

套种绿肥对茶园土壤理化性状的影响^①

宋莉, 廖万有*, 王焯军, 苏有健, 张永利, 罗毅, 孙力

(安徽省农业科学院茶叶研究所, 安徽祁门 245600)

摘要:通过田间小区试验,以不套种任何绿肥处理为对照,研究了白三叶(*Trifolium repens* L.)、多年生黑麦草(*Lolium perenne* L.)和两者混播的3种套种模式对茶园土壤理化性状及环境小气候的影响。结果表明:茶园套种绿肥有降低土壤体积质量、降低土壤紧实度、改善土壤气相和液相比比例的趋势,套种绿肥可明显降低地表、5 cm、10 cm和15 cm土层温度,减小土壤温度变幅。最高温时,各土层降温效果均为:黑麦草>白三叶>混播。绿肥处理的土壤有机质含量、全氮含量、速效磷含量和速效钾含量较对照有所增加,增幅分别为6.67%~12.6%、0.8%~15.2%、24.1%~26.7%和6.8%~88.9%。绿肥处理与对照相比,土壤微生物数量明显增加:细菌数量、真菌数量、放线菌数量分别是对照的1.75倍~2.58倍、1.22倍~1.88倍和1.15倍~1.46倍。因此,茶园套种白三叶和套种黑麦草对土壤生态环境效应的改善和茶园土壤基本肥力的效果相对更佳,值得在生产上进一步推广应用。

关键词:白三叶;黑麦草;物理性状;肥力;土壤温度;土壤微生物

中图分类号:S571.1

绿肥是指可以利用其生长过程中所产生的全部或部分鲜体,直接或间接翻压到土壤中作肥料;或者是通过它们与主作物的间套轮作,起到促进主作物生长、改善土壤性状等作用的作物^[1]。种植绿肥可使土壤疏松、孔隙度增大、降低土壤紧实度,从而降低土壤体积质量^[2-3]。绿肥植株覆盖地面,减少地表水分散失,减小土壤温度变幅^[4-6]。

茶树是一种喜温、喜湿的多年生深根系作物,一旦栽植即长期固定,不能经常翻耕,随着茶树的生长,采茶、施肥等管理作业只能在茶行中进行,行间土壤长期受人影响^[7],土壤板结退化严重,加之茶园中肥料和农药的不合理施用,茶园生态环境日渐恶劣,严重制约茶树的生长发育及高产稳产的获得^[8-9]。作为我国传统的有机肥源,绿肥是解决上述问题的有效、实用、经济、便捷的方法^[1]。间作生草已经成为许多国家和地区普遍采用的果园土壤管理模式^[10],但我国茶树栽培方面长期受“草与树争水争肥”理论的影响,茶园套种绿肥的报道较少。有研究表明茶园套种经济绿肥可在高温期降低地表温度,提高土层含水量,增加土壤速效养分,减少泥沙流失量,茶园生态环境明显改善,茶园经济效益显著提高^[11-13]。本文

通过田间小区试验,以不套种任何绿肥处理为对照,研究白三叶、多年生黑麦草和两者混播的3种套种模式对茶园土壤理化性状及环境小气候的影响,以期期为茶园合理利用和改良提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在谢裕大茶叶股份有限公司唐模生态示范茶园进行。该地地处黄山市徽州区,属亚热带季风气候,四季分明,日照充足,无霜期较长,季风气候明显,年均气温15.5℃~16.5℃,降水量在1300~1700 mm之间。茶树为15年生群体种,树势中等。供试绿肥为白三叶和黑麦草。

1.2 试验设计

试验共设4个处理:对照;白三叶;黑麦草;白三叶和黑麦草混播。每2条茶行沟为1个处理,每条茶行播种40 m,每个处理3次重复,随机区组排列。茶园行间翻耕耙平后播种,绿肥在茶树行间撒播,绿肥行距30 cm。播种量为:黑麦草22.5 kg/hm²,白三叶15 kg/hm²,混播黑麦草用量18 kg/hm²、白三叶6 kg/hm²,均为常规播种量,对照处理自然

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-23-03A)和国家技术创新工程试点省专项资金项目(13Z03097)资助。

* 通讯作者(lwanyou@126.com)

作者简介:宋莉(1987—),女,吉林白山人,硕士,主要从事植物营养学研究。E-mail: 1036232321@qq.com

生草。茶树施肥及其他管理按照当地常规措施进行。黑麦草植株高于 25 cm 时割刈,每次留茬不低于 5 cm。

1.3 测定指标与方法

绿肥成熟后测定田间 0~15 cm 土壤紧实度,同时将纽扣温度记录仪埋在距土表 0、5、10、15 cm 的绿肥下方,设置为每 2 h 自动测定 1 次,共测 55 天。取 0~15、15~30 cm 土壤样品,带回实验室测定计算茶园土壤体积质量、比重、总孔隙度、固液气三相比、微生物数量(鲜土)、pH、全氮、速效磷、速效钾、有机质。

土壤紧实度用土壤紧实度仪(TJSD-750,浙江托普仪器公司)测定;土壤体积质量用环刀法测定;土壤比重用比重瓶法测定,计算土壤总孔隙度和三相比;土壤温度用纽扣式温度记录仪 Ds1923 测定;土壤微生物用微生物平板计数法测定;土壤 pH 用 pH 计测定;全氮含量用半微量凯氏定氮仪测定;速效磷含量用 NaHCO_3 浸提-钼锑抗比色法测定;速效钾含量用 NH_4OAc 浸提-火焰光度计法测定;有机质含量用重铬酸钾外加热法测定。

1.4 数据处理

采用 Excel 2003 进行图表处理,DPS7.05 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同绿肥对茶园土壤物理性状的影响

种植不同绿肥对茶园土壤主要物理性状的影响见表 1。与对照处理相比较,茶园种植不同绿肥均有降低土壤体积质量、降低土壤紧实度、增大土壤总孔隙度、改善土壤气液固三相比的趋势。各处理间土粒密度差异不显著。除混播处理外,白三叶和黑麦草处理的土壤体积质量比对照分别降低了 19.6% 和 26.1%。种植绿肥处理的土壤紧实度比对照处理降低 3.4%~11.6%,其中黑麦草处理对降低土壤紧实度效果最为明显。对土壤总孔隙度的影响,黑麦草处理提高幅度最大为 5.6%,白三叶处理次之为 3.2%,混播处理提高幅度最小为 0.5%。不同绿肥处理均可降低土壤固相率,提高土壤气相和液相比例,其中白三叶和黑麦草处理的土壤气相比例增加 3.2% 和 21.4%,白三叶和混播处理的土壤液相比例增加 3.3% 和 2.8%。

表 1 不同绿肥对茶园土壤物理性状的影响
Table 1 Effects of different green manures on soil physical properties of tea plantation

处理	土粒密度 (g/cm^3)	体积质量 (g/cm^3)	紧实度 (kPa)	总孔隙度 (%)	气相:液相:固相 (%)
对照	2.68 a	1.53 a	1 340.17 a	42.76 a	13.66 b:29.09 b:57.24 a
白三叶	2.68 a	1.50 b	1 276.79 a	44.15 a	14.02 b:30.13 a:55.85 a
黑麦草	2.69 a	1.49 b	1 184.67 a	45.18 a	16.62 a:28.55 b:54.82 a
混播	2.69 a	1.55 a	1 294.53 a	42.54 a	13.48 b:29.06 b:57.06 a

注:同列数据小写字母不同表示处理间差异达到 $P<0.05$ 显著水平,下同。

2.2 不同绿肥对茶园土壤温度的影响

由图 1 可知,绿肥处理与对照比较可明显降低地表、5 cm、10 cm 和 15 cm 土层温度,减小土壤温度变幅。最高温时,各土层不同绿肥处理较对照分别降低 0.21~0.78℃、0.08~1.45℃、0.88~1.32℃ 和 0.56~1.30℃,降温效果均为:黑麦草>白三叶>混播。最低温时,地表除黑麦草处理外,白三叶和混播处理较对照均有所上升,5 cm 土层除白三叶处理外,黑麦草和混播处理较对照均有所上升,10 cm 和 15 cm 土层绿肥处理均低于对照。地表日温差绿肥处理较对照减小幅度为:白三叶 0.62℃>黑麦草 0.61℃>混播 0.48℃;5 cm 土层为:黑麦草 1.49℃>白三叶 0.35℃>混播 0.11℃;10 cm 土层为:黑麦草 1.31℃>混播 0.74℃>白三叶 0.69℃;15 cm 土层为:黑麦草 0.85℃>白三叶 0.64℃>混播 0.52℃。

不同土层间比较,一日最高温地表出现在中午

12 点,5 cm 和 10 cm 土层在 16 点,15 cm 土层在 18 点;一日最低温地表出现在早上 4 点,5 cm 土层在 6 点,10 cm 和 15 cm 土层在 8 点。5、10 和 15 cm 土层的最高温与最低温呈现时间有明显的延缓滞后效应。

种植不同绿肥对茶园不同土层各时期温度的影响见图 2。0~15 cm 土层大部分时间,套种绿肥处理每天的温度均低于对照处理。套种绿肥处理的地表温度比对照低 0.01~1℃,5 cm 土层温度比对照低 0.05~1.97℃,10 cm 土层温度比对照低 0.22~1.6℃,15 cm 土层温度比对照低 0.01~1.75℃,表明茶园套种绿肥可明显降低土壤各土层温度,其原因主要在于绿肥阻隔了太阳对土壤的直接辐射。

2.3 不同绿肥对茶园土壤肥力的影响

种植不同绿肥对茶园土壤肥力的影响见表 2。茶园套种绿肥可显著提高土壤肥力,绿肥处理与对照比较,除白三叶处理的 pH 降低外,黑麦草和混播处理

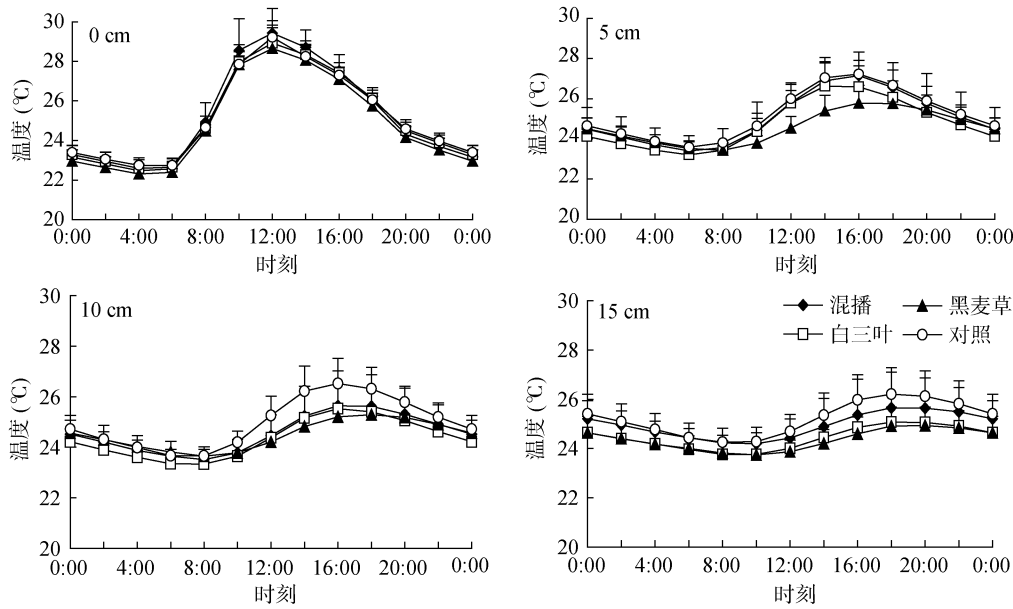


图 1 不同绿肥对茶园土壤不同土层温度日变化的影响

Fig. 1 Effects of different green manures on daily soil temperatures in different layers of tea plantation

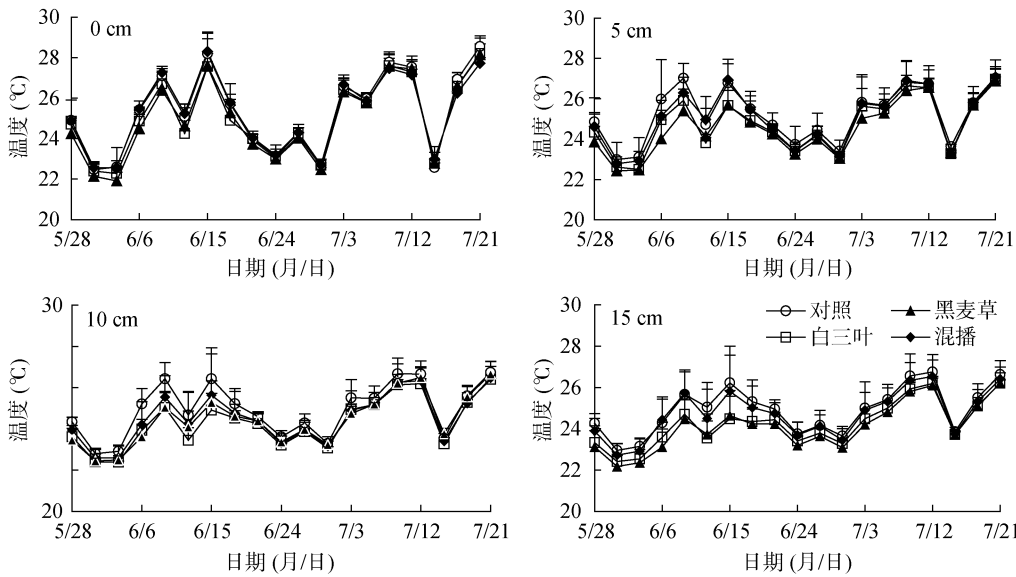


图 2 不同绿肥对不同时期茶园各土层温度的影响

Fig. 2 Effects of different green manures on soil temperatures in different layers of tea plantation in different periods

表 2 不同绿肥对茶园土壤肥力的影响

Table 2 Effects of different green manures on soil fertility of tea plantation

处理	pH(H ₂ O)	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	速效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)
对照	4.49 a	23.72 a	1.25 b	6.73 b	71.69 d
白三叶	4.35 a	25.30 a	1.26 b	8.49 a	76.59 c
黑麦草	4.50 a	26.66 a	1.41 ab	8.35 a	135.39 a
混播	4.61 a	26.72 a	1.44 a	8.53 a	98.15 b

的 pH 分别提高了 0.2% 和 2.7%。绿肥处理的有机质含量均高于对照, 平均提高 2.49 g/kg。绿肥处理的土壤全氮含量、速效磷含量和速效钾含量较对照有所增加, 增幅分别为 0.8%~15.2%、24.1%~26.7% 和 6.8%~88.9%, 其中混播处理的土壤全氮含量和速效磷含量

增幅最高, 黑麦草处理的土壤速效钾含量增幅最高。

2.4 不同绿肥对茶园土壤微生物的影响

由表 3 可以看出, 茶园根际微生物组成以细菌为主, 放线菌次之, 真菌数量最少。绿肥处理与对照相比, 土壤微生物数量明显增加: 细菌数量是对照的

表 3 不同绿肥对茶园土壤微生物的影响(cfu/g)
Table 3 Effects of different green manures on soil microorganisms of tea plantation

处理	细菌($\times 10^6$)	真菌($\times 10^5$)	放线菌($\times 10^6$)
对照	1.2 c	0.9 b	1.3 c
白三叶	2.1 b	1.5 a	1.5 b
黑麦草	3.1 a	1.7 a	1.9 a
混播	2.4 b	1.1 b	1.7 ab

1.75 倍 ~ 2.58 倍, 真菌数量是对照的 1.22 倍 ~ 1.88 倍, 放线菌数量是对照的 1.15 倍 ~ 1.46 倍。其中黑麦草处理的细菌、真菌和放线菌的数量均最高, 比对照高出 158.3%、88.8% 和 46.2%, 呈显著差异。

3 小结与讨论

茶园套种绿肥有降低土壤体积质量、降低土壤紧实度、增大土壤总孔隙度、改善土壤气液固三相相比的趋势。其中土壤紧实度比对照处理降低 3.4% ~ 11.6%, 土壤总孔隙度提高 0.5% ~ 5.6%, 白三叶和黑麦草处理的土壤气相比例增加 3.2% 和 21.4%, 白三叶和混播处理的土壤液相比例增加 3.3% 和 2.8%。种植绿肥能提高土壤孔隙度、降低土壤体积质量主要原因可能有两方面: 绿肥自身根系的生长, 使得土壤疏松, 孔隙度增大, 降低土壤紧实度, 从而降低土壤体积质量; 套种的绿肥根系腐烂后, 有机物被微生物分解利用, 留下原根系生长的空间, 从而增加了土壤孔隙度, 促进土壤空气与大气的交换, 因此种植绿肥是改善土壤物理性质的重要措施。

茶园套种绿肥可明显降低地表及各土层温度, 减小土壤温度变幅, 其中黑麦草处理降温效果最明显, 平均日变化最高温中可降低 0 ~ 15 cm 土温 0.21 ~ 1.44℃, 平均日温差减小 0.21 ~ 1.31℃。白三叶和混播处理次之, 最高温时分别降低 0.1 ~ 1.11℃ 和 0.08 ~ 0.88℃, 平均日温差减小 1.92 ~ 0.69℃ 和 0.16 ~ 0.74℃。不同绿肥处理各土层温度较对照均有所降低, 有可能是绿肥生长过程中茎叶对地表的遮蔽作用, 在高温时减缓地温上升, 低温时(夜晚)防止热量散失, 干旱时减少表土水分蒸发, 提高土壤含水量, 为主作物创造良好的生长条件^[14-16]。土壤微生物的数量直接影响土壤的生物化学特性及土壤养分的组成与转化, 是衡量土壤肥力高低的重要指标^[17-18]。茶园套种绿肥后, 土壤微生物数量明显增加, 其中黑麦草处理的细菌、真菌和放线菌的数量均最高, 与其他处理差异显著。套种绿肥对土壤生物活性的影响是多方面的。首先, 绿肥根系生长的机械作用, 使得土壤疏松, 为土壤生物生长创造了有利条件; 其次绿肥

在生长活动和吸收养分过程中分泌有机物, 为根际微生物提供营养和能源物质, 从而提高微生物的数量和活力^[19-20]。

茶园套种绿肥可显著提高土壤肥力, 本试验绿肥处理的土壤有机质含量、全氮含量、速效磷含量和速效钾含量较对照均有所增加, 增幅分别为 6.67% ~ 12.6%、0.8% ~ 15.2%、24.1% ~ 26.7% 和 6.8% ~ 88.9%。此结果与黄东风等^[21]在茶园套种牧草后土壤速效钾含量下降 0.02% ~ 51.67% 的研究结果不同, 分析原因可能是地理差异所致。茶园中套种绿肥后, 大量的残根、落叶、枯茎和鲜草在土壤中降解可提高有机质含量, 且绿肥生长减少了对土壤的耕作扰动次数, 增加土壤覆盖度, 避免土壤的过度通气, 降低土壤有机质的分解转化, 同时增加微生物的数量, 改善土壤酶的活性。另外豆科绿肥根系的根瘤菌可有效固定空气中游离的氮素, 从而增加土壤氮素含量^[22-23], 有机物料还可为微生物供给所需的能源和磷养分^[24], 饱和土壤表面上的磷固定点, 减少对磷的固定, 提高土壤磷的有效性, 进而提高土壤肥力。

综合上述研究结果, 茶园套种绿肥可有效改善土壤的物理化学性状及环境小气候, 为茶树创造良好的生长条件, 为茶树高产提供有力保障。

参考文献:

- [1] 曹卫东, 徐昌旭. 中国主要农区绿肥作物生产与利用技术规程[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2010: 1-3
- [2] 李成亮, 孔宏敏, 何园球. 施肥结构对旱地红壤有机质和物理性质的影响[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 116-119
- [3] 吴志丹, 尤志明, 江福英, 等. 行间覆盖绿肥对幼龄茶园土壤理化性状的影响[J]. 福建农业学报, 2013, 28(12): 1285-1290
- [4] 宋同清, 肖润林, 彭晚霞, 等. 亚热带丘陵茶园间作白三叶的土壤环境调控效果[J]. 生态学杂志, 2006, 25(3): 281-285
- [5] 惠竹梅, 李华, 张振文, 等. 行间生草对葡萄园微气候和葡萄酒品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2004, 32(10): 33-37
- [6] 刘园, M. Jamal Khan, 靳海洋, 等. 秸秆生物炭对潮土作物产量和土壤性状的影响[J]. 土壤学报, 2015, 52(4): 849-858
- [7] 廖万有. 我国茶园土壤物理性质研究概况与展望[J]. 土壤, 1997(3): 121-124, 136
- [8] 舒庆龄, 赵和涛. 不同茶园生态环境对茶树生育及茶叶品质的影响[J]. 生态学杂志, 1990, 9(2): 13-17
- [9] 肖润林, 王久荣, 彭佩钦, 等. 长江流域丘陵茶园的生态问题研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(3): 585-589
- [10] Luce B. Five most important developments[J]. West Fruit Grower, 2004, 124(10): 13

- [11] 田永辉, 梁远发, 王国华, 等. 人工生态群落对茶园土壤物理化学性质影响的研究[J]. 土壤通报, 2002, 33(6): 406-409
- [12] 彭晚霞, 宋同清, 肖润林, 等. 亚热带丘陵区稻草覆盖对茶园土壤环境、茶叶品质改良及产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(4): 60-63
- [13] 刘义平. 新垦幼龄茶园套种经济绿肥的生态效应研究与应用[J]. 江西农业学报, 2011, 23(8): 17-18
- [14] 刘秀位, 苗文芳, 王艳哲, 等. 冬前不同管理措施对土壤温度和冬小麦早期生长的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(9): 1 135-1 141
- [15] 江燕, 史春余, 王振振, 等. 地膜覆盖对耕层土壤温度水分和甘薯产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(6): 627-634
- [16] 陈远学, 邓容成, 方瑾, 等. 不同覆盖栽培方式下四川盆地西缘玉米地土壤水温效应研究[J]. 土壤, 2015, 47(3): 608-616
- [17] Brookes P C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals[J]. Biology and Fertility of Soils, 1995, 19(4): 269-279
- [18] 倡国涵, 王瑞, 袁家富, 等. 绿肥与化肥配施对植烟土壤微生物群落的影响[J]. 土壤, 2013, 45(6): 1 070-1 075
- [19] 颜志雷, 方宇, 陈济琛, 等. 连年翻压紫云英对稻田土壤养分和微生物学特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(5): 1 151-1 160
- [20] 杨曾平, 高菊生, 郑圣先, 等. 长期冬种绿肥对红壤性水稻土微生物特性及酶活性的影响[J]. 土壤, 2011, 43(4): 576-583
- [21] 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 (11): 1-6
- [22] 李志芳, 朱春茂, 吴文良, 等. 白三叶草/根瘤菌共生固氮潜力及干旱限制因素[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(3): 639-644
- [23] 林新坚, 黄东风, 李卫华, 等. 施肥模式对茶叶产量、营养累积及土壤肥力的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(2): 151-157
- [24] Brookes P C, Powlson D S, Jenkinson D S. Phosphorus in the soil microbial biomass[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1984, 16(2): 169-175

Effects of Interplanting Green Manure on Soil Physico-chemical Characters in Tea Plantation

SONG Li, LIAO Wanyou*, WANG Yejun, SU Youjian, ZHANG Yongli, LUO Yi, SUN Li
(Tea Research Institution, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Qimen, Anhui 245600, China)

Abstract: A field experiment was conducted to study the effects of interplanting green manures on soil physico-chemical characters, soil fertility and environmental microclimate in tea plantation. The treatments included none-green manure (CK), interplanting white clover (*Trifolium repens* L.), interplanting perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and clover-ryegrass mixed sowing in tea gardens. Soil samples were collected from different layers of 0-5, 5-10 and 10-15 cm and the contents of organic matter, total nitrogen and rapid available phosphorus were determined, air temperature, relative humidity and soil temperature were measured. The results showed that interplanting green manure effectively reduced soil bulk density and soil compaction, improved the ratio of soil gas phase and liquid phase, reduced soil temperatures at surface, 5 cm, 10 cm and 15 cm depths significantly, decreased the amplitude of soil temperature. While at the highest temperature, the cooling effect of each soil layer were in order of ryegrass > white clover > mixed sowing. The contents of soil organic matter, total nitrogen, available phosphorus and available potassium under green manure treatments were higher than CK, increased by 6.67%-12.6%, 0.8%-15.2%, 24.1%-26.7% and 6.8%-88.9%, respectively. Green manure treatments increased significantly soil microbial quantity compared with CK, the number of bacteria, fungi and actinomycetes were 1.75-2.58 times, 1.22-1.88 times and 1.15-1.46 times of CK, respectively. The above results proved that the good effects and application prospect of interplanting white clover or perennial ryegrass in tea gardens in improving soil fertility and environmental microclimate.

Key words: White clover; Ryegrass; Physical properties; Soil fertility; Soil temperature; Soil microorganism