林下秸秆覆盖种植大球盖菇对苦驴河源头坡地清水产流的影响

方梦萦，李玉成，张学胜，白 云，邓 威，廖万雪
（安徽大学 资源与环境工程学院，安徽 合肥 230061）

摘 要：[目的] 探索秸秆覆盖种植大球盖菇模式对经济林(尤其是刚刚荒改坡的经济林)清水产流和改土控草的影响，为坡地水源涵养、生态保育、控草保肥提供技术支撑。[方法] 在派河上游苦驴河的源头，选取2组不同种类的坡地经济林，利用秸秆覆盖种植大球盖菇技术，在大球盖菇生长的不同时期对该区域坡地水质、土壤有机质和杂草多样性进行分析。[结果] 采用秸秆覆盖种植大球盖菇的技术，平均能有效降低该地区水中总氮 42.68%～50.47%，总磷 45.72%～46.74%和悬浮物(SS)33.41%～36.58%的含量，同时增加土壤有机质的含量，平均增长了 10.17%～16.42%，减少该区域杂草多样性和种类，有效降低了该地水肥流失，可在较短时间内无害且快速地增加该区域清水产流能力。[结论] 采用秸秆覆盖种植大球盖菇的技术，能有效降低坡地径流水中总氮、总磷和 SS 的含量，同时增加土壤有机质的含量，减少该区域杂草多样性和种类，起到控制水肥和水土流失作用，在当年荒改坡的坡地上，该作用更加明显。

关键词：秸秆覆盖；大球盖菇；苦驴河源头；坡地；清水产流

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2020)02-0047-07 **中图分类号**：S19，X52

文献参数：方梦萦，李玉成，张学胜，等. 林下秸秆覆盖种植大球盖菇对苦驴河源头坡地清水产流的影响[J]. 水土保持通报，2020，40(2)：47-53. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2020.02.007；Fang Mengying，Li Yucheng，Zhang Xuesheng，et al. Influence of cultivating *Stropharia rugosoannulata* with straw on clean water runoff of slope land in source area of Kulü River [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2020，40(2)：47-53.

Influence of Cultivating *Stropharia Rugosoannulata* with Straw on Clean Water Runoff of Slope Land in Source Area of Kulü River

Fang Mengying，Li Yucheng，Zhang Xuesheng，Bai Yun，Deng Wei，Liao Wanxue
(*College of Resources and Environmental Engineering*，*Anhui University*，*Hefei*，*Anhui* 230061，*China*)

Abstract：[Objective] The influence of cultivating *Stropharia rugosoannulata* with straw on clean water runoff，soil improvement and grass control in economic forests (especially in the newly economic forest) was explored，in order to provide technical support in water conservation capacity，ecosystem conservation，grass control and soil fertility improvement. [Methods] Two different kinds of slope land economic forests in the source area of Kulü River at upstream of Paihe River was selected，the technology of straw mulching was used to plant *Stropharia rugosoannulata*，and the water quality，soil organic matter and weed diversity of the slope land were analyzed in different growth periods of the mushroom. [Results] The cultivation of *Stropharia rugosoannulata* with straw effectively reduced the content of total nitrogen (42.68%～50.47%)，total phosphorus (45.72%～46.74%) and suspended solids (SS，33.41%～36.58%) in the water in this area. At the same time，it increased the content of soil organic matter by 10.17%～16.42% on average，and reduced the diversity and species of weeds in this area，thus，effectively reduced the water and fertilizer loss，and increased clean water runoff in a short period. [Conclusion] Cultivating *Stropharia rugosoannulata* with straw can effectively

收稿日期：2019-12-09 **修回日期**：2019-12-20
资助项目：水体污染控制与治理科技重大专项“水源涵养和生态保育清洁小流域技术综合集成应用推广”(2017ZX07603-002)
第一作者：方梦萦(1990—)，女(汉族)，安徽省合肥市人，硕士研究生，研究方向为环境地球化学。Email：455549703@qq.com。
通讯作者：李玉成(1963—)，男(汉族)，安徽省合肥市人，博士，教授，主要从事环境生物地球化学和水污染防治研究。Email：li-yucheng@163.com。

reduce the contents of total nitrogen, total phosphorus and SS in the runoff, increase the content of soil organic matter, reduce the diversity and species of weeds in this area, and play an important role in controlling water, fertilizer and soil erosion. In addition, the effect may be even more pronounced in the newly economic forest changed by uncultivated land.

Keywords: mulch with straw; *Stropharia rugosoannulata*; the source area of Kulü River; slope land; clean water runoff generation

20 世纪 80 年代以来,随着巢湖流域内人口的增加,工农业生产的迅速发展,大量工业废水及城镇生活污水进入巢湖,导致湖水的氮、磷等营养盐浓度增加,湖泊富营养化进程加快[1-5]。近年来,随着流域内工业"三废"和合肥城市污染治理力度加大,巢湖地区点源污染逐渐减轻,农村农业面源污染问题逐渐显现,加上化肥施用超标严重,流域内开荒建林,水土流失加剧,已成为影响当地农业可持续发展的一大重要因素[4-8]。派河作为为巢湖主要入湖支流之一,其水质的优劣对"引江济淮"工程和巢湖的水质安全具有重要影响,也是巢湖西半湖水体污染的主要来源之一[9-10]。整个派河流域,受传统农林业种植、经营方式和人地矛盾增加的影响,当地在林地和耕地建设中,全垦、全复整地造林,人为清除林下灌木及枯落物,使地表长时间裸露,荒改林增加,地表自然植被不断破坏、减少,引发水土流失[11-12]。同时,为增加产量大量施用肥料,导致肥料利用率低、流失率高,水质污染严重,农业面源污染较为严重[13-14]。苦驴河位于派河流域源头,该地雨季常暴雨成灾,水、土、肥流失严重;旱季则水资源短缺。由于当地人口密度较大,苗木种植较为广泛,过度开垦及滥挖、滥伐、荒地改种植经济林等人为的破坏活动,导致土地利用结构不合理,以及较高的化肥施用量造成了当地水肥流失、氮磷污染的现状,携带大量泥沙和氮磷营养元的河水汇入派河中,加剧了派河的农业面源污染情况,严重影响了派河流域的生态治理和水土保持工作,进一步加重了巢湖治理的难度。试验区位于苦驴河的源头,主要为丘陵岗地,早期为杂草丛生的荒地,后为增加苗木产量,进行荒改坡,大量使用化肥农药和除草剂,加剧了整体污染状况。再加上当地地质条件,水、肥、气、热不协调,更是加重了试验区的水土、养分的流失和面源污染,并且随着降雨、径流进入苦驴河,进而汇入派河。与此同时,该区域及周边秸秆资源十分丰富。在传统的较为粗放的秸秆直接还田模式中,一方面秸秆腐解过程需要吸收土壤中原有的氮素、磷素和水分等营养,可能影响出苗率,造成减产。另一方面,秸秆还田使得病原菌重新回到了土壤中,加重了苗期病害和土传病害的发生[15]。而研究[16-19]表明,采用秸秆覆盖种植大球盖菇这一技术,可以不同程度的增加土壤有机质、全氮、全磷、有效氮、有效磷、有效钾的含量,改变土壤微生物群落,提高紫色土土壤中活性有机碳的形成和累积,增加紫色土土壤碳储量,且对秸秆有良好的降解能力。因此,本研究从实际生产需求出发,结合当地农耕特征,充分利用秸秆覆盖种植大球盖菇改土、降解秸秆的优势,消纳当地及周边的秸秆和其他农林废弃物,结合当地荒改坡的耕作需求,在改地前期利用秸秆覆盖减少水土流失,改地后期控制杂草、增加土壤肥力,探究秸秆覆盖种植大球盖菇这一新型模式对坡地水质、杂草、土壤的综合影响,为当地荒改坡的利用过程中提供一种高效经济的清水产流技术,为坡地水源涵养、生态保育、控草保肥提供技术支撑。

1 试验材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于安徽省合肥市肥西县紫蓬镇新农村中一生态园内(116°57′25″E,31°44′43″N),在苦驴河上游小流域的中南部,属于亚热带和暖温带过渡性的副热带季风气候区,气候温和湿润。平均海拔为 67 m,年平均温度 15～16 ℃,1 月平均气温 2～3 ℃,7 月平均气温 28～30 ℃。年日照时间在 2 000 h 左右,平均相对湿度为 77%。无霜期 224～252 d。多年平均降雨量为 964.4 mm,多年平均水面蒸发量为 835 mm。土壤类型为紫色土,有机质含量为 10.53 g/kg,pH 值为 5.68。该生态园内主要种植大马士革玫瑰和桃树。

1.2 试验方法

1.2.1 样地设置 样地具体设置情况详见表 1。①EG 组。为秸秆覆盖种植大球盖菇组。每垄经济作物种植垄和相邻经济林间行距为 2.4 m,经济林种植垄的宽度为 0.8 m,在垄间设置大球盖菇种植区和步行区。其中大球盖菇种植区宽度为 0.8 m,两边为过道,宽度为 0.4 m,方面进行日常管理。玫瑰园为 EG-R,桃园为 EG-P。②CK 组。对照组。每组均设置重复处理 2～4 块样地。③大球盖菇种植方式。包括原材料预处理(以小麦秸秆和稻糠按 1.5∶4 为原材料,就近使用周边池塘水堆沤自然发酵两周左右)、

土地准备及整畦和播种与铺料(采用传统的 3 层料 2 层种的方式播种,从下到上为一层秸秆稻糠、一层菌、一层秸秆稻糠、一层菌、覆土、一层秸秆)。种植大球盖菇所用的菌料包来自合肥天都灵芝制品有限公司生产的"皖球盖菇 1 号"。两组均按照经济作物的习性,正常浇水施肥。玫瑰园的除草是每月 1 次,采用人工除草为主,机械除草为辅的方式,将玫瑰园内杂草清楚干净。桃园的除草则采用机械除草为主,人工除草、除草剂为辅的方式,试验于 2018 年 10 月开始,先将种植区域内杂草除尽,保证各处理间初始水平基本一致,然后开始种植大球盖菇,至 2019 年 10 月截至。

表 1　样地具体设置情况

组别		坡改荒时间/a	坡度/(°)	土壤类型	坡向	面积/hm^2	其他
EG 组	EG-R	3	3～5	紫色土	南北向	0.73	4 块样地
	EG-P	0	3～5	紫色土	南北向	0.67	4 块样地
CK 组			3～5	紫色土	南北向	0.33	2 块样地

1.2.2　*调查内容及方法*　①杂草调查。EG 组采用倒"W"9 点采样法,为方便采样,样方面积为 0.64 m^2(80 cm×80 cm),且采样点位于蘑菇种植垄上,采取该点所在蘑菇种植垄上的平行线为样方边界。CK 组采用平行跳跃法调查,选取 3 块采样点,样方面积为 0.64 m^2(80 cm×80 cm),按相同方法采集对应样方中杂草。各组均在菌丝生长成熟期(4 月)、大球盖菇出菇盛期(6 月)、大球盖菇采收后期 8 月)3 个时期采集杂草样本。②土壤指标调查。于大球盖菇菌丝生长成熟期(4 月)、大球盖菇出菇盛期(6 月)、大球盖菇采后期(8 月)、大球盖菇基料腐朽期(10 月),采用 S 形分别对表层土壤 0—20 cm 进行采集,多点采集样品混合后,利用四分法,留下 1 kg 土壤自然风干后研磨过筛(过 100 目)待测。③水质指标调查。采用直角三角堰,三角堰直角位于坡底水沟地面,每月定期采集每块样地顺坡地汇入坡底经三角堰流入采集桶中的水样混合样,测定地表径流水中氮、磷和 SS 的含量。

1.2.3　*测定项目、方法及数据处理*　①杂草数量、种类及生物多样性指数。禾本科杂草以茎秆数为单位,阔叶杂草以株为单位。②土壤有机质含量:采用《土壤农化分析》中的重铬酸钾外容量法。③水质总氮、总磷和悬浮物(SS)。分别采用碱性过硫酸钾紫外分光光度法、钼酸铵分光光度法和抽滤—烘干后测定[20]。④玫瑰产量。以本次采摘周期共采摘可用于生加工的玫瑰花鲜重计。

采用 Excel 2010 对调查数据进行处理绘图,并采用 SPSS 20.0 对数据进行分析。

2　结果与分析

2.1　不同时期坡地水质的季节变化

2.1.1　*不同时期坡地内降雨和 SS 的季节变化*　对秸秆覆盖种植大球盖菇、已经达到菌丝生长成熟期后的坡地每月定期进行水样的采集,测得水中 SS 含量,并与该地区 2017 年至今的降雨数进行对比,分别得到表 2 和图 1。桃园开荒前(2017 年)降雨量较多且平均,建园时(2018 年)降雨量多、随季节分布明显,建园完成所有工程后(2019 年)降雨量较少。对比分析图 2 可知,随着降雨量的增加和减少,径流水中的 SS 也大致呈现出同一规律的变化。开荒前降雨量虽多,但是径流中的 SS 并不是很大,建园过程中,径流中的 SS 则呈现剧烈增加。和对照组相比,秸秆覆盖种植大球盖菇对 SS 的去除在率在 18.68%～49.41%之间。其中,桃园 SS 去除率在 18.68%～37.95%之间,玫瑰园 SS 去除率在 21.90%～49.41%,平均去除率分别为 25.53%和 31.18%,最大去除率均出现在 3 月,这可能是因为该期间降雨量极少,少量降雨携带的泥沙量易被秸秆覆盖种植的大球盖菇拦截有关,且 SS 的去除率在大球盖菇的菌落生长期间,波动较为明显,随大球盖菇的生长,形成子实体后,SS 去除率较为稳定,采收后 SS 去除率有轻微降低,这可能和表层覆盖的秸秆减少、性质改变,采收带动的基料蓬松度增加有关。我们可以看出采用秸秆覆盖种植大球盖菇可降低径流水中 SS 的含量,去除率与降雨量有直接关系,且随着大球盖菇种植时间的增加,SS 去除率会趋于稳定。

表 2　合肥地区月降雨量情况

时间	降雨量/mm	时间	降雨量/mm
201806	92.1	201902	91.8
201807	318.9	201903	1.6
201808	281.4	201904	38.6
201809	109.6	201905	54.0
201810	17.0	201906	145.6
201811	68.3	201907	125.6
201812	97.2	201908	88.8
201901	62.4	201909	11.0

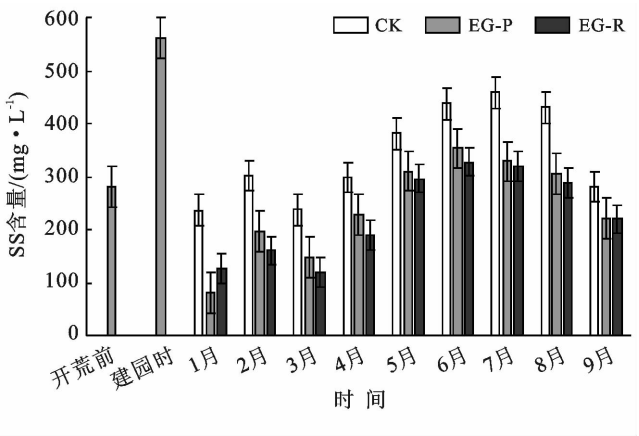


图1 不同时期坡地悬浮物(SS)变化

2.1.2 不同时期经济林内水质总氮和总磷的季节变化 分别对秸秆覆盖种植大球盖菇、已经达到菌丝生长成熟期后的坡地每月定期进行水样的采集,测定顺坡地汇入坡底水样的总氮和总磷含量(如图2所示)。由图2可知,和对照组相比,两种不同类型的经济林径流水中的总氮和总磷均有一定程度的降低。其中,采用秸秆覆盖种植大球盖菇,径流水中总氮含量有明显降低,且随着大球盖菇种植时间的变化,径流中总氮含量呈现波浪式下降趋势,而对照组基本均为地表水劣Ⅴ类水质标准(总氮含量>2 mg/L[20]),种植大球盖菇后,水质状况明显改善,6月与10月水质最佳,达到Ⅳ类水标准。桃园总氮含量在1.24~4.59 mg/L之间,平均总氮含量2.70 mg/L;玫瑰园总氮含量在1.20~3.80 mg/L之间,平均总氮含量为2.27 mg/L。采用秸秆覆盖种植大球盖菇技术,径流水中的总氮去除率在18.37%~67.07%之间,最高值均出现在1月,最低值均出现在8月,这可能和当地的施肥习惯、耕作方式有关。桃园和玫瑰园总氮去除率分别在18.37%~60.22%和27.91%~67.07%之间,平均总氮去除率分别为42.68%和50.47%,总氮去除率整体呈现出下降的趋势。径流水中总磷含量的变化整体呈现出倒U形,总磷含量先增加,到6月呈现出最高值,后逐渐降低,这和当地经济林种植施肥习惯及天气情况有关。总磷含量在0.02~0.53 mg/L之间,整体情况较好,参考地表水水质标准,劣Ⅴ类仅出现在4月和6月。同时与对照组相比,总磷整体降低了21.87%~75.00%,降幅最高点均出现在1月,这可能与尚未耕种施肥有关。桃园和玫瑰园总磷去除率分别在21.87%~75.00%和26.56%~62.50%之间,平均降幅为45.72%和46.74%,总磷去除率整体呈现出先下降后上升的趋势,随着大球盖菇的采收完成,总磷去除率基本稳定。可以看出,秸秆覆盖种植大球盖菇这一技术对坡地水质改善十分有效,总氮和总磷均有不同程度的降低,且这种改善会随着时间的变化而变化。

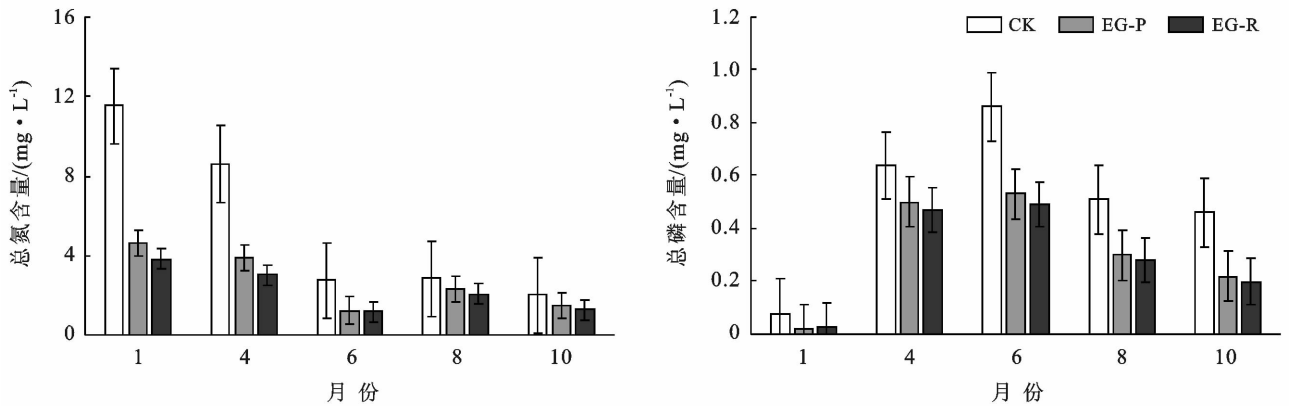
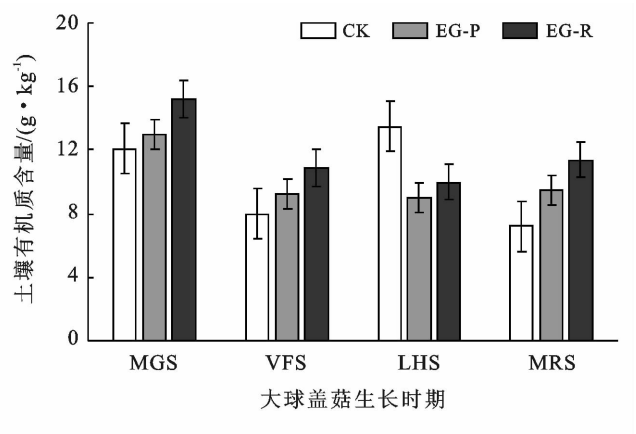


图2 不同时期坡地水质变化

2.2 不同时期坡地土壤有机质的变化

由图3可以看出,种植大球盖菇,能够增加坡地土壤有机质含量,除大球盖菇采收后期,对照组有机质含量明显高于试验组外,其他时期,试验组土壤有机质含量均高于对照,尤其是大球盖菇基料腐朽期增幅最大,分别达到31.94%和58.33%。试验组的有机质含量呈现U形变化,对照组则呈现出不规则起伏。桃园和玫瑰园土壤有机质的平均含量为10.17和11.87 g/kg,平均含量为11.02 g/kg,玫瑰园的平均增长率为16.42%,和建园前土壤有机质10.53 g/kg的含量相比,桃园则出现小部分降低,但是仍然可以看出秸秆覆盖种植大球盖菇,能够显著增加经济林内土壤有机质含量,且随着种植时间的增加而增加。



注:MGS,VFS,LHS 和 MRS 分别为大球盖菇菌丝生长期、出菇盛期、采收后和基料腐朽期。下同。

图 3　大球盖菇生长期内坡地土壤有机质的变化

2.3　不同时期经济林内主要杂草发生规律

对不同时期经济林内的杂草进行多样性分析,得到 3 个多样性指数(表 3)。

由表 3 可以看出,不同时期秸秆覆盖种植大球盖菇的杂草多样性指数不同,大体上呈现出对照组的 3 个多样性指数均大于试验组,即种植大球盖菇能够明显降低经济林内杂草的种类和多样性,同时随着大球盖菇生长时间的增加,杂草的多样性和种类也明显降低,且随着种植时间的增加,试验组和对照组呈现明显差异。

综上所述,种植大球盖菇能够明显控制桃林和玫瑰园内杂草的生长,且随着种植时间的增加呈现良性变化。

表 3　不同控草措施、不同时期坡地杂草生物多样性指数

项 目	多样性指数	CK	桃园秸秆覆盖	玫瑰园秸秆覆盖
生长期	Margalef 物种丰富度指数(D_{MG})	3.57±0.25^{a}	3.44±0.14^{a}	3.55±0.29^{a}
	Shannon 均匀度指数(E)	0.43±0.17	0.49±0.16	0.69±0.17
	Shannon 多样性指数(H')	2.65±0.62	2.09±0.05	2.97±0.79
出菇期	Margalef 物种丰富度指数(D_{MG})	1.92±0.17^{a}	1.71±0.22^{b}	1.25±0.57^{c}
	Shannon 均匀度指数(E)	2.71±0.07	0.15±0.03	0.38±0.37
	Shannon 多样性指数(H')	6.95±0.38	0.79±0.07	0.74±0.90
基料腐朽期	Margalef 物种丰富度指数(D_{MG})	0.95±0.70^{a}	0.56±0.20^{b}	0.58±0.46^{b}
	Shannon 均匀度指数(E)	0.18±0.05	0.26±0.13	0.25±0.22
	Shannon 多样性指数(H')	1.16±0.59	0.90±0.07	0.51±0.36

注:同行数据后不同小写字母表示处理间差异显著($p<0.05$)。

2.4　秸秆覆盖种植大球盖菇对坡地的影响分析

2.4.1　*秸秆覆盖种植大球盖菇的经济效益分析*　由表 4 可知,秸秆种植大球盖菇的成本约为 5.4×10^{4} 元/hm^{2},若利用当地农林废弃物,可降低原材料费用,同时,小规模的种植,人工费可适当降低。收益部分,计算的大球盖菇价格较低,实际走访当地市场发现,当地大球盖菇价格在 30～50 元/kg 不等,与季节有关,若有较好销售渠道,收益还会增加,且采收及时,更会增加大球盖菇的产量。若考虑增加的生态效益部分,不仅减少了人工除草费用及除草剂使用,还减少了化肥投入,同时消纳了秸秆和稻糠,避免直接处理带来的资源浪费。综合来看,秸秆覆盖种植大球盖菇,能够勉强维持收支平衡。若辅以一些管理措施和政府补助,会大大增加该模式的经济效益。

表 4　秸秆覆盖种植大球盖菇成本分析　　元/hm^{2}

项目		费 用	项目		费 用
成本	菌料包	21 000	收益	直接经济收益:采收的大球盖菇	30 000(以每 1 kg 10 元计,及时采收可增加收益)
	原材料(秸秆和稻糠)	15 000(以每 1 hm^{2} 消纳 11.25 t 秸秆,30 t 稻糠计)			
	人工费	18 000			
合计		54 000	合计		30 000

2.4.2　*秸秆覆盖种植大球盖菇对经济作物产量及构成的影响分析*　由表 5 可知,秸秆覆盖种植大球盖菇对玫瑰的产量和各构成因子的影响有所不同。由于种植过程中对不断对玫瑰花的主干直径进行修剪,故玫瑰直径、株高和每 1 hm^{2} 的玫瑰花棵树基本无变化。而花瓣数、每 1 hm^{2} 产量均有一定提高,较对照组分别提高了 12.50%和 6.35%,因此秸秆覆盖种植大球盖菇对大马士革玫瑰的生长有一定的促进作用。

由于桃园中桃树苗为新种植树苗，暂未到结果期，故而无法对桃园中桃树进行构成分析。通过查阅文献，不难看出秸秆覆盖种植大球盖菇这一模式，可以适当增加经济作物产量和品质。

表5 玫瑰产量及构成因子

处理编号	花瓣数/片	直径/m	株高/m	单位株数	单产
EG	18	1.20	1.80	6 000	4 020
CK	16	1.25	1.75	6 000	3 780

2.4.3 秸秆覆盖种植大球盖菇对不同类型经济林的影响分析 秸秆覆盖种植大球盖菇对种植不同类型坡地的水质改善、土壤有机质提高、杂草控制效果不同。从本次试验中可以看出，玫瑰园效果要略好于桃园的效果，其中水中总氮、总磷和SS的削减率分别增加了15.43%，2.23%和22.15%，有机质提高了9.19%，杂草的防控效果也有所增加。这和两块坡地种植品种、种植方式及种植时间有较大关系。尤其是玫瑰园中玫瑰已经种植3 a，桃园为刚刚进行荒改坡工程，这为秸秆覆盖种植大球盖菇技术在荒改坡中的应用提供了较好基础。

3 讨论与结论

3.1 讨 论

查阅文献发现，在三峡库区紫色土柑橘园中间作大球盖菇，增加了土壤碳氮含量，提升土壤质量，有利于TN，AHN，NO^{3-}，AAN和ASN的累积，柑橘/大球盖菇间作在一定程度上能够促进紫色土土壤中碳氮组分的形成和累积，增加紫色土土壤养分，尤其是上层土壤[19,21]；在昆明核桃林下种植大球盖菇，对土壤密度、总孔隙度、通透性均有改良，有效地增加土壤的有机质、水解性氮、有效磷和速效钾[22]；在室内拱棚蔬菜种植过程中轮作大球盖菇，可以增加土壤有机质0.41%，减少化肥使用量约30%，改良土壤，防控土传病害，提高产量，有利于绿色食品的生产[23]。因此不难看出，林下间作套作大球盖菇对土壤改良的积极影响。

由于该区域是苦驴河源头清水产流区，对调节坡面径流、地下径流以及减少径流泥沙含量、净化水质等方面具有重要的作用。但是前期坡改荒，涵养林遭受人为破坏，清水产流区的功能日渐脆弱，造成了土壤侵蚀与水土流失，不能为下游提供足够的清水。在治理巢湖水质过程中，为了保证清水入湖，必须要从全流域着手，从源头产流区出发，逐步治理，采取小流域综合治理与生态保护相结合的措施，使得最终入河入湖水质得到改善[24-27]。采用秸秆覆盖种植大球盖菇技术，一方面，降低化肥农药施用，控制污染源，减少径流中的污染情况，另一方面，利用大球盖菇可以改良土壤的性质，对坡地进行土壤修复，以此达到降低泥沙量和营养元的流失的目的。本次研究中，因地制宜在派河流域上游苦驴河源头附近利用秸秆在经济林中的套作大球盖菇，可有效改良该地区坡地水质情况，减少泥沙和养分流失，改良当地土壤结构，降低化肥农药投入，又具有一定控草效果，尤其是在荒改坡前期，能有效快速控制水肥流失，以达到清水产流的目的。同时，该技术操作简单，抗逆性好，有附加价值。但投入成本较高，大规模生产对人力和管理水平要求较高，限制了该技术的推广应用。

3.2 结 论

从本研究可以看出，无论是桃园，还是玫瑰园，采用秸秆覆盖种植大球盖菇的技术，均能有效降低该地区坡地径流水中总氮、总磷和SS的含量，同时增加土壤有机质的含量，减少该区域杂草多样性和种类，有效降低了该地水肥和水土的流失。式中：在桃园中采用秸秆覆盖种植大球盖菇技术，径流水中总氮平均降低42.68%，总磷平均降低45.72%，SS平均降低25.53%，土壤有机质平均增幅10.17%，在大球盖菇基料腐朽期增幅达到31.94%。同时，该模式对于桃园内杂草的防控效果也十分显著。桃园内杂草的多样性和种类随着时间的增加，有明显的降低。同样在大马士革玫瑰园采用秸秆覆盖内套作大球盖菇的技术，也可以显著提高玫瑰园内土壤有机质含量，平均增长16.42%，在大球盖菇基料腐朽期增幅达到58.33%。在对该区域水质改善上，平均能够降低总氮50.47%，总磷46.74%，SS 31.18%。同时，该模式对玫瑰园内主要杂草有良好的防控效果。此外，该模式对大马士革玫瑰的生长有一定的促进作用，单位产量提高了6.35%。

对比两种不同整地年限的坡地，发现采用秸秆覆盖种植大球盖菇的模式，和当年荒改坡的桃园相比，已种植3 a的玫瑰园中总氮、总磷和SS的削减率分别增加了15.43%，2.23%和22.15%，有机质提高了9.19%，差距不是很大。因此，该技术能在较短的时间内较为快速且无害的增加当地环境质量，适用于荒改坡的水源涵养工作。再和现阶段国内其他清水产流技术相比，园内套作秸秆覆盖种植大球盖菇，一方面充分利用农林废弃物，无论是秸秆，还是枯枝烂叶，均能作为种植原材料，种植中能发挥秸秆覆盖本身保持水、减少蒸发功效；另一方面，能增加土壤有机质，

改良土壤状况,减少约 50%的化肥施用,提高养分的利用率,节省控草成本。

[参 考 文 献]

[1] 朱庆春.巢湖水体富营养化成因分析及治理对策[J].安徽农学通报,2017,23(9):97-98.

[2] 张海燕,李箐.巢湖水体富营养化成因分析及对策研究[J].疾病控制杂志,2005,9(3):271-272.

[3] 刘改妮,王鹏腾,季海波,等.巢湖流域面源污染现状分析及对策[C].四川 成都:2014 中国环境科学学会学术年会,2014.

[4] 谭茜.环巢湖支流污染结构及治理方向[J].安徽农业科学,2016,44(17):77-82.

[5] 戴曹培.优化施肥对农业面源污染控制研究[D].安徽合肥:安徽农业大学,2017.

[6] 左琳琳.巢湖流域农田面源污染负荷估算及其风险评估[D].陕西 西安:西安科技大学,2018.

[7] 朱奎峰.巢湖流域农业面源污染综合治理模式的探索与实践[J].安徽农学通报,2019,25(18):134-135.

[8] 奚姗姗.巢湖水体氮、磷结构特征、环境效应与防控对策研究[D].安徽 合肥:中国科学技术大学,2016.

[9] 汪巧玲.派河流域水环境治理及生态修复工程[J].绿色科技,2016(14):93-94,97.

[10] 张广萍,周美正,张延,等.安徽派河流域水污染特征及原因分析[J].人民长江,2014,45(18):20-24.

[11] 朱慧娈,黄志,张彦辉.引江济淮通道派河水污染治理研究[J].安徽农业科学,2016,44(29):47-50.

[12] Tang Jie, Li Yang, Ma Jiong, et al. Survey of duckweed diversity in Lake Chao and total fatty acid, triacylglycerol, profiles of representative strains [J]. Plant biology (Stuttgart, Germany), 2015,17(5):1066-1072.

[13] 徐春明.巢湖污染及治理的人口因素研究[D].安徽 合肥:安徽大学,2010.

[14] 邵甜,陈学强,戚明旸,等. BSPT 技术在生态清洁小流域治理中的应用研究:以巢湖派河支流斑鸠堰河小流域为例[J].安徽农学通报,2019,25(9):62-64.

[15] 王虎,王旭东,田宵鸿.秸秆还田对土壤有机碳不同活性组分储量及分配的影响[J].应用生态学报,2014,25(12):3491-3498.

[16] 李昕竺,曾先富,沈鹰,等.秸秆栽培食用菌的现状与发展趋势[J].食药用菌,2015,23(4):222-224.

[17] 游璟,倪九派,黄容,等.柑橘/大球盖菇套作下土壤 CO_2 排放及其效率对秸秆还田量的响应[J].环境科学,2019,40(10):4708-4717.

[18] 龚赛.林下大球盖菇栽培对土壤养分及微生物的影响[D].山东 泰安:山东农业大学,2017.

[19] 农金花.果菇间作系统下紫色土碳氮组分变化特征及其相互关系研究[D].重庆:西南大学,2017.

[20] 国家环境保护总局. GB3838-2002,地表水环境质量标准[S].北京:国家环境保护总局,2002.

[21] 张洋,刘月娇,倪九派,等.柑橘/大球盖菇间作对三峡库区紫色土活性有机碳库的影响[J].草业学报,2015,24(5):53-65.

[22] 段丽华,甘云浩,周彬,等.林下种植大球盖菇对土壤的影响研究[J].林业调查规划,2019,44(1):58-63.

[23] 李霄.拱棚辣椒:大球盖菇轮作改良土壤试验[J].蔬菜,2018(8):18-20.

[24] 金相灿,胡小贞.湖泊流域清水产流机制修复方法及其修复策略[J].中国环境科学,2010,30(3):374-379.

[25] 王心.洱海流域入湖河流清水产流机制修复技术集成[D].陕西 西安:西安科技大学,2017.

[26] 赵永宏,邓祥征,战金艳,等.我国湖泊富营养化防治与控制策略研究进展[J].环境科学与技术,2010,33(3):92-98.

[27] Tsugiyuki Masunaga, Kuniaki Sato, Junichi Mori, et al. Characteristics of wastewater treatment using a multi-soil-layering system in relation to wastewater contamination levels and hydraulic loading rates [J]. Soil Science and Plant Nutrition, 2010,53(2):215-223.