

文章编号:1001-7380(2018)04-0008-05

泗阳县林农复合经营对土壤理化性质的影响

严相进¹,朱 玲^{2,3},倪 云^{2,3},唐罗忠^{2,3}

(1.江苏省泗阳县林业中心,江苏 泗阳 223700; 2.南京林业大学南方现代林业协同创新中心,江苏 南京 210037;
3.南京林业大学林学院,江苏 南京 210037)

摘要:林农复合经营是一种重要的土地经营方式,合理的林农复合经营有利于提高土地生产力和经济效益。为了了解林农复合经营对土壤理化性质的影响状况,该研究对江苏省泗阳县的杨树(*Populus×euramericana* ‘Nanlin 895’)+小麦、杨树+雪菜、杨树+油菜、杨树+草鸡4种杨农复合经营模式以及纯杨树林的土壤理化性质进行了调查研究。结果表明,与纯杨树林相比,杨农复合经营能在一定程度上改善土壤理化性质,但是不同复合经营模式之间存在一定差异,其中林下间作型杨农复合经营(杨树+小麦、杨树+雪菜、杨树+油菜)能有效降低土壤容重和pH值,提高土壤孔隙度和土壤有机质、水解氮、速效磷和速效钾含量;而林下养殖型杨农复合经营(杨树+草鸡)虽然也能显著提高土壤有机质、水解氮、速效磷和速效钾含量,但是会导致土壤容重和pH值升高,土壤孔隙度下降。

关键词:林农复合经营;杨树;土壤;理化性质;泗阳县

中图分类号:S151.9⁺5; S344.2

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2018.04.002

Effects of agroforestry on physical and chemical properties of soil in Siyang County

Yan Xiangjin¹, Zhu Ling^{2,3}, Ni Yun^{2,3}, Tang Luozhong^{2,3}

(1. Forestry Center of Siyang County, Jiangsu Province, Siyang 223700, China; 2. Co-Innovation Center for the Sustainable Forestry in Southern China, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;
3. College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: Agroforestry is an important way of land management in the world. Reasonable management of agroforestry can improve land productivity and economic efficiency. In order to understand the influence of agroforestry on the physical and chemical properties of soil, we investigated the soil physical and chemical properties of different management patterns including poplar (*Populus × euramericana* ‘Nanlin 895’) + wheat, poplar + potherb mustard, poplar + rape, poplar + chicken and pure poplar forest in Siyang County, Jiangsu Province. The results showed that, agroforestry could improve the soil physical and chemical properties compared with the pure poplar forest. However, the effects on the soil properties were different between different patterns of agroforestry. For example, the patterns of poplar + wheat, poplar + potherb mustard and poplar + rape could effectively reduce the soil bulk density and the pH value, but increase the soil porosity, soil organic matter, hydrolytic nitrogen, available phosphorus and available potassium contents. However, the pattern of poplar + chicken could obviously increase the soil bulk density and pH value, and reduce the soil porosity although it could significantly improve the soil organic matter, hydrolytic nitrogen, available phosphorus and available potassium contents.

Key words: Agroforestry management; Poplar; Soil; Physical and chemical property; Siyang County

林农复合经营是将林业、农业、牧业、渔业等多种产业相结合,形成多种物种共存、多种结构配置、多种

时序组合的多级物质生产体系^[1]。林农复合经营充分发挥了土地资源的生产潜力,使产品多样化,在增

收稿日期:2018-07-12;修回日期:2018-07-23

基金项目:江苏省林业三新工程项目“杨树干形调控修枝技术研究与示范推广”(LYSX[2016]48);国家重点研发计划课题“美洲黑杨工业资源材高培育技术研究”(2016YFD0600402);江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)

作者简介:严相进(1962-),男,江苏泗阳人,高级工程师。主要从事杨树培育技术研究与推广工作。E-mail:syianxiangjin@163.com。

加土地收益的同时,协调农林争地矛盾,保护农业生产赖以维持的生态环境,使资源永续利用^[2]。

杨树适应性强、生长快、成材早、产量高、易于更新,是用材林、防护林和林农复合经营的主要树种^[3]。大力发展杨树人工林是解决我国木材短缺问题的重要途径^[3]。作为“中国杨树之乡”的江苏省泗阳县,已累计栽植杨树1亿多株。并且该县大力开展了杨农复合经营,延长了杨树产业链,有力促进了地方经济发展^[4],总结和推广了林菜、林粮、林菌、林畜、林药等20多种杨农复合经营模式^[5],收到了良好的效果。但是生产目的主要是追求经济效益,较少考虑复合经营的生态效果,不同杨农复合经营对土壤理化性质的影响等问题尚不清楚。本文选择泗阳县几种典型的杨农复合经营模式,探讨其对土壤性质的影响,以期作为杨农复合经营的可持续发展提供依据和参考。

2 研究地概况与研究方法

2.1 研究地概况

研究地位于江苏省宿迁市泗阳县,介于东经118°20′—118°45′,北纬33°23′—33°58′。泗阳县气候温和,属北亚热带季风过渡性气候区,光照充足,雨量丰沛,四季分明。年均气温14.2℃,年均日照2 215.9 h,年均降水量906.2 mm。属黄泛冲积平原,土壤主要是沙壤土。

本研究选择了5种经营模式进行土壤理化性质的调查分析,分别是杨树(南林895杨 *Populus × euramericana* ‘Nanlin 895’)纯林、杨树+小麦复合经营(杨+小麦)、杨树+雪菜复合经营(杨+雪菜)、杨树+油菜复合经营(杨+油菜)、杨树+草鸡复合经营(杨+草鸡,草鸡散养)。5种经营模式所处气候条件相同,而且样地彼此之间的距离在3 km范围内,土壤背景一致,属于沙壤土;各经营模式中杨树年龄为11—14年生,林分密度在200—360株/hm²,各经营模式的经营年限均在6 a以上,调查地的具体情况见表1。

表1 各种经营模式调查地基本情况

模式	纯杨树	杨+小麦	杨+雪菜	杨+油菜	杨+草鸡
株行距/(m×m)	5×6	4×7	5×10	4×7	5×6
树龄/a	12	11	14	11	13
平均树高/m	23.9	19.8	26.4	19.4	22.8
平均胸径/cm	24.9	20.8	31.2	20.4	27.1

2.2 研究方法

2016年1月,在选定的5种经营模式林地内分别设置3块面积为400 m²的样地。在每个样地内距离杨树不同位置,用口径为4.5 cm、长度为20 cm的不锈钢土钻钻取深0—20 cm土层的土样9次,充分混合后,取1 kg左右土壤密封于塑料袋中,置冰盒内,带回实验室用于pH值、有机质含量等化学性质的测定。同时用体积为100 cm³的环刀取0—10 cm和10—20 cm两个层次的土壤,进行容重、孔隙度等物理性质的测定。

土壤容重及孔隙度采用环刀法测定^[6]。

土壤含水量采用烘干法测定^[6]。

土壤pH值采用电位法测定^[6]。

土壤有机质采用水合热重铬酸钾氧化比色法测定^[6]。

土壤水解氮采用碱解扩散法测定^[6]。

土壤速效磷采用0.5 mol/L碳酸氢钠浸提、钼锑抗比色法测定^[6]。

土壤速效钾采用1 mol/L乙酸铵浸提、原子吸收分光光度法测定^[6]。

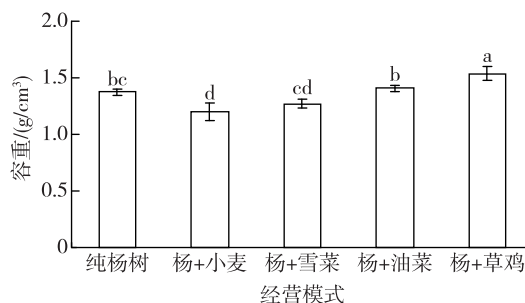
2.3 数据处理方法

利用Excel 2007软件对数据进行统计和整理;用SPSS 17.0软件进行方差分析和多重比较。

3 结果与分析

3.1 土壤容重

土壤容重是衡量土壤肥力的重要指标,它影响着土壤水、气、热的平衡关系^[7]。由图1可以看出,不同经营模式之间的土壤容重存在显著差异($P<0.05$),其中杨+小麦和杨+雪菜的土壤容重明显小于其他模式,而杨+草鸡的土壤容重明显大于其他模式,这可能是因为在林下散养的草鸡长期踩踏土壤,导致土壤板结,容重增大;杨树林下间作小麦、雪菜等作物,由于



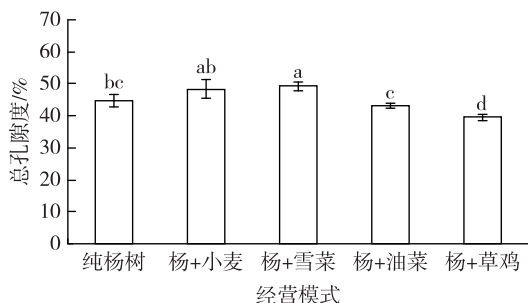
不同小写字母表示不同经营模式结果之间存在显著性差异($P<0.05$)

图1 不同经营模式的土壤容重

耕作松土、秸秆还田、间作物根系残留等原因,使土壤变得疏松,土壤容重降低。

3.2 土壤孔隙度

土壤孔隙度与土壤容重相辅相成,是衡量土壤物理性状的重要指标,对土壤水、肥、气、热状况具有显著影响^[8]。由图 2 可见,不同经营模式的土壤孔隙度呈现杨+雪菜>杨+小麦>纯杨树>杨+油菜>杨+草鸡的顺序,其中杨+小麦和杨+雪菜的土壤孔隙度明显大于其他复合经营模式,而杨+草鸡的土壤孔隙度明显小于其他模式。其原因主要与土壤耕作^[9]以及鸡的践踏有关。



不同小写字母表示不同经营模式结果之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)

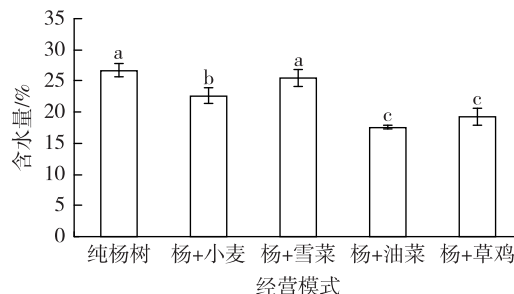
图 2 不同经营模式的土壤孔隙度

3.3 土壤含水量

土壤水分是土壤生态系统物质循环和养分循环的重要载体^[10],它直接影响着植物生长,对林农复合经营中的种间水分竞争和植物生长具有重要影响。图 3 表明,不同经营模式下的土壤含水量存在较大差异,4 种复合经营模式的土壤含水量普遍低于纯杨树林,并且杨+小麦、杨+油菜和杨+草鸡的土壤含水量显著低于纯杨树林,表明林下间作会加大土壤水分消耗,而杨+草鸡模式的土壤含水量较低的原因很可能是鸡的践踏导致土壤板结,孔隙度减小(见图 2),使土壤保水能力下降。

3.4 土壤 pH 值

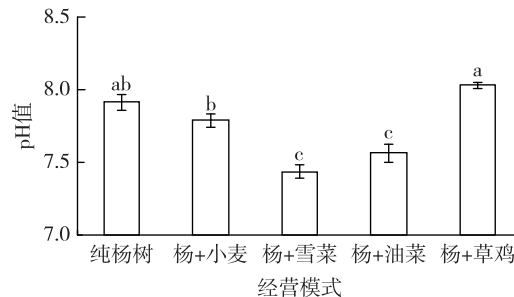
pH 值是反映土壤质量的基本性质^[11],对植物生长发育^[12]、土壤养分有效性以及土壤微生物数量和活性有着重要作用^[13]。从图 4 可知,各经营模式的土壤 pH 值均大于 7,属于弱碱性土壤,其中杨+草鸡的 pH 值最高,其次是纯杨树林,再次是杨+小麦和杨+油菜,而杨+雪菜的土壤 pH 值最低。由此可见,与纯杨树林相比,林下间作作物(如粮食作物或经济作物)可以降低土壤 pH 值,这可能是因为林下间作可以增加土壤有机质含量,通过耕作,土壤透气性增强,



不同小写字母表示不同经营模式结果之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)

图 3 不同经营模式的土壤含水量

使有机质能及时进行有氧分解,土壤中的有机酸以及硝态氮等酸性物质增多;此外,林下进行间作时,施用一定数量的化肥也可能导致土壤 pH 值下降。杨+草鸡模式的土壤 pH 值处于较高水平,这可能与土壤板结,土壤易处于还原状态,有机物难以进行有氧分解,容易形成较多的碱性离子有关。



不同小写字母表示不同经营模式结果之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)

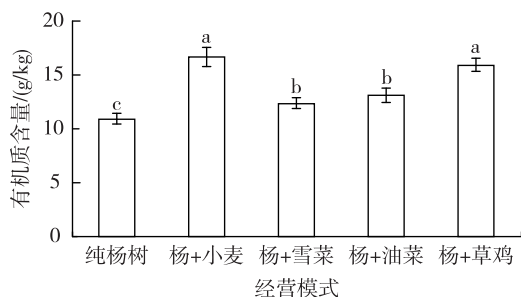
图 4 不同经营模式的土壤 pH 值

3.5 土壤有机质含量

土壤有机质是指存在于土壤中的所有含碳化合物,主要包括动物和植物的死亡残体,微生物及其分解和合成的各种有机化合物^[14]。土壤有机质含量是衡量土壤肥力的重要标准^[15]。由图 5 可知,4 种复合经营模式的土壤有机质含量均显著高于纯杨树林,其中杨+小麦的土壤有机质含量最高,其次是杨+草鸡,而杨+雪菜和杨+油菜相对较低。由此可见,开展杨农复合经营有利于提高土壤有机质含量,其原因是杨农复合经营的土壤有机质不仅来源于杨树的枯枝落叶,而且间作物残体(如根系、秸秆)或散养的草鸡鸡粪也能归还到林地中。

3.6 土壤水解氮含量

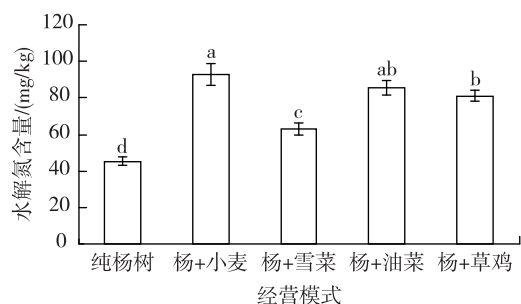
土壤水解氮也叫有效氮,包括无机态氮(铵态氮、硝态氮)和易水解的有机态氮(如氨基酸、酰胺和易水解蛋白质),能反映土壤氮素供应状况。从图 6 可



不同小写字母表示不同经营模式结果之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)

图5 不同经营模式的土壤有机质含量

知,4种杨农复合经营模式的土壤水解氮含量均显著高于纯杨树林,表明复合经营不但能提高土壤有机质含量,而且能提高土壤水解氮含量。在杨农复合经营中,杨+雪菜模式的土壤水解氮含量较低,其他模式较高。土壤水解氮含量的高低主要受土壤有机质数量和质的影响,一般而言,土壤有机质含量高,且易分解,则土壤水解氮含量也高。

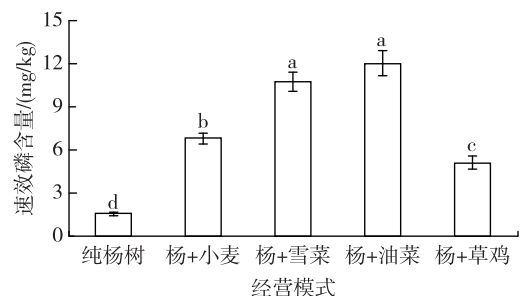


不同小写字母表示不同经营模式结果之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)

图6 不同经营模式的土壤水解氮含量

3.7 土壤速效磷含量

土壤速效磷是能被植物吸收的磷,是衡量土壤磷素供应状况的较好指标^[14]。由图7可知,杨农复合



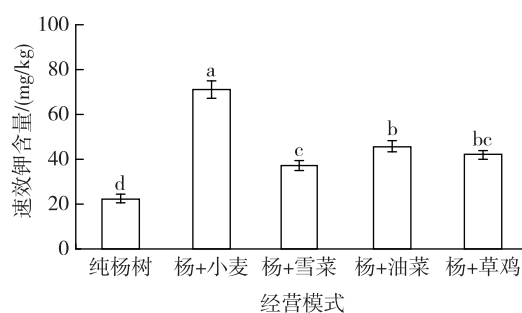
不同小写字母表示不同经营模式结果之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)

图7 不同经营模式的土壤速效磷含量

经营的土壤速效磷含量均明显高于纯杨树林,其中杨+雪菜和杨+油菜模式尤为明显。这可能与杨农复合经营提高了土壤有机质含量有关,另外与林下间作时施用化肥可能也有关系。

3.8 土壤速效钾含量

土壤中的速效钾主要包括土壤溶液中的钾和土壤胶体表面的代换性钾,它们是被植物吸收利用的钾^[14]。从图8可知,杨农复合经营模式的土壤速效钾含量均显著高于纯杨树林,其中,杨+小麦的土壤速效钾含量明显高于其他复合经营模式。杨农复合经营有利于提高土壤有机质含量(见图5),从而促进了土壤速效钾含量,特别是杨+小麦复合经营中,钾含量较高的小麦根系和秸秆归还到土壤中,有利于提高土壤速效钾含量。



不同小写字母表示不同经营模式结果之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)

图8 不同经营模式的土壤速效钾含量

3.9 土壤理化性状的相关性

土壤理化性状之间往往存在着正相关或负相关关系。由表1可以看出,土壤容重与孔隙度之间呈极显著 ($P < 0.01$) 负相关关系,即土壤容重越大,土壤中的空隙越少。土壤孔隙度与土壤含水量之间呈显著 ($P < 0.05$) 正相关,与 pH 值之间呈显著负相关,土壤孔隙度大,有利于土壤吸收和保留水分;同时,土壤孔隙度大,土壤的透气性增强,有利于土壤有机质分解,降低土壤 pH 值。土壤 pH 值与土壤速效磷含量之间呈极显著负相关,本研究的土壤 pH 值均在 7 以上,土壤碱性增强,土壤中磷的有效性会降低。土壤有机质、水解氮和速效钾 3 者之间均呈极显著正相关,表明土壤中的有机质含量增加,有利于水解氮和速效钾含量的提高。

4 结论

与纯杨树林相比,泗阳县 4 种典型的杨农复合经营模式(杨+小麦、杨+雪菜、杨+油菜、杨+草鸡)均能

表 1 土壤理化性状的相关性分析

	容 重	孔隙度	含水量	pH 值	有机质	水解氮	速效磷
容 重	1						
孔隙度	-0.92 * *	1					
含水量	-0.50	0.62 *	1				
pH 值	0.44	-0.58 *	-0.05	1			
有机质	-0.02	-0.15	-0.26	0.32	1		
水解氮	-0.05	-0.13	-0.45	-0.04	0.84 * *	1	
速效磷	-0.20	0.26	-0.43	-0.83 * *	0.05	0.46	1
速效钾	-0.48	0.28	-0.38	-0.06	0.82 * *	0.86 * *	0.33

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

在一定程度上改善土壤理化性质,其中林下间作型的杨农复合经营模式(杨+小麦、杨+雪菜、杨+油菜)能有效降低土壤容重和 pH 值,提高土壤孔隙度和土壤有机质、水解氮、速效磷和速效钾含量;但是林下养殖型杨农复合经营(杨+草鸡)虽然也能显著提高土壤有机质、水解氮、速效磷和速效钾含量,但是这种经营模式会提高土壤容重和 pH 值,降低土壤孔隙度,今后有必要科学控制草鸡的养殖密度,或进行适当的土壤翻垦,防止土壤某些性状的恶化。

参考文献:

[1] 谢京湘,于汝元,胡 涌. 农林复合生态系统研究概况[J]. 北京林业大学学报,1988,10(1):104-108.

[2] 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): 149-156.

[3] 方升佐,徐锡增,吕士行. 杨树定向培育[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,2004.

[4] 骆 敏,袁 成,朱 嘉,等. 宿迁市杨农复合经营模式的构建与效益评价[J]. 江苏林业科技,2011,38(6): 40-43.

[5] 孙国光,王进杰,朱 瑞,等. 林下经济经营模式的建立及推广应用——以江苏泗阳县为例[J]. 林业经济, 2013 (3): 80-82, 115.

[6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.

[7] 张 波,赵雨森. 林农复合经营对土壤物理性质的影响[J]. 防护林科技,2007,79(4):16-18.

[8] 郑必昭. 土壤分析技术指南[M].北京:中国农业出版社,2013.

[9] 李天阳,何丙辉,田家乐,等. 重庆市山地血橙园不同种植模式土壤理化性质关联分析[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(11): 1395-1402.

[10] 朱 喜,何志斌,杜 军,等. 间伐对祁连山青海云杉人工林土壤水分的影响[J]. 林业科学研究,2015,28(1): 55-60.

[11] 毛应明,桑树勋,王学松,等. 徐州市城区土壤 pH 值分布特征研究[J]. 环境科学与技术,2013,36(8): 77-80.

[12] 张 旭,刘彦卓,孔清霓,等. 土壤 pH 对华南双季稻旱育秧素质的影响试验初报[J]. 广东农业科学, 1998(2): 8-10.

[13] 章 倩,王登峰,魏志远,等. 氮磷对农田土壤 pH 及有机质含量影响的研究[J]. 广东农业科学,2013 (16): 67-68.

[14] 孙向阳. 土壤学[M]. 北京:中国林业出版社,2005.

[15] 窦 森. 土壤有机质[M]. 北京:科学出版社,2010.