

幼龄茶园套种广金钱草对土壤理化性质及酶活性的影响

徐石兰¹, 邓盈¹, 石瑞敏², 黎永斌³, 宁明岸⁴, 谢晓玲¹, 陈永斌¹, 陈颖慧¹, 黄英晴¹, 江智艺¹, 廖珍承¹, 蒲琦^{1*}

(1.梧州市农业科学研究所/梧州市药用植物研究所/广西农业科学院梧州分院, 广西 梧州 543000;

2.藤县农作物环境保护站, 广西 梧州 543300; 3.梧州市农村投资发展有限公司, 广西 梧州 543003;

4.广西生态工程职业技术学院, 广西 柳州 545004)

摘要:探究幼龄茶园梯壁套种广金钱草对土壤理化性质及酶活性的影响,为“茶-药”套种模式应用提供依据。通过在幼龄茶园梯壁套种广金钱草,以清耕为对照,测定土壤有机质含量、矿物质元素含量及酶活性。结果表明:套种广金钱草15个月后,在0~10 cm、10~20 cm和20~30 cm土层中,土壤有机质含量均高于对照,且随着土层加深有机质含量逐渐减少并呈显著性差异;在不同土层深度中,土壤全氮、碱解氮、速效钾和有效磷含量高于对照,全钾含量低于对照,且碱解氮和有效磷含量与对照有显著性差异,随着土层加深,土壤碱解氮、速效钾和有效磷含量呈显著性下降的变化趋势;在不同土层深度中,土壤亮氨酸氨基肽酶(LAP)和N-乙酰基葡萄糖苷酶(NAG)酶活性显著高于对照,随着土层加深,N-乙酰基葡萄糖苷酶(NAG)酶活性逐渐减少并呈显著性差异,亮氨酸氨基肽酶(LAP)酶活性先减少后增加且不同土层之间呈显著性差异;土壤过氧化氢酶(CAT)、脲酶(UE)、蔗糖酶(SC)和酸性磷酸酶(ACP)酶活性高于对照,随着土层加深,过氧化氢酶(CAT)、脲酶(UE)和蔗糖酶(SC)酶活性逐渐下降,酸性磷酸酶(ACP)酶活性先下降后上升,且蔗糖酶(SC)酶活性在不同土层之间呈显著性差异。因此,在幼龄茶园梯壁套种广金钱草,能提高土壤酶活性和土壤肥力,“茶-广金钱草”套种模式适合在生产上推广应用。

关键词:幼龄茶园;套种;广金钱草;土壤理化性质;酶活性

中图分类号:S571.1

文献标识码:A

文章编号:1674-5868-(2023)06-0014-05

中国作为茶叶的故乡,种茶、制茶、饮茶已有数千年的历史。茶产业作为我国传统的优势特色产业,在乡村振兴中发挥着重要作用。近年来,广西壮族自治区党委、政府高度重视广西六堡茶产业发展,先后出台了《打造千亿元茶产业发展实施意见》《关于促进广西茶产业高质量发展的若干意见》《加快推进广西六堡茶及特色优势茶产业高质量发展实施方案》等政策文件支持广西六堡茶产业发展^[1]。目前,以梧州地区为核心的“梧州六堡茶”产区茶园面积已达 2.08×10^4 hm²,2022年冬至2023年春天新建茶园面积达 6.9×10^3 hm²。由于新建茶园多为山地茶园,且茶农习惯采用传统清耕模式管理茶园,易造成茶园土壤结构破坏、水土流失、地力衰退等问题。目前,我国部分茶园通过间作套种作物,如茶-林^[2]、茶-果^[3]、茶-药^[4]、茶-

肥^[5]、茶-牧^[6]等间作套种模式,可改良茶园土壤、增加土壤肥力、减少水土流失、改善茶园生物种群等,从而促进茶树生长、有效提高茶叶产量和品质。李煦红等发现在茶园间作广金钱草后,可减少茶园病虫害发生、有效防控杂草,提高茶叶品质^[7]。研究采用“茶-药”套种模式,通过在幼龄茶园的梯壁套种广金钱草,探究套种广金钱草对茶园土壤理化性质及酶活性的影响,以期“茶-药”套种模式应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地

供试茶园为梧州市盛丰生态科技发展有限公司,位于广西梧州市长洲区的摩天茶海六堡茶核心茶园,该地处东经111°11'38",北纬23°30'57",地形为丘陵,

收稿日期:2023-08-10

基金项目:广西科技重大专项(桂科AA20302018-8),广西壮族自治区农业专项转移支付资金项目“基层农业技术推广服务能力提升”(2023)。

第一作者简介:徐石兰(1992-),女,农艺师,主要从事农业栽培技术与推广应用工作;E-mail:1127812301@qq.com。

通讯作者:蒲琦(1985-),男,农艺师,主要从事农业栽培技术与推广应用工作;E-mail:gxupuqi@163.com。

土壤为红黄壤,pH值为5.0~6.5,土层深厚,肥力中等。该地区属南亚热带季风气候,雨水充沛、阳光充足。茶园于2022年2月开梯级后进行种植,梯级宽约50 cm,种植沟深约30 cm,每667 m²施入商品有机肥1 t,种植茶树品种为1年生苍梧群体种扦插苗,按单行种植模式,株距约30 cm,每667 m²种植密度约为2500株。茶园管理水平中等。

1.2 试验材料

试验材料为广金钱草种子,采购于广西玉林,为当地常规栽培品种。

1.3 试验设计

试验于2022~2023年进行。采用单因素随机区组设计,共设2个处理,一是在茶园梯壁套种广金钱草;二是清耕对照(CK)。每个处理设3次重复,共6个小区,每个小区长5 m,宽1 m,面积5 m²。广金钱草播种时间为2022年4月14日,种子在播种前用常温清水浸泡12 h,捞出晾干后按种子:沙子=1:4(体积比)混匀,按照7.5 g/m²播种量均匀洒在梯壁上,播种完成后用水浇透。套种广金钱草区域和对照区域根据杂草生长情况定期人工除草(土样采集前3个月不进行除草)。

1.4 土样采集与处理

在2023年7月14日,在套种广金钱草区域和清耕区域(对照)按照“M”取样法采集土壤样品,共取5个点,按照0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm土层分层取土样,将每个取样点的每个土层的土样去除混杂的石子和其他杂质后混匀,带回实验室处理。每个土层土样按照四分法取土0.5 kg,在室内阴干,用于土壤理化性质和土壤酶活性的测定。

1.5 测定内容与方法

1.5.1 土壤理化性质测定

土壤有机质含量采用重铬酸钾氧化-分光光度法测定有机碳含量(HJ615-2011)后进行换算即可(土壤有机质含量=土壤有机碳×1.724),土壤全氮采用自动定氮仪法测定(NY/T 1121.24-2012),土壤碱解氮采用滴定法测定(DB51/T 1975-2014),土壤全磷采用分光光度法测定(GB 9837-88),土壤全钾采用火焰光度法测定(GB 9836-88),土壤速效钾采用乙酸铵-火焰光度计法测定(NY/T 889-2004),土壤有效磷采用分光光度计测定(NY/T 1121.7-2014)。

1.5.2 土壤酶活性测定

土壤过氧化氢酶(CAT)、土壤脲酶(UE)、土壤蔗糖酶(SC)、土壤酸性磷酸酶(ACP)、土壤亮氨酸氨基肽酶(LAP)和土壤N-乙酰葡萄糖苷酶(NAG)均采用上海茁彩生物科技有限公司提供的试剂盒进行测定。

1.6 统计分析

试验数据使用Excel 2010进行整理,利用SPSS 19.0进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 幼龄茶园套种广金钱草对不同土层深度土壤有机质的影响

由表1和表2可知,在0~10 cm、10~20 cm和20~30 cm土层中,套种广金钱的土壤有机质含量均高于对照,比对照分别高48.10%、46.27%和6.59%,其中0~10 cm和10~20 cm土层土样与对照比较有显著性差异,20~30 cm土层土样与对照比较无显著性差异;随着土层加深,套种广金钱草的土壤有机质含量显著减少,0~10 cm土层有机质含量比10~20 cm土层高67.81%,比20~30 cm土层高103.48%。

表1 不同土层土壤有机质含量变化

处理	有机质含量(mg/g)		
	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm
套种广金钱草	21.06±0.52a	12.55±0.52a	10.35±0.51a
对照	14.22±0.38b	8.58±0.13b	9.71±0.18a

注:同一列数值后不同小写字母表示差异有统计学意义($P<0.05$),下同。

表2 套种广金钱草不同土层土壤有机质含量变化

土层深度(cm)	有机质含量(mg/g)
0~10	21.06±0.52a
10~20	12.55±0.52b
20~30	10.35±0.51c

2.2 幼龄茶园套种广金钱草对不同土层深度土壤矿质元素的影响

从表3可知,在0~10 cm土层中,套种广金钱草的土壤碱解氮、速效钾和有效磷含量显著高于对照,分别较对照高34.11%、39.35%和60.98%;全磷含量显著低于对照,较对照低17.48%;全氮含量高于对照,全钾含量低于对照,但与对照均无显著性差异。从表4可知,在10~20 cm土层中,套种广金钱草的土壤全氮、碱解氮、速效钾和有效磷含量显著高于对照,分别较对照高18.86%、60.15%、18.51%和48.95%;全钾含量显著低于对照,较对照低27.77%;全磷含量高于对照,但与对照无显著性差异。从表5可知,在20~30 cm土层

中,套种广金钱草的土壤碱解氮和有效磷显著高于对照,分别较对照高6.13%和6.35%;全氮、全磷和速效钾含量高于对照,但与对照无显著性差异;全钾含量显著低于对照,较对照低19.99%。从表6可知,随着土壤深度逐渐增加,套种广金钱草的土壤全氮和全钾含量呈先下降后上升的变化趋势,10~20 cm土层的全钾含量与0~10 cm和20~30 cm土层呈显著性差异;碱解氮、速效钾和有效磷含量呈现逐渐下降的变化趋势,且不同土层深度间呈现显著性差异;全磷含量呈现先上升后下降变化趋势,但不同土层深度之间无显著性差异。

表3 0~10 cm土层土壤矿质元素含量变化

处理	全氮(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	全磷(mg/kg)	全钾(g/kg)	速效钾(mg/kg)	有效磷(mg/kg)
套种广金钱草	2.90±0.58a	123.76±1.51a	957.69±101.51b	33.69±1.18a	102.13±1.89a	21.25±0.24a
对照(CK)	2.24±0.17a	92.28±2.00b	1160.62±58.30a	36.18±1.07a	73.29±0.96b	13.20±0.70b

表4 10~20 cm土层土壤矿质元素含量变化

处理	全氮(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	全磷(mg/kg)	全钾(g/kg)	速效钾(mg/kg)	有效磷(mg/kg)
套种广金钱草	2.71±0.11a	78.44±3.08a	1086.88±61.35a	29.70±1.79b	74.72±0.72a	14.15±0.28a
对照(CK)	2.28±0.05b	48.98±2.28b	1083.37±37.75a	41.12±0.60a	63.05±1.50b	9.50±0.40b

表5 20~30 cm土层土壤矿质元素含量变化

处理	全氮(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	全磷(mg/kg)	全钾(g/kg)	速效钾(mg/kg)	有效磷(mg/kg)
套种广金钱草	3.40±0.32a	71.49±0.42a	1061.71±71.13a	34.42±0.76b	70.54±1.02a	12.23±0.04a
对照(CK)	3.34±0.07a	67.36±1.04b	1031.82±33.39a	43.02±0.79a	68.39±1.74a	11.50±0.18b

表6 套种广金钱草不同土层土壤矿质元素含量变化

土层深度(cm)	全氮(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	全磷(mg/kg)	全钾(g/kg)	速效钾(mg/kg)	有效磷(mg/kg)
0~10	2.90±0.58ab	123.76±1.51a	957.69±101.51a	33.69±1.18a	102.13±1.89 a	21.25±0.24a
10~20	2.71±0.11bc	78.44±3.08b	1086.88±61.35a	29.70±1.79b	74.72±0.72b	14.15±0.28b
20~30	3.40±0.32 a	71.49±0.42c	1061.71±71.13a	34.42±0.76a	70.54±1.02c	12.23±0.04c

2.3 幼龄茶园套种广金钱草对不同土层深度土壤酶活性的影响

从表7可知,在0~10 cm土层中,套种广金钱草的土壤过氧化氢酶(CAT)、蔗糖酶(SC)、酸性磷酸酶(ACP)、亮氨酸氨基肽酶(LAP)和N-乙酰基葡萄糖苷酶(NAG)酶活性均显著高于对照,分别较对照高

8.67%、7.53%、31.04%、23.44%和10.80%;土壤脲酶(UE)酶活性高于对照,但与对照无显著性差异。从表8可知,在10~20 cm土层中,套种广金钱草的土壤过氧化氢酶(CAT)、亮氨酸氨基肽酶(LAP)和N-乙酰基葡萄糖苷酶(NAG)酶活性显著高于对照,分别较对照高6.20%、11.67%和18.66%;土壤脲酶(UE)、蔗糖酶(SC)

和酸性磷酸酶(ACP)酶活性高于对照,但与对照无显著性差异。从表9可知,在20~30 cm土层中,套种广金钱草的土壤脲酶(UE)、酸性磷酸酶(ACP)、亮氨酸氨基肽酶(LAP)和N-乙酰基葡萄糖苷酶(NAG)酶活性显著高于对照,分别较对照高6.14%、9.94%、12.28%和10.68%;土壤过氧化氢酶(CAT)和蔗糖酶(SC)酶活性高于对照,但与对照无显著性差异。从表10可知,随着土壤深度逐渐增加,套种广金钱草的土壤过氧化氢酶(CAT)、脲酶(UE)、蔗糖酶(SC)和N-乙酰基葡萄糖苷酶(NAG)酶活性呈现逐渐下降的趋势,其中,土壤

蔗糖酶(SC)和N-乙酰基葡萄糖苷酶(NAG)酶活性在不同土层之间呈显著性差异,土壤过氧化氢酶(CAT)酶活性在不同土层之间无显著性差异,20~30 cm土层中的土壤脲酶(UE)酶活性与0~10 cm土层和10~20 cm土层有显著性差异;土壤酸性磷酸酶(ACP)和亮氨酸氨基肽酶(LAP)酶活性随土层加深呈先下降后上升的变化趋势,亮氨酸氨基肽酶(LAP)酶活性在不同土层之间有显著性差异,0~10 cm土层的土壤酸性磷酸酶(ACP)酶活性与10~20 cm土层和20~30 cm土层有显著性差异。

表7 0~10 cm土层土壤酶活性变化

处理	CAT($\mu\text{mol/d/g}$)	UE(U/g)	SC(U/g)	ACP(nmol/d/g)	LAP(U/g)	NAG(U/g)
套种广金钱草	51.00 \pm 0.98a	200.20 \pm 4.22a	236.57 \pm 2.24a	6798.05 \pm 54.99a	6.32 \pm 0.52a	8.72 \pm 0.27a
对照(CK)	46.93 \pm 1.60b	191.95 \pm 15.95a	220.00 \pm 2.68b	5187.88 \pm 105.00b	5.12 \pm 0.03b	7.87 \pm 0.30b

注:CAT为土壤过氧化氢酶、UE为土壤脲酶、SC为土壤蔗糖酶、ACP为土壤酸性磷酸酶、LAP为土壤亮氨酸氨基肽酶、NAG为土壤N-乙酰基葡萄糖苷酶,下同。

表8 10~20 cm土层土壤酶活性变化

处理	CAT($\mu\text{mol/d/g}$)	UE(U/g)	SC(U/g)	ACP(nmol/d/g)	LAP(U/g)	NAG(U/g)
套种广金钱草	48.50 \pm 1.31a	199.20 \pm 14.20a	213.74 \pm 11.65a	5951.86 \pm 344.00a	4.69 \pm 0.03a	7.63 \pm 0.70a
对照(CK)	45.67 \pm 0.96b	180.90 \pm 2.64a	205.23 \pm 1.88a	5795.59 \pm 96.48a	4.20 \pm 0.07b	6.43 \pm 0.10b

表9 20~30 cm土层土壤酶活性变化

处理	CAT($\mu\text{mol/d/g}$)	UE(U/g)	SC(U/g)	ACP(nmol/d/g)	LAP(U/g)	NAG(U/g)
套种广金钱草	47.52 \pm 2.51a	165.53 \pm 3.02a	206.57 \pm 4.78a	6111.76 \pm 171.47a	5.03 \pm 0.11a	6.63 \pm 0.07a
对照(CK)	44.48 \pm 0.93a	155.95 \pm 4.15b	200.30 \pm 5.38a	5559.31 \pm 62.66b	4.48 \pm 0.16b	5.99 \pm 0.04b

表10 套种广金钱草对不同土层土壤酶活性的影响

土层深度(cm)	CAT($\mu\text{mol/d/g}$)	UE(U/g)	SC(U/g)	ACP(nmol/d/g)	LAP(U/g)	NAG(U/g)
0~10	51.00 \pm 0.98a	200.20 \pm 4.22a	236.57 \pm 2.24a	6798.05 \pm 54.99a	6.32 \pm 0.52a	8.72 \pm 0.27a
10~20	48.50 \pm 1.31a	199.20 \pm 14.20a	213.74 \pm 11.65b	5951.86 \pm 344.00 b	4.69 \pm 0.25c	7.63 \pm 0.70b
20~30	47.52 \pm 2.51a	165.53 \pm 3.02b	206.57 \pm 4.78c	6111.76 \pm 171.47b	5.03 \pm 0.11b	6.63 \pm 0.07c

3 讨论与结论

在幼龄茶园套种广金钱草区域的土壤中,不同土层深度的全氮、碱解氮、速效钾、有效磷和有机质含量均高于对照,与段玉等在茶园种植绿豆和大豆时一致^[8],可能是由于广金钱草属豆科植物山蚂蝗属中的一种,

可与土壤中的根瘤菌形成根瘤共生并固氮,从而提高植株氮素水平,当地上部的广金钱草枝叶进入土壤后,土壤中的氮含量得到提高。此外,豆科作物的根系生长可能促进茶园的土壤矿化,释放土壤中的有效态磷、钾,使土壤中的有效磷和速效钾含量得到提高^[9],土壤全钾含量较对照降低可能是由于土壤中的有效

态钾在广金钱草的根系作用下被不断释放的同时被根系吸收,并且没有及时得到外源钾肥的补充,从而引起下降。土壤全磷含量在0~10 cm的浅土层中较对照减少17.48%,可能是由于广金钱草在根系生长发育过程对磷的需求量增大,在幼龄茶园套种的广金钱草第一年生长的根系主要集中在0~10 cm,在根系的作用下土壤中的有效态磷被不断释放的同时被根系吸收以满足植物生长需要,从而引起全磷含量下降。

土壤酶主要来源于土壤微生物代谢产物及植物根系分泌^[10-12],作为土壤生物活性及土壤肥力的重要组成部分,在土壤物质循环和能量转化过程中起着重要作用,是土壤质量潜在的敏感指标,其活性可以一定程度上反应土壤中各种生化反应的方向与强度,对维持土壤生态系统碳、氮平衡起着重要作用^[13-14]。研究中,在套种广金钱草区域的土壤过氧化氢酶(CAT)、脲酶(UE)、蔗糖酶(SC)、酸性磷酸酶(ACP)、亮氨酸氨基肽酶(LAP)和N-乙酰基葡萄糖苷酶(NAG)酶活性均高于对照,与户杉杉^[15]、段玉等^[18]研究一致,可能是由于套种广金钱草后,可增加土壤根系分泌物,改善根际土壤结构,从而促进土壤酶活性的增强。此外,可能由于广金钱草通过固氮作用提高自身营养物质水平,当其地上部枝叶进入土壤后,为土壤中的微生物提供了丰富的营养来源,有利于提高土壤微生物活性,从而使土壤酶活性得到提升。

综上所述,在幼龄茶园梯壁套种广金钱草,可以提高土壤中有机质、全氮、碱解氮、速效钾和有效磷含量,提高茶园土壤肥力。此外,土壤过氧化氢酶(CAT)、脲酶(UE)、蔗糖酶(SC)、酸性磷酸酶(ACP)、亮氨酸氨基肽酶(LAP)和N-乙酰基葡萄糖苷酶(NAG)酶活性得到增强,可促进土壤中各种酶促反应,对提高土壤营养物质水平有积极作用,可为后期茶苗生长提供养分支持。因此,“茶-广金钱草”套种模式适宜在幼龄茶园推广应用。

参考文献:

- [1] 邓倩,何新华,庞月兰,等. 六堡茶加工技术研究进展[J]. 南方园艺, 2023, 34(1): 67-73.
- [2] 陈美丽,王熙富. 茶林复合栽培模式及应用现状 [J]. 安徽农业科学, 2021, 49(13): 10-11+16.
- [3] 陆泰良,万保雄,林朝赐,等. 茶园间作桃树对夏茶绿茶品质的影响[J]. 南方园艺, 2021, 32(4): 75-79.
- [4] 张正群,田月月,高树文,等. 茶园间作芳香植物罗勒和紫苏对茶园生态系统影响的研究 [J]. 茶叶科学, 2016, 36(4): 389-395.
- [5] 王华,傅海平,周品谦,等. 茶园间作绿肥对土壤微生物群落代谢功能差异的影响[J]. 茶叶通讯, 2023, 50(3): 327-332.
- [6] 黄东风,王利民,李卫华,等. 茶园套种牧草对作物产量及土壤基本肥力的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(11): 1289-1293.
- [7] 李煦红,农红秋,蔡晓怡,等. 茶园间作广金钱草的综合评价[J]. 广东茶业, 2022(Z1): 25-30.
- [8] 段玉,邢弘擎,刘国栋,等. 茶树-绿豆/大豆间作对茶园土壤和茶叶品质的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2022, 45(3): 511-520.
- [9] Singh N B, Singh P P, Nair K P P. Effect of legume intercropping on enrichment of soil nitrogen, bacterial activity and productivity of associated maize crops [J]. *Experimental Agriculture*, 1986, 22(4) : 339-344.
- [10] Yao X H, Hang M, Lü Z H, et al. Influence of acetamiprid on soil enzymatic activities and respiration [J]. *European Journal of Soil Biology*, 2006, 42: 120-126.
- [11] Duarte B, Reboreda R, Cacador I. Seasonal variation of extracellular enzymatic activity and its influence on metal speciation in a polluted salt marsh [J]. *Chemosphere*, 2008, 73: 1056-1063.
- [12] Reboreda R, Cacador I. enzymatic activity in the rhizosphere of *Spartina maritima*: potential contribution for phytoremediation of metals[J]. *Marine Environmental Research*, 2008, 65: 77-84.
- [13] 孙计平,张玉星,李英丽,等. 生草对梨园土壤微生物、酶活性和腐殖质含量的影响 [J]. 果树学报, 2016, 33(S1): 129-135.
- [14] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [15] 户杉杉,高水练,郭彬,等. 套种紫花苜蓿对茶园土壤及茶叶品质的影响[J]. 茶叶通讯, 2019, 46(2): 154-161.