

# 辽西北沙地几种农林复合模式的土壤改良效果研究

李永东<sup>1,2</sup>, 李淑杰<sup>1\*</sup>, 吕刚<sup>3</sup>, 魏忠平<sup>4</sup> (1. 吉林大学地球科学学院, 吉林长春 130061; 2. 吉林省国土资源厅, 吉林长春 130042; 3. 辽宁工程技术大学环境科学与工程学院, 辽宁阜新 123000; 4. 辽宁省林业科学研究所, 辽宁沈阳 110032)

**摘要** 以辽西北沙地的大扁杏—花生—玉米、大扁杏—麻黄草、樟子松—花生及荒地(对照地)土壤为对象,通过对土壤容重、孔隙度、有机质、N、P、K等指标的分析,研究不同农林复合模式对辽西北沙地土壤的改良效果。结果表明:不同农林复合模式相对于对照原始荒地可降低土壤容重、增加土壤持水量、提升土壤孔隙度等土壤水分物理性质,同时能够增大土壤有机质、N、P、K含量等土壤养分。这对于位于辽西北沙地如何利用有限的降水增加土壤持水能力、改善土壤肥力等关键问题的解决具有重要意义。

**关键词** 农林复合模式; 土壤孔隙; 土壤养分; 辽西北沙地

**中图分类号** S153.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)27-10989-03

## Study on Soil Amelioration Effect in Several Agroforestry Modes of Sandy Land in Northwest of Liaoning Province

LI Yong-dong et al (College of Earth science, Jilin University, Changchun, Jilin 130061)

**Abstract** With soil of *Prunus armeniaca*-peanut-corn, *Prunus armeniaca*-Ephedra Grass, scotch pine-peanut and wasteland(control) of sandy land in northwest of Liaoning Province as the object, through determination and analysis of soil bulk density, porosity, organic matter, the content of N, P, K and other indicators, the improvement effect of different agroforestry modes on sandy soil in northwest of Liaoning Province was studied. The results showed that compare to wasteland, other land uses can reduce soil bulk density, increase soil water-holding capacity and soil porosity, and other physical properties of soil moisture, it also can increase soil organic matter, the content of N, P, K and other soil nutrients. The application of agroforestry modes has significance on solving problems that how to use limited rainfall to increase the soil water-holding capacity and improve soil fertility in sandy land of northwest Liaoning Province.

**Key words** Agroforestry; Soil pore; Soil nutrient; Sandy land of northwest Liaoning Province

农林复合生态系统是指在同一土地管理单元上,人为地把多年生木本植物与其他栽培植物、动物在空间上按一定的时序安排在一起且进行管理的土地利用技术系统的综合<sup>[1-2]</sup>。农林复合生态系统能有效发挥林业的水土保持、涵养水源、改良土壤等方面的作用,进而为农林业的发展提供稳定的生态环境,并且提高系统的总体经济效益。王玲玲等<sup>[3]</sup>对农林复合经营技术在防治水土流失、改土方面的效益作了初步研究,发现农林复合经营技术可以增加土壤总孔隙度和非毛管孔隙度,降低土壤容重,有效减少水土流失量。彭鸿嘉等<sup>[4]</sup>参考国内外农林复合生态系统综合效益评价的研究成果,采用层次分析法对甘肃中部黄土丘陵沟壑区内典型农林复合生态系统模式从生态效益、经济效益、社会效益及综合效益方面进行分析和评价。另外,关于农林复合生态系统对土壤性状的影响、对水土流失的控制、对生态水文过程的影响、对小气候的调节作用等也做过很多研究<sup>[5-11]</sup>。唐政洪等<sup>[12]</sup>对养分流失的模拟分析表明,配置植物篱—农作系统可以有效地减少养分的流失。

在辽西北沙地研究中以林业为主体,农林复合生产模式对提高沙区土地生产力、改善土壤状况、抗御土壤侵蚀、保护土壤肥力显得尤为重要。不断的改进、推广这些优化的农林复合生产模式对进一步改善辽西北生态环境、保持水土资源、防风固沙、提高土地的生产力、满足经济社会发展的需要和解决辽西北贫困地区保护与发展的矛盾等都具有重要意义。笔者通过对位于辽西北彰武县沙地几种典型农林复合

模式的调查分析,探讨不同农林复合模式对沙地土壤的改良效果,旨在总结辽西北沙地合理的农林复合经营模式,为有效地保护辽西北地区的生态环境、创造更大的经济社会价值提供依据。

## 1 材料与方法

**1.1 研究区概况** 研究区位于辽宁省西北部的彰武县,科尔沁荒漠化地区南部,42°7'~42°51' N、121°53'~122°58' E。全境地势北高南低,海拔最高(西北部)为313.1 m,东西长87.5 km,南北宽79 km,总面积3 641 km<sup>2</sup>。彰武属温带季风大陆性气候,四季变化明显,雨热同季。年均降雨量450~500 mm,主要集中在夏季,占全年降雨量的70%,年蒸发量1 300~1 800 mm;全年主导风向西南风,冬春两季风大且持续时间长,风速为4.5~5.0 m/s;年平均温度7.1℃,最高温度37.4℃,最低温度为-30.4℃,10℃以上积温2 890℃;平均相对湿度61%,最大相对湿度78%,最小相对湿度48%,平均无霜期156 d;平均冻土深度1.11 m,最大冻土深度1.48 m,最小冻土深度0.68 m;地下水位2 m以下。树木30科54属111种,森林覆被率40%,植物生长期(>5℃)为180 d。试验地0~100 cm的土壤基质为风沙土层,砂粒含量>98%,黏粉粒含量<2%,沙层深厚,深达30 m左右。

**1.2 样地布设** 研究地点位于辽宁省风沙地土壤改良利用研究所章古台试验站内,于2008年5月选定有代表性的3种农林复合模式:大扁杏—花生—玉米(*Prunus armeniaca* × *sibirica*-*Arachis hypogaea*-*Zea mays*)、大扁杏—麻黄草(*Prunus armeniaca* × *sibirica*-*Ephedra sinica*)、樟子松—花生(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*-*Arachis hypogaea*),在开垦利用之前为原始荒地(CK);同时,选择在相同立地条件下原始荒地为对照(CK)。在每种复合模式下随机布设3块面积20 m × 20 m标

**基金项目** 辽宁省农业攻关计划项目(2011207004)。

**作者简介** 李永东(1968-),男,吉林农安人,副调研员,硕士,从事土地开发整理研究。\*通讯作者,教授,从事土地利用与管理研究,E-mail:shujieli@126.com。

**收稿日期** 2013-08-21

准地。不同农林复合模式概况见表1。

### 1.3 样品采集与测定 在大扁杏-花生-玉米、大扁杏-

表1 不同农林复合模式概况

样地编号	复合模式	种植年限	基本概况
A	大扁杏-花生-玉米	8	大扁杏林带间距宽10 m,株距4 m;间种6行花生、4行玉米和6行花生
B	大扁杏-麻黄草	8	大扁杏株间距为4 m×10 m;麻黄草以撒播方式种植
C	樟子松-花生	31	樟子松林带间距宽10 m,株距4 m,林下主要植被为10行花生
D	荒地(CK)	-	原始荒草地,未经人为干扰,地势较平坦,主要植被为羊草( <i>Leymus chinensis</i> )、狗尾草( <i>Setaria viridis</i> )、猪毛菜( <i>Salsola collina</i> )

麻黄草、樟子松-花生和原始荒地4种模式下的每块标准样地中确定3个呈三角形的采样点,分别在每个点挖掘土壤剖面,采集0~20、20~40 cm土壤样品各2 kg,带回实验室自然风干后测定土壤有机质、全氮、速效氮、全磷、速效磷、全钾、速效钾含量;同时,利用体积100 cm<sup>3</sup>的环刀取原状土样,带回实验室内采用环刀浸水法测定2个土层的土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、最大持水量、毛管持水量、田间持水量等各项物理指标。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤容重和孔隙度

土壤容重是指一定容积的土壤烘干后的质量与同容积水重的比值。土壤容重比重可用来计算一定面积耕层土壤的重量和土壤孔隙度,也可作为土壤熟化程度指标之一。土壤容重与土壤的质地、结构、有机质含量、土壤紧实度、耕作措施等有关。

从图1可以看出,3种模式下土壤容重均低于原始荒地(CK),其中0~20 cm土层4种模式的土壤容重为A模式<B模式<C模式<D模式;20~40 cm土层4种模式的土壤容重为A模式<C模式<B模式<D模式。一般来说,腐殖质含量高的土壤容重较小,大扁杏-花生-玉米模式的枯落物较多,可以更有效地积累土壤腐殖质含量。樟子松-花生模式在20~40 cm深度上改善容重,较其在0~20 cm土层有所提高。

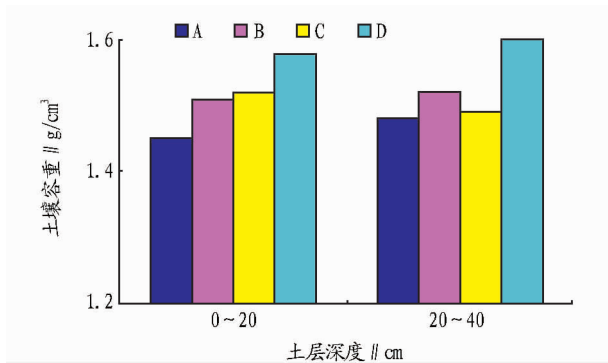


图1 不同农林复合模式下不同土层的土壤容重

非毛管孔隙又称通气孔隙,决定着土壤的通气性和排水能力。从图2可以看出,0~20 cm层次A模式和B模式的非毛管孔隙度几乎一样,C模式和D模式间差异不大,且A模式、B模式非毛管孔隙度远低于C模式和D模式。这可能是由于A模式、B模式下沙化土壤得到改善,土壤团聚体中黏粒数增加,导致非毛管孔隙度相对较低。20~40 cm层次则是C样地的非毛管孔隙度含量最高,其他A模式、B模式、D

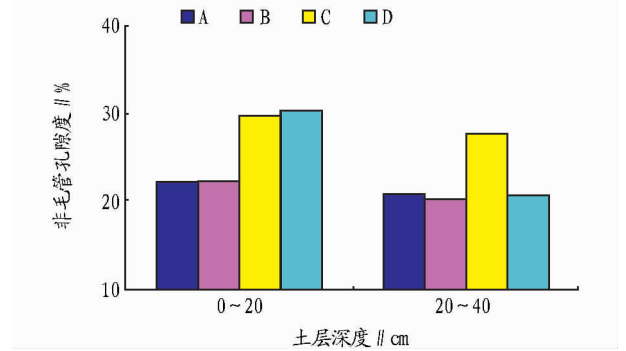


图2 不同农林复合模式下不同土层的土壤非毛管孔隙度  
模式下土壤非毛管孔隙度均较低且差别不大。对于20~40 cm土壤层,A模式、B模式的改良作用不大,C模式对该层具有增大非毛管孔隙度的作用。

毛管孔隙是细小土粒紧密排列而成的小孔隙,决定着土壤的蓄水性。从图3可以看出,0~20 cm土层的毛管孔隙度是A模式>B模式>C模式>D模式,其中20~40 cm土层的毛管孔隙度与0~20 cm土层的情况基本一致,但是4种模式下差异不显著。由此可知,与D模式(CK)相比,3种农林复合模式能提高表土的土壤毛管孔隙度、根系的生长及对水分吸收涵养,改善土质,增加土壤毛管孔隙度;相对于樟子松-花生模式,前2种模式对增加土壤毛管孔隙度更有效,在一定程度上提高土壤的蓄水能力。

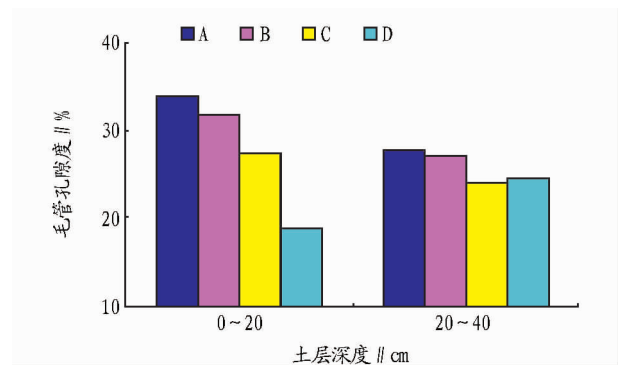


图3 不同农林复合模式下不同土层的土壤毛管孔隙度

土壤总孔隙度是由毛管孔隙度和非毛管孔隙度2个部分构成的。图4是不同农林复合模式下0~20、20~40 cm土层的总孔隙度状况。可见,3种农林复合模式通过地下根系的生长、地面枯落物的积累与分解在一定程度上改善了土质,使得土壤的孔隙状况转好。

通过对4种模式2个土层的各种土壤物理性质改良的研究,发现不同农林复合模式具有降低土壤容重、增加土壤

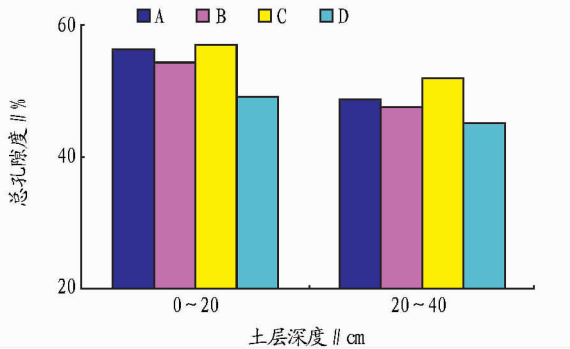


图4 不同农林复合模式下不同土层的土壤总孔隙度

持水量、提升土壤孔隙度等作用,能明显地改善辽西北沙地土壤的物理性质,提高土壤生产力。这对于辽西北地区如何利用有限的降水、增加土壤持水能力等关键问题的解决具有重要意义。

**2.2 土壤有机质** 土壤有机质指土壤中所有非矿物质的总称。土壤有机质是土壤肥力的重要指标。它是土壤的重要组成部分基础,也是植物矿质营养和有机营养的重要源泉。它虽不能被植物吸收,但含有植物所需要的多种养分,是营养元素特别是氮素存在的主要场所。土壤表层中 80% ~ 97% 的氮存在于有机质之中<sup>[13]</sup>。

对于林地土壤,有机物质主要来源于植物枯枝落叶在林地土壤表面积累,然后在微生物以及其他环境条件的综合作用下逐渐分解,并通过腐殖化作用形成土壤有机质,因而增加了表层土壤有机碳含量。从图 5 可以看出,与对照相比,不同复合模式能增加有机质含量,0~20 cm 土层有机质含量依次为 B 模式 > A 模式 > C 模式 > D 模式,20~40 cm 土层有机质含量依次为 A 模式 > B 模式 > C 模式 > D 模式,显示 A 模式下表土层分解能力较小,随着土层的加深各种条件有利于枯枝落叶分解。

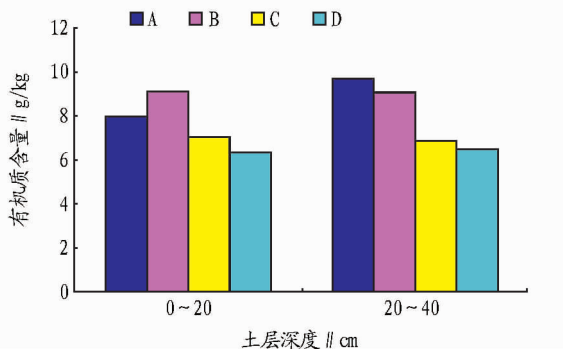


图5 不同农林复合模式下土壤有机质

**2.3 土壤全量养分** 氮是植物生长必不可少的大量营养元素,是构成蛋白质、核酸等的成分。土壤全氮包括所有形式的有机和无机氮素,是标志土壤氮素总量和供应植物有效氮素的源和库,综合反映土壤的氮素状况。土壤中氮素的积累主要来源于动植物残体的分解、有机肥或无机肥的使用、土壤中微生物的固定。土壤中氮素是成土过程中由生物作用而积累的,绝大部分呈有机态,故氮素含量与有机碳含量有关外,还与植被状况、气候、土壤质地、地形及地势、耕作利用

等因素有关。从表 2 可以看出,各农林复合模式能显著提高土壤全氮含量,但是就 3 种农林复合模式来说,其提高土壤全氮含量的能力差异不大。

磷素是植物体内许多重要化合物的组分。它以多种途径参与植物体内的各种代谢过程,促进根系发育,特别是促进侧根、细根的发育,是作物必需的营养元素之一。磷对提高植物的抗病性、抗寒性和抗旱能力也有良好的作用。从表 2 可以看出,在 3 种农林复合模式下土壤全磷含量相对原始荒地(D 模式)有明显的提升,且 A 模式 > B 模式 > C 模式,同时 0~20 cm 土层土壤的磷素含量高于 20~40 cm。不同树种林地表层土壤全磷含量产生差异,主要是由植物对土壤磷的吸收、归还和再分布格局和强度的不同引起的。

表 2 不同农林复合模式下土壤化学性质

农林复合模式	土层 / cm	全氮 / g/kg	全磷 / g/kg	全钾 / g/kg
A	0~20	0.34	0.55	18.30
	20~40	0.33	0.38	19.10
B	0~20	0.35	0.53	17.68
	20~40	0.34	0.34	19.13
C	0~20	0.36	0.44	17.49
	20~40	0.32	0.31	18.93
D	0~20	0.22	0.40	19.56
	20~40	0.23	0.32	19.54

土壤全钾含量高低主要决定于成土母质,一般一个地区内土壤全钾含量变异较小。从表 2 可以看出,A、B、C 3 种农林复合模式下 0~20 cm 层次土壤全钾含量高于 D 模式(CK),与对照间差异在 0.05 水平显著,而 3 种复合模式之间差异不显著,这是因为原始荒地开垦后,随着种植年限的增加,作物年年都要从土壤中获得钾素,从而消耗土壤中的全钾含量。该研究中各种农林复合模式未施钾肥,土壤中被作物带走的钾素不能及时得到补充,导致 3 种复合模式的钾素耗竭。所以,在今后的种植生产中应注重钾肥的施用,防止钾素的过度消耗。随着土层的加深,土壤全钾含量有所升高,说明作物生长所需钾素以表层土壤钾素为主。

### 3 结论与讨论

(1) 3 种模式下土壤容重均低于原始荒地(CK),其中 0~20 cm 土层 4 种模式的土壤容重依次为 A 模式 < B 模式 < C 模式 < D 模式;20~40 cm 土层 4 种模式的土壤容重依次为 A 模式 < C 模式 < B 模式 < D 模式;0~20 cm 土层的毛管孔隙度依次为 A 模式 > B 模式 > C 模式 > D 模式,其中 20~40 cm 土层的毛管孔隙度与 0~20 cm 土层的情况基本一致,但是 4 种模式下差异不显著;0~20 cm 层次 A 模式和 B 模式的非毛管孔隙度几乎一样,C 模式和 D 模式间差异不大,且 A 模式、B 模式非毛管孔隙度远低于 C 模式和 D 模式,20~40 cm 层次则是 C 模式样地的非毛管孔隙度含量最高,其他模式下土壤非毛管孔隙度均较低且差别不大。

(2) 不同复合模式能增加有机质含量,0~20 cm 土层有机质含量依次为 B 模式 > A 模式 > C 模式 > D 模式,20~40 cm 土层有机质含量依次为 A 模式 > B 模式 > C 模式 > D 模式。

(下转第 11055 页)



端血管之间刺入子宫腔,将含 12~15 枚注射后囊胚的移植针顺刺孔进入子宫腔,吹入胚胎,避免吹入气泡。

## 2 结果与分析

**2.1 产仔率** 由表 1 可知,对照组共注射 119 枚囊胚,移植 8 只受体,产仔 19 只,产仔率为 15.96%。试验组共注射 78 枚囊胚,移植 6 只受体,产仔 14 只,产仔率为 17.95%。试验组小鼠产仔率比对照组高约 2%。这说明注射后囊胚经脱透明带处理会在一定程度提高小鼠产仔率。

表 1 胚胎移植小鼠的产仔率

组别	注射存活囊胚数//枚	移植受体数//只	产仔数//只	产仔率//%
对照组	119	8	19	15.96
试验组	78	6	15	17.95

**2.2 嵌合率** 根据出生 2 周后的幼崽毛色判断嵌合情况,对照组获得 70% 以上为灰色嵌合雄鼠 11 只,试验组获得 70% 以上灰色嵌合雄鼠 8 只(图 5)。由表 2 可知,对照组和试验组小鼠嵌合率无显著差异。这说明经过酸性台式液处理不会对 ES 细胞注射后胚胎的发育和嵌合率产生影响。

表 2 小鼠幼崽的嵌合率

组别	产仔数//只	70% 以上毛色嵌合数//只	嵌合率//%
对照组	19	11	57.89
试验组	14	8	57.14

## 3 讨论

将 ES 细胞注入囊胚腔是生产嵌合体鼠的一种经典方法,通过基因修饰后的胚胎干细胞囊胚注射技术是制作基因敲除鼠最主要的方法,在生物医药研究中的应用已经非常广泛<sup>[6]</sup>。嵌合体的生产过程主要由 ES 细胞囊胚腔注射、注射胚培养扩张和胚胎移植构成,其中每一步都精细而复杂<sup>[7]</sup>。其中,囊胚移植出生率低,容易导致难产,需要借助剖腹产手术解决。注射移植时间长约 10 h,这也给技术人员的工作时

间安排带来一定困难。

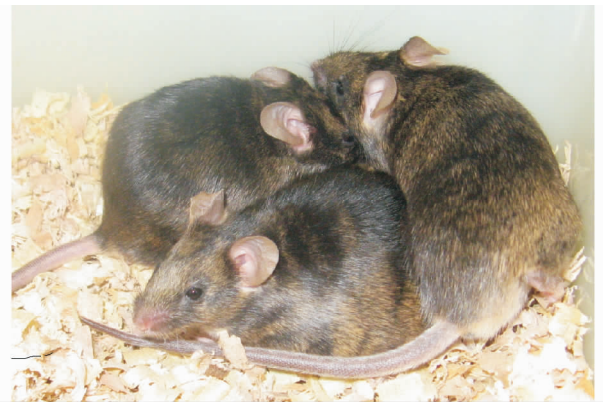


图 5 嵌合体鼠

酸性台氏液消化透明带的应用早已非常广泛,历经多次方法的改进使其对胚胎的损伤也变得非常小。笔者直接移植经酸性台式液消化了透明带的胚胎,在不影响含 ES 细胞的胚胎发育,即嵌合率没有明显变化的同时,提高了产仔率,简化了试验流程,节省了试验时间约 3 h,更利于试验操作时间的安排趋于合理与人性。

## 参考文献

- [1] ANDRAS NAGY, MARINA GERTSENSTEIN, KRISTINA VINTERSTEN, 等. 小鼠胚胎操作实验手册[M]. 孙青原, 陈大元, 译. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [2] 陈乃清, 赵浩斌, 苟德明, 等. 猪核移植重组胚胎的发育能力[J]. 中国兽医学报, 1996, 16(6): 614-619.
- [3] 付志新, 刘宗平, 梁建兰, 等. 囊胚注射转基因 ES 细胞制作嵌合体的研究[J]. 畜牧兽医学报, 2007, 38(2): 149-154.
- [4] 路佩瑶, 张春香, 岳文斌. 超数排卵在哺乳动物中的应用[J]. 山西农业科学, 2009, 37(5): 84-87.
- [5] 马贯中, 吕萌. FKBP38 条件性基因敲除胚胎干细胞株的建立[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(36): 17611-17613.
- [6] 徐露露, 刘帅, 章嘎, 等. 动物转基因技术的发展及应用[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(5): 1932-1933, 1938.
- [7] 白照岱, 沈和. 胚胎干细胞嵌合小鼠的制备及影响因素[J]. 生殖医学杂志, 2007, 16(6): 444-447.
- [8] 许峰, 蔡强国, 吴淑安, 等. 坡地农林复合系统土壤养分时间过程初步研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(3): 46-51.
- [9] 黄闰泉, 刘贵开, 袁传武, 等. 三峡库区坡面农林复合结构对土壤养分分布的影响[J]. 水土保持学报, 2000, 14(3): 41-45.
- [10] 闫德仁, 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.
- [11] 黎华寿, 骆志明. 高州市典型坡地不同利用方式对土壤理化性状的影响[J]. 华南农业大学学报, 2001, 22(2): 1-4.
- [12] 魏天兴, 朱金兆, 朱清科. 黄土陡坡地农林复合经营设计与水土保持效益研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(2): 82-87.
- [13] 包翔, 常金宝. 干旱半干旱地区农林复合生态系统农田小气候变化研究[J]. 内蒙古林学院学报, 1999, 21(2): 39-43.
- [14] 赵斯, 赵雨森, 王林, 等. 东北黑土区农林复合土壤效应[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(5): 68-70.
- [15] 唐政洪, 蔡强国, 许峰, 等. 基于 GIS 的农林复合经营的侵蚀控制模拟研究[C]//李锐. 第二届水土保持生态环境研讨会暨第六届海峡两岸水土保持学术研讨会论文集. 西安: 陕西科学技术出版社, 2001.
- [16] 苑晓志. 辽宁省土地利用现状调查数据汇编[G]. 沈阳: 辽宁省土地资源调查办公室, 1998.

(上接第 10991 页)

(3) 各农林复合模式能显著提高土壤全氮含量, 但是就 3 种农林复合模式来说, 其提高土壤全氮含量的能力差异不大; 土壤全磷含量相比原始荒地(D 模式)有明显的提升, 且 A 模式 > B 模式 > C 模式, 同时 0~20 cm 土层土壤的磷素含量高于 20~40 cm; A 模式、B 模式、C 模式 3 种农林复合模式下 0~20 cm 层次土壤全钾含量高于对照(D 模式), 与对照间差异在 0.05 水平显著, 而 3 种复合模式之间差异不显著。

## 参考文献

- [1] 冯宗炜. 农林业系统结构和功能[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 45-50.
- [2] 李文华, 赖世登. 中国农林复合经营[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [3] 王玲玲, 何丙辉, 龚清朝, 等. 三峡库区砾石坡耕地农林复合经营效益研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(2): 84-90.
- [4] 彭鸿嘉, 莫保儒, 蔡国军, 等. 甘肃中部黄土丘陵沟壑区农林复合生态系统综合效益评价[J]. 干旱区地理, 2004, 27(3): 367-372.