81±0.11E
$A_2B_1C_2$	0.74±0.15EF	4.69±1.7EFG	0.83±0.05E
$A_2B_2C_3$	0.47±0.06G	2.83±0.61FGH	0.61±0.05F
$A_2B_3C_1$	0.53±0.03G	2.82±0.41GH	0.90±0.08E
$A_3B_1C_3$	0.80±0.16E	5.03±1.9EF	0.87±0.03E
$A_3B_2C_1$	0.21±0.08H	2.23±0.65H	0.28±0.08G
$A_3B_3C_2$	0.92±0.12E	6.28±0.1E	0.82±0.09E

说明：同一列所注不同英文字母表示差异性测验 1%极显著水平。

3.3　锥栗林下物种多样性综合指数分析与比较

根据H'（Ⅰ），J（Ⅱ），d_{Ma}（Ⅲ）、物种重要值（Ⅳ）4 组评价指标，分别对 9 个处理物种多样性综合指数进行分析和评价。各处理物种多样性综合指数值计算公式为：

$$W=（W_Ⅰ+W_Ⅱ+W_Ⅲ+W_Ⅳ）/4$$

式中，$W_{Ⅰ\sim Ⅳ}=T_{Ⅰ\sim Ⅳ}/T$*1，$T_Ⅰ \sim T_Ⅳ$为每个处理在各组评价指标中的具体指标值，$T$ 为同一组评价指标中的最大值，1 表示综合指数满分为 1 分。

分析结果显示，影响物种多样性综合指数的主次序为 C>B>A。9 个处理的物种多样性综合指数高低次序为 $A_3B_3C_2$>$A_3B_1C_3$>$A_2B_1C_2$>$A_2B_3C_1$>$A_1B_2C_2$>$A_1B_3C_3$>$A_1B_1C_1$>$A_2B_2C_3$>$A_3B_2C_1$，即整地强度 60%、覆盖竹屑 2 cm 厚、套种多花黄精和三叶崖爬藤，为 9 个处理中的最优组合，原因是较高强度的整地和覆盖竹屑后，有效地改善了土壤结构和土壤保水性能，有利于套种植物生长的同时，也使林下各种草本植物更容易发芽和生长，从而提高了林下物种的多样性。

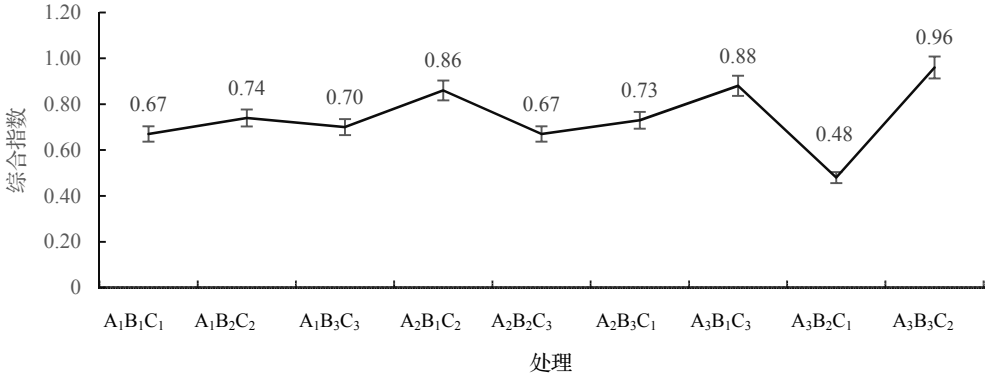

图 2　不同处理物种多样性综合指数比较

Figure 2　Comprehensive species diversity index of different treatments

4 结论与讨论

（1）不同处理平均物种数高低次序为：$A_3B_3C_2 > A_3B_1C_3 > A_2B_1C_2 > A_2B_2C_3 > A_1B_2C_2 > A_3B_2C_1 > A_2B_3C_1 > A_1B_3C_3 > A_1B_1C_1$。$A_3B_3C_2$即整地60%、覆盖竹屑2 cm厚、套种多花黄精和三叶崖爬藤，平均物种数12种，是$A_1B_1C_1$（不整地、不套种、不覆盖）平均物种数的4倍，套种的多花黄精生长势最好。三叶崖爬藤在各处理中普遍长势不好。影响物种数的主次序为：A（整地强度）>C（套种作物）>B（覆盖物）。套种后锥栗林下物种数随整地强度的提高而显著增加，水平A_3（整地60%）平均物种8.9种，分别比水平A_2（整地40%）和水平A_1（不整地）高40.4%和110.5%。

（2）试验因素A（整地强度），B（覆盖物），C（套种作物）对锥栗林下物种多样性造成了显著影响。根据Shannon-Wiener多样性、Pielou均匀度、Margalef丰富度指数、物种重要值的分析与评价，9个处理物种多样性综合指数高低次序为：$A_3B_3C_2>A_3B_1C_3>A_2B_1C_2>A_2B_3C_1>A_1B_2C_2>A_1B_3C_3>A_1B_1C_1>A_2B_2C_3>A_3B_2C_1$。影响物种多样性综合指数的主次序为：C（套种作物）>B（覆盖物）>A（整地强度）。合理的套种和整地使锥栗林下物种多样性更加丰富。

（3）试验中三叶崖爬藤的长势普遍不好，可能是种植袋埋入土壤不够深，遇到干旱季节疏于水分管理所致。本试验重点分析比较了一年时间不同整地强度、不同覆盖物、不同套种药材对锥栗林下物种多样性的影响，不同处理一个生产周期林下物种多样性和经济生态效益的分析比较还有待进一步研究。

参考文献：

[1] SCHROTH G. Tree root characteristics as criteria for species selection and system design in agroforesty[J]. Agrofor Sys，1995，30（1）：125 – 143.

[2] 倪荣新，葛永金，洪小平，等. 油茶-川西小黄菊复合经营中根系分布特征研究[J]. 浙江林业科技，2016，36（4）：10 – 14.

[3] 郜姗姗，胡远满，张洪生，等. 辽东山区林权制度改革中林下种植模式对林下植物物种多样性的影响[J]. 生态学杂志，2010，29（02）：238 – 243.

[4] KARLEN D L，MAUSBACH M J，DORAN J W，*et al*. Soil quality：A concept，definition, and framework for evaluation (a guest editorial) [J].Soil Sci Soc Am J，1997，61：4 – 10.

[5] 曾清苹，何丙辉，秦华军，等. 西南山地不同林下经济模式对植物多样性的影响[J]. 中国生态农业学报，2016，24（5）：660 – 667.

[6] 张国红. 我国水土流失现状及其治理对策的探讨[J]. 林业资源管理，1999，27（5）：30 – 33.

[7] 王恭祎，赵波. 林地间作[M]. 北京：中国农业科学技术出版社，2009.

[8] 章泳，方贵平. 林农间（套）作高效种植模式[M]. 南京：东南大学出版社，2006.

[9] 朱玲，周玉新，唐罗忠，等. 我国林农复合经营模式及其综合评价方法[J]. 南京林业大学学报：自然科学版，2015，39（4）：150 – 154.

[10] 樊艳荣，陈双林，杨清平，等. 毛竹材用林林下植被群落结构对多花黄精生长的影响[J]. 生态学报，2014，34（6）：1471 – 1480.

[11] 戴琴，王晓霞，黄勤春，等. 毛竹林下多花黄精仿野生栽培技术[J]. 中国现代中药，2014，16（3）：205 – 207.

[12] 樊艳荣，陈双林，杨清平，等. 陡坡地毛竹林多花黄精种群生长和生物量分配的坡位效应[J]. 热带亚热带植物学报，2012，20（6）：555 – 560.

[13] 刘中奇，朱清科，王晶，等. 黄土丘陵沟壑区封禁流域立地因子对植物群落特征的影响[J]. 安徽农业科学，2011，39（13）：8019 – 8022.

[14] 张继义，赵哈林，张铜会，等. 科尔沁沙地植被恢复系列上群落演替与物种多样性的恢复动态[J]. 植物生态学报，2004，28（1）：86 – 92.

[15] 唐布依斯，埃仑伯格. 植被生态学的目的和方法[M]. 北京：科学技术出版社，1986.

[16] 郝建锋，王德艺，李艳，等.人为干扰对川西金凤山楠木次生林群落结构和物种多样性的影响[J]. 生态学报，2014，34（23）：6930 – 6941.