

亚热带丘陵茶园间作白三叶草的生态效应

宋同清¹, 王克林¹, 彭晚霞^{1,2}, 王久荣¹, 肖润林¹, 曾馥平¹, 汤 宇³

(1. 中国科学院亚热带农业生态研究所, 长沙 410125; 2. 湖南农业大学, 长沙 410128; 3. 长沙县湘丰茶厂, 长沙 410158)

摘要:在亚热带丘陵区 1a 生幼龄茶园通过连续 4a 的大田对比试验, 研究了茶园间作白三叶草的生态效应, 结果发现: 茶园间作白三叶草降低了土壤容重, 提高了土壤孔隙度、有机质、全 N、水解 N 的含量、K 的活性、蚯蚓的数量和生物量, 消耗了部分有效 P; 增加了土壤关键层次 (0~20cm) 和关键时期 (4~6 月) 的水分含量, 延缓和缩短了夏季高温干旱与秋季持续干旱时间; 获得了土壤降温时增温、保温与升温时降温的双向动态调控效果, 增加了同一层次土壤温度的稳定性, 延缓了高温和低温的出现时间, 缩短了过度高温时间, 减少了高温对茶树生长产生的影响; 抑制了杂草生长, 增加了天敌的种类和种群数量, 减少了虫害发生率。从而形成了立地环境-茶树-伴生生物群落系统自我调节的动态平衡, 促进了茶树生长, 改善了茶叶品质, 显著增加了茶叶产量。与清耕茶园相比, 茶园间作白三叶草后, 春秋茶的酚氨比分别下降了 17.10% 和 30.90%, 产量提高了 32.65%。

关键词:幼龄茶园; 间作白三叶草; 生态效应

文章编号: 1000-0933(2006) 11-3647-09 中图分类号: S181, S344.2 文献标识码: A

Ecological effects of intercropping white clover on tea plantation in a subtropical hilly region

SONG Tong-Qing¹, WANG Ke-Lin¹, PENG Wan-Xia^{1,2}, WANG Jiu-Rong¹, XIAO Run-Lin¹, ZENG Fu-Ping¹, TANG Yu³
(1. Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China; 2. Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 3. Xiangfeng Tea Factory, Changsha 410158, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(11): 3647~3655.

Abstract: Tea (*Camellia sinensis*) is a type of the important cash crops and widely cultivated in the hilly areas of the subtropical region of south China. In order to improve the yield and quality of tea in this region, the ecological effects of intercropping white clovers (*Trifolium repens*) were investigated in an field experiments set up in Dongxishan tea plantation in Baili Chalang (113°19' E, 28°33' N at an elevation of 135m), Changsha County, Hunan. Data obtained demonstrated that the soil porosity and the content of organic matter, total N, water-soluble N, and available K increased 4.4%, 24.1%, 33.3%, 30.3% and 16.1%, respectively, in the treatment intercropped with white clovers between the tea rows (a. 0.8), compared to those values measured in the control (the rows remained bare). However, the content of total K and available P decreased by 10.4% and 9.2% in the former treatment, presumably due to the uptakes of white clover. During the season when spring tea leaves produced (from April to June), and hot summer (July to August) and drought autumn (September to October) seasons when tea plants often damaged due to water shortage, water content in 0~20cm soil layer increased significantly by intercropping white clovers. In treatment intercropped with white clovers, soil temperature increased in winter and decreased in summer. Thus, intercropping white clovers protected tea plants from both of damages caused by coldness (<0℃) and hotness (>35℃).

基金项目:国家十五科技攻关资助项目(2004BA606-08); 中国科学院十五资助项目(NK十五-H01); 中国科学院知识创新资助项目(KZCX3-SW-426); 中国科学院农业重点课题资助项目(NK十五-D-04)

收稿日期:2005-08-24; **修订日期:**2006-02-10

作者简介:宋同清(1962~), 男, 湖北天门人, 副研究员, 主要从事农业生态研究. E-mail: songtongq@yahoo.com.cn

Foundation item: This worker was financially supported by the Science and Technology Attacking Project of National Tenth Five-year Plan of China (No. 2004BA606A-08), the National Tenth Five-year Project of Chinese Academy of Sciences (No. NK-15-H-01), the Knowledge Innovation Program of Chinese Academy of Sciences (No. KZCX3-SW-426) and the National "Tenth Five-year Plan" Key Project of Agriculture of Chinese Academy of Sciences (No. NK15-D-04)

Received date: 2005-08-24; **Accepted date:** 2006-02-10

Biography: SONG Tong-Qing, Associate professor, mainly engaged in agricultural ecology. E-mail: songtongq@yahoo.com.cn

In the treatment intercropped with white clovers, weeds were largely preserved, as their species, densities and total biomass decreased by 18.5%, 61.8%, and 87.5%; and the populations of *Ectropis griseescens*, *Empoasca vitis* and *Toxoptera aurantii*, which are the three types of main pests for tea, decreased by 80.00%, 81.94% and 31.40%, respectively; compared those in the control. However, the populations of araneas, coleopterans, and hymenopterans, which are the main natural enemies of the pests, increased by 84%, 129%, 110%, respectively; and the population and total biomass of earthworms increased by 4.15 ind./m² and 8.32 g/m² in this treatment.

In the treatment intercropped with white clovers, the total yield of tea increased by 32.6% and the ratio of polyphenol to amino acid (TP/FAA) of spring tea and autumn tea decreased by 17.10% and 30.90%, compared to those values for the control.

In conclusion, intercropping white clovers in tea plantations have multi-ecological function in improving soil properties, water conditions and temperature environment, controlling weeds and pests, and improving the yield and qualities of tea, and thus can be applied as a useful measure for tea cultivation in the hilly areas of the subtropical region.

Key words: young tea plantation; intercropping white clover; ecological effect

茶树 (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) 是亚热带常绿阔叶灌木, 具有喜漫射光、耐荫、喜湿、畏寒的特性, 其生长发育与茶园生态环境密切相关, 尤其是强光、高温、低温和冻害给茶树生长带来诸多不利的影响甚至死亡。为此, 近 30a 来, 国内外不少学者广泛开展了间作茶园生态效应及效益的研究^[1~4], 认为合理间作有利于土壤团粒结构的形成, 改善土壤物理状况, 提高土壤有机质含量和营养成分, 改善土壤肥力状况; 改善茶园小气候, 增强漫射光, 夏季降低温度, 冬季增加温度; 此外能拦截降雨, 储蓄水分, 减少径流, 防止水土流失, 抑制杂草和病虫害, 增加土壤微生物含量。从而促进茶树生长, 提高茶叶品质和产量。但是这些研究的侧重点都是高层间作 (与高于茶树的林果木间作) 和单项研究, 而低层间作, 特别是幼龄茶园的生草间作报道极少, 这是因为生草间作虽然已经成为了许多国家和地区广泛采用的果园土壤管理方法之一^[5~7], 但在我国, 特别是在茶树栽培方面由于受“草与树争肥争水”理论的影响, 长期以来, 茶园土壤管理一直以清耕占主导地位, 生草间作起步很晚, 至今还处于试验和推广应用阶段^[8]。白三叶草 (*Trifolium repens* Linn) 为豆科三叶草属多年生牧草, 茎匍匐生长, 长 30~60cm, 主根短, 侧根发达, 有根瘤固 N, 可大量固定空气中的 N 素, 春播的当年和秋播的次年就能形成密集草层, 草层高仅为 15~20cm, 耐践踏。白三叶草和茶树一样, 喜温凉湿润气候, 较耐荫耐湿, 对土壤要求不严, 在 PH 为 4.5~8.5 的土壤上均可生长, 目前已被农业部列为向全国推广果园生草覆盖技术的首选草种, 在果园土壤管理中得到了普遍应用。本试验从 2002~2005 年对幼龄茶园间作白三叶草进行了深入细致的研究, 结果发现, 与清耕茶园相比, 茶园的生态效应及茶树的生长状况、茶叶品质得到了明显的改善, 产量显著增加。

1 研究地区概况与研究方法

1.1 自然概况

试验地点位于湖南省长沙县百里茶廊的湘丰茶厂东西山设施茶园 (113°19' E, 28°33' N, 海拔 135m), 属于中亚热带南缘季风气候, 年平均气温 16.5~20.5, 1 月平均气温 11.9, 极端最低气温 -5.2, 7 月平均气温 27.9, 极端最高气温 39.1, ≥10 的有效积温 6539, 年平均降雨量 1389mm, 降雨多集中在 4~6 月份, 占全年降雨的 47.6%。土壤为花岗岩母质发育而成的红壤。

1.2 试验处理

试验茶树品种为福云早毫, 2001 年 2 月种植, 种植行为南北向, 行间距为 160cm。间作供试品种为白三叶草 (*Trifolium repens* Linn), 由湖南农业大学农学院草业科学系提供。2002 年 3 月播种, 播种量 4.5kg/hm², 另设清耕处理, 试验为大型小区对比试验, 每区面积为 2hm², 顺序排列。试验地为集中连片的缓坡平地, 其生态环境和管理水平完全一致。

1.3 试验观察与测定方法

1.3.1 土壤养分 土壤容重采用环刀法,测定时间为 2005 年 5 月;土壤有机质采用铬酸氧化还原滴定稀释法;全 N 采用半微量凯氏定氮法;全 P 采用硫酸高氯酸消煮钼锑抗比色法;水解 N 用碱解扩散法;速效 P 用碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法;速效 K 用 1mol/L 醋酸铵火焰光度计法测定,测定时间为 2004 年 11 月。

1.3.2 土壤水分 用对角线 5 点法取样,烘干法测定,取样层次为 0~20cm、20~40cm、40~60cm;取样时间为每次降雨 24h 之后,然后 1 次/3d;取样期限为 2004 年 4 月至 2005 年 4 月,平均 4~5 次/月。共取样品 1860 个。

1.3.3 温度观测 在每个处理中央设置地表温度计、曲管土壤温度计(天津市第八玻璃厂生产),所有温度计均由湖南省气象技术装备中心鉴定。在 2004 年 1 月 1 日~12 月 31 日,连续每天 7:00、9:00、11:00、13:00、15:00、17:00、19:00 共 7 次观测茶园 0cm、5cm、10cm、15cm、20cm 深处土壤温度、茶树树冠温度(离地 65cm 处)和茶园温湿度(离地 130cm)。共获得温度观测试验数据 41560 个。

1.3.4 杂草调查 每个处理取 5 个 200×100cm² 的小样方,现场观察记载杂草的种类、高度和密度,烘干法测定地上部的生物量,调查时间为 2005 年 3~8 月,1 次/月,其它时间只进行种类调查。

1.3.5 昆虫调查 每个处理按对角线取样调查 5 点,每点 1m² 茶丛,调查时间为 2005 年 3~8 月,1 次/月,其它时间只进行种类调查。每次调查从树冠至地面的昆虫、蜘蛛种类与数量,用小竹枝轻拂茶丛表面,计数飞行昆虫。对个体较大、数量较少、活动性强的种类如鳞翅目幼虫、蜡蝉、蜘蛛等现场计数。对个体较小、数量较多、不大活动的种类,如蚱蜢、粉虱、螨类等采用抽样调查,先将茶丛全部枝叶计数,然后按上中下三层各随机抽取 5 个 10cm 长的枝条,10 个成叶带回室内镜检计数,然后换算成标准枝叶估算全丛数量。对害虫只确认为害茶树的种类计数,对天敌在现场不能确认的带回室内鉴定。对寄生蜂、寄生蝇等以现场调查为准,不作室内饲养。

1.3.6 蚯蚓调查 采用样方徒手分离法。每一处理按对角线取 5 个样点,每个样点取土(长×宽×深)100×100×20cm³ 置于平展于地的塑料布上,采用手捡法捡取蚯蚓,鉴定分类,然后用天平马上称其鲜重,并将其归还土壤中。调查时间 2005 年 3~8 月,1 次/月。

1.3.7 茶叶品质分析 于 2004 年 9 月 14 日和 2005 年 4 月 20 日采摘 1 芽 1 叶鲜样,进行蒸青固样(选择带有蒸格的铝锅,待锅内水沸腾后将茶叶鲜叶摊放在蒸格上蒸 5min,使酶失去活性,取出烘干,放入干燥器待测)。氨基酸测定采用 GB8314 茶氨基酸含量测定法;茶多酚测定采用 GB8313 茶多酚含量测定法;水浸出物测定采用 GB8305-87 全量测定法。同时进行炒青茶密码感官评审,感官评审总分 = 色泽 ×0.20 + 汤色 ×0.25 + 香气 ×0.20 + 滋味 ×0.25 + 叶底 ×0.10。

1.3.8 产量测定 由于是 5a 生的幼龄茶园,夏秋茶基本不采,只测定春茶产量,测定方法为 5 点取样测定法,每点的采面为 33cm×33cm,固定方框,每次从上至下采摘完方框内所有的 1 芽 1 叶,采摘时间为 2005 年 4 月 1 日至 2005 年 6 月 15 日。间隔期 1 次/2d,然后用 5 点取样测定树冠冠幅,由此计算出茶树覆盖度和产量。

1.3.9 统计分析 所有数据采用 Excel-2003 上机处理,运用 DPS(Data Processing System)软件进行方差分析和显著性检验。

2 结果分析与讨论

2.1 茶园间作白三叶草的土壤效应

2.1.1 改良土壤效应 白三叶草在高温干旱和寒冷季节其地上部分 2 次自行枯萎甚至死亡(长沙地区一般在 8 月 1 日和 12 月 15 日左右)而在茶园土壤表面形成覆盖物,与其他覆盖物一样,其木质素及蛋白质复合体较难分解而残留于土壤中,形成土壤有机质^[9]。由表 1 可看出,茶叶间作白三叶草能显著增加土壤有机质含量,与清耕相比,增加了 24.11%,随着有机质含量的提高,土壤团聚体数量增多,通透性改善,总孔隙度提高了 4.39%,容重下降了 3.05%,茶园土壤的结构和物理性状得到了明显改善。

2.1.2 增加土壤养分效应 白三叶草具有发达的根瘤菌,可大量固定空气中的 N 素,同时其本身含有各种营养元素成分,翻入土壤后自然能增加土壤养分含量。由表 1 可知,与清耕相比,茶园间作白三叶草后,全 N、全 P、全 K、水解 N、速效 P、速效 K 的增减百分率分别为 33.33%、0.00%、-10.39%、30.03%、-9.18%、16.22%。

方差分析表明,茶园间作白三叶草显著提高了全 N 和水解 N 的含量,增加了 K 的活性,尽管全 K 量显著减少了,速效 K 却反而显著增加了,由于白三叶草在固氮过程中,大量消耗了不同形态的磷养分,全 P 虽然没有减少,但速效 P 下降了 9.18%,在实施中要做好磷肥的增施工作。

表 1 两种处理土壤理化性状

Table 1 General analysis of chemical and physical properties of soil in the treatments

处理 Treatments	有机质 O. M (g/kg)	容重 B. D (g/cm ³)	孔隙度 Porosity (%)	全氮 T. N (g/kg)	全磷 T. P (g/kg)	全钾 T. K (g/kg)	水解氮 A. H. N (mg/kg)	有效磷 A. P (mg/kg)	有效钾 A. K (mg/kg)
T ₁	11.20	1.31	49.87	0.78	0.38	20.50	78.67	10.79	15.60
T ₂	13.90 *	1.27	52.06	1.04 *	0.38	18.37 *	108.70 **	9.80	18.13 *
T ₂ ~ T ₁	2.70	- 0.04	2.19	0.26	0.00	- 2.13	30.03	- 0.99	2.53

注: T₁ 表示清耕处理, T₂ 表示间作白三叶草处理, * 差异显著 ($p < 0.05$), ** 差异极显著 ($p < 0.01$), 下同。T1 represented control treatment and T2 represented the treatment of intercropping white clover. * Difference is significant at $p < 0.05$ and ** at $p < 0.01$. the same below.

2.1.3 土壤水分调节效应 2004 年 4 月 ~ 2005 年 4 月的连续 13 个月、62 次水分测定表明,清耕和白三叶草间作两种处理茶园土壤全年 0 ~ 60cm 土层的平均含水量分别为 18.60% 和 18.10%, 差异很小, 4 ~ 6 月春茶采摘期 (占全年茶叶产值的 70% 以上) 0 ~ 60cm 土层茶园土壤的平均含水量清耕和间作白三叶草分别为 17.71% 和 19.76%, 增加幅度为 2.05%, 与清耕相比提高了 11.58%。从表 2 可看出, 间作白三叶草对土壤各层次含水量的影响极不一样, 在 0 ~ 20cm 茶园土层, 间作白三叶草和清耕的平均含水量分别为 17.22% 和 15.99%, 增加幅度为 1.23%, 提高了 7.14%, 且每月的平均含水量均高于清耕, 差异极显著, 但在 20 ~ 40cm 及 40 ~ 60cm 土层茶园间作白三叶草与清耕的土壤平均含水量分别为 18.18%、19.56% 和 18.91%、20.44%, 减少了 1.48% 和 1.35%, 分别下降了 8.14% 和 7.14%, 每月的平均含水量均低于清耕, 差异同样达到了极显著水平。由此说明茶园间作白三叶草与清耕茶园全年 0 ~ 60cm 土层的土壤平均含水量并无明显差异, 其意义在于茶园间作白三叶草有调控土壤供水的作用^[10,11], 一是增加了关键土层 0 ~ 20cm (幼龄茶树吸收根的主要分布层) 和关键时期 4 ~ 6 月份 (春茶采摘期) 的土壤水分含量; 二是能使水分从土壤下层向上层移动, 显示了良好的提墒作用; 三是茶树生长明显旺盛, 水分蒸发增大, 根系分布加深 (主要根系分布在 0 ~ 50cm, 比清耕深 10cm), 消耗了较多深层土壤水分, 提高了水分利用率。与此同时, 本试验还特别研究了茶园间作白三叶草在夏季高温干旱和秋季持续干旱两个典型时期对土壤水分含量的影响, 通过 2004 年 7 月 14 日 ~ 8 月 8 日连续 22d 夏季高温干旱和 9 月 19 日 ~ 10 月 29 日长达 51d 的秋季持续干旱 (其中只有 9 月 21 日和 10 月 1 日分别降了 2.8mm 和 0.4mm 的雨量) 的水分含量测定表明, 0 ~ 20cm 土层含水量均高于清耕, 分别提高了 14.50% 和 8.08%, 两个典型时期含水量低于 10% 的时间, 间作白三叶草比清耕均滞后了 5d, 有效地延缓和缩短了干旱时间, 减轻了亚热带丘陵区季节性干旱对茶树生长的为害^[12]。

表 2 两种处理不同土层土壤含水量 (%)

Table 2 Soil water content in different soil layers in the two treatments (%)

土层 Soil layer (cm)		2004									2005				均值 Mean
		Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
0 ~ 20	T ₁	16.45	17.32	17.46	14.26	12.93	12.93	8.37	17.53	12.60	19.40	20.39	20.53	17.74	15.99
	T ₂	17.74	19.63	19.36	17.00	13.33	14.30	8.80	17.65	13.73	19.80	21.65	21.61	19.27	17.22 **
20 ~ 40	T ₁	20.14	20.60	20.78	18.90	17.66	19.66	15.14	20.25	18.55	20.19	22.08	22.59	20.14	19.56
	T ₂	18.77	19.84	20.19	17.76	16.54	16.46	13.25	16.77	16.23	18.96	20.60	20.92	19.61	18.18 **
40 ~ 60	T ₁	21.53	21.39	21.04	20.39	17.88	19.61	16.94	20.95	20.00	21.27	22.09	22.55	20.87	20.44
	T ₂	20.00	20.70	20.59	18.28	17.13	17.34	15.23	17.46	16.99	19.69	20.93	21.01	20.51	18.91 **

2.1.4 土壤温度调控效应 茶园间作白三叶草对太阳辐射的吸收转化和土壤热量传导都有较大的影响, 因而对土壤温度不同深度、不同观察时刻均有明显的调节作用^[13]。12 月至次年 3 月, 茶树处于越冬休眠期, 间作白三叶草虽然能够提高茶园土壤不同深度的温度, 但增温的效果不明显, 仅为 0.1 ~ 0.3, 对茶树的生长影

响较小,本文不作具体分析。由图 1 可看出,在 4~7 月空气温度上升时,与清耕相比,间作白三叶草在土壤不同深度均具有明显的降温效应,随着温度的升高,降温效果逐渐增大,7 月份空气温度最高时,温度下降达到最高峰,但均属茶树根系生长的适宜温度范围,且前期温度偏低,有利于茶叶品质的提高,延迟亚热带丘陵区早春茶的萌芽,避免倒春寒对茶树产生的冻害,如 2005 年 3 月 11 日~13 日,试验地普降大雪,最低温度骤然下降到 -1°C ,清耕茶园新芽的冻害率达 90% 以上,间作白三叶草茶园受到的影响很小,冻害率在 10% 以下。8~11 月气温下降时,间作白三叶草茶园 0cm 地表温度高于清耕,具有明显的增温效应,积累的热量有利于茶树秋梢及根系生长(茶树根系生长的活跃期为 9 月下旬~10 月下旬),由于土壤的导温性能低,5cm、10cm、15cm 和 20cm 各土层的温度仍然低于清耕,但下降非常缓慢,具有明显的保温效应。茶园间作白三叶草在不同时期、不同土壤深度的降温、增温及保温双向动态调控作用主要发生在 0~5cm 和 5~10cm 两层,粗略地分为 0~10cm 土温易变层,10~15cm 的过度层,15~20cm 及 20cm 以下的相对稳定层,各层次的曲线均较清耕平缓,表明茶园间作白三叶草能使同一层的土温变化减少,即月平均温差较小,保持了土壤温度的相对稳定性,有利于茶树的稳产、高产。又从图 2 可知,在 4~11 月茶树生长发育活跃期(春、夏、秋茶采摘期),间作白三叶草能降低不同观测时刻、不同土壤深度的温度,不同观测时刻的降温效果低于不同土壤深度的降温效果。由 7:00、13:00 和 19:00 调查的 5cm 月平均地温来看,间作白三叶草对土壤的降温作用表现为 $13:00 > 19:00 > 7:00$,即土壤温度愈高,降温作用愈明显,随着傍晚和夜间温度的下降,降温作用也随之降低。间作白三叶草茶园 0cm 土层表面的最高温度出现在 8 月,比清耕滞后了一个月(见图 1),在 7 月 21~8 月 4 日连续 15d 高温干旱时期,由 0cm 土层 13:00 的调查结果发现(见图 3),间作白三叶草每天的温度均低于清耕,大于茶树生长最高温度(45°C)的时间只有 6d,比清耕茶园少 5d,具有明显的时间和空间位相滞后效应,与水分调节作用一样延缓和缩短了过度高温时间,减轻了对茶树产生的灼伤,且上、下层温度的转换时间(即由上层温度高于下层温度转换为下层温度高于上层温度的时间)分别出现在 7 月 27 日和 8 月 3 日,间作白三叶草滞后了 8d,推迟了低温的到来,充分保障了茶树根系生长对土壤热量的需求。可见,在茶树生长活跃期(4~11 月份春、夏、秋茶采摘期),间作白三叶草不仅具有升温时降温和降温时增温、保温的双向动态调控作用,保持土壤温度的相对稳定性,而且能有效地延缓高温和低温出现的时间,缩短了过度高温时间,减轻了高温对茶树产生的影响,促进了茶树根系及地上部分的生长发育。

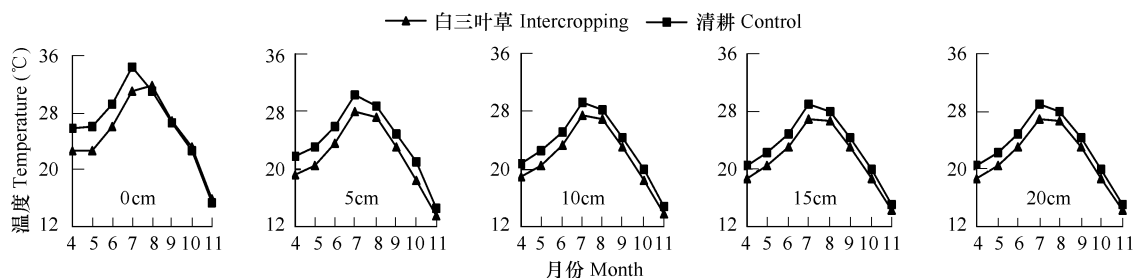


图 1 2004 年 4~11 月份两种处理不同深度的土壤温度

Fig. 1 Soil temperature at different depths in the two treatments from Apr. to Nov., 2004

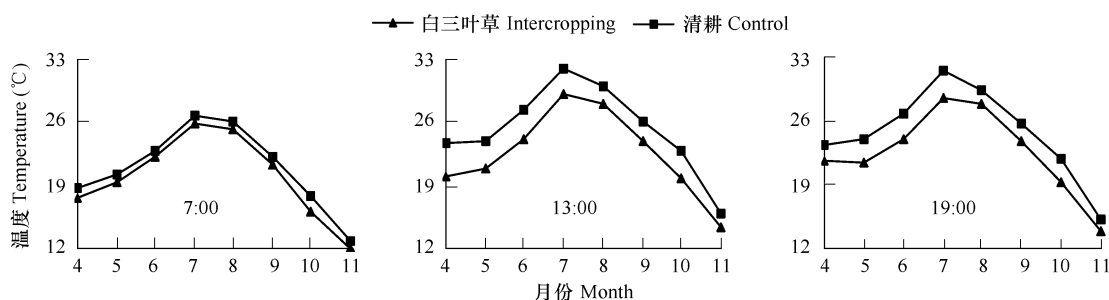


图 2 2004 年 4~11 月份两种处理 5cm 土层不同观测时刻的温度

Fig. 2 Soil temperature in 0~5cm layer in the two treatments at different observation day time from Apr. to Nov., 2004

2.2 抑制杂草效应

茶园杂草特别是生态茶园的种类很多,有1年生,2年生和多年生,地点不同,土壤不同,季节不同,杂草发生的种类也异。本试验地为平地,杂草种类更加复杂。清耕茶园种类多达68种,即使每年中耕除杂2次,但杂草仍然给茶树生长带来了不利影响。不同时间常规管理茶园的优势种群不同,3~5月份以看麦娘(*Alopecurus aequalis* Sobol.)、酢浆草(*Oxalis concinulata* L.)为优势种群,6~10月份以马唐(*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop)、辣蓼(*Polygonum hydropiper* L.)、牛筋草(*Eleusine indica* (L.) Gaern)、香附子(*Cyperus rotundus* L.)、疣草(*Murdannia keisak* (Hassk.) Hand-Mazz.)等恶性杂草为优势种群,11月至次年2月大多杂草地上部分均枯死。茶园间作白三叶草后,只有一些生长在白三叶草之下的弱势杂草,没有优势种群。由表3可知,间作白三叶草茶园杂草的种类、平均密度、生物量和高度极显著低于清耕。白三叶草对茶园杂草这种抑制作用,主要是通过5种方式完成的^[14],一是白三叶草具有发达的侧根和地上茎遮荫作用,对光、热、水的竞争明显高于杂草,使其他杂草籽粒在土壤中萌发受到抑制;二是像其他作物一样,白三叶草也会分泌生物他感物质,抑制杂草生长,即生物间的他感效应;三是白三叶草有密集的匍匐茎而产生了强的机械阻力,很多种子在克服这种机械阻力时耗尽了它们储存的碳水化合物;四是温度的波动对许多种子的萌发起推动作用,由上可知,间作白三叶草可以减少温度的波动,与清耕相比,年平均月较差减少1.3℃,抑制了杂草种子的萌发;五是生态位先占原理,即白三叶草抢先占据了幼龄茶园的空白生境,其他杂草难以侵入。

2.3 天敌-害虫生态控制效应

试验地为生态茶园,严格控制使用任何化学农药,进行了喷施Bt和茶尺蠖病毒剂、佳多PS-15型频振式杀虫灯诱杀、修剪采摘茶叶、人工捕杀等综合防治措施。通过连续4a的调查发现,试验地的天敌共有43种,害虫38种。表4为两种处理的天敌、害虫种类以及2005年3~8月主要天敌和害虫的种群数量。从中看出,茶园间作白三叶草4a发现的天敌和害虫种类分别为39种和33种,清耕分别为34种和28种,茶园间作白三叶草后,为昆虫提供了良好的环境,明显增加了昆虫的多样性^[15],天敌和害虫的种类均多于清耕,天敌种类的增加尤为突出,维护了生态平衡。其中最主要的天敌为蜘蛛目(Araneae)、鞘翅目(Coleoptera)、膜翅目(Hymenoptera),间作白三叶草的天敌种群数量极显著高于清耕。为害最重的三种主要害虫为茶尺蠖(*Ectropis griseescens*)、假眼小绿叶蝉(*Empoasca vitis*)、茶蚜虫(*Toxoptera aurantii*),间作白三叶草的种群数量极显著低于清耕,由此而产生的茶树虫害(主要是茶尺蠖)为害率(害虫所食叶片占总叶片的百分率)显著不同,2005年5~6月为茶尺蠖为害高峰,清耕茶园的为害率达62.5%,间作白三叶草基本上没有受到危害,仅为6.8%。茶园间作白三叶草这种对昆虫的生态控制效应非常突出,其机制有待进一步研究。

2.4 蚯蚓生长的促进效应

蚯蚓不仅能促进植物枯枝落叶的降解、有机物的分解和矿化,并具有耕作土壤、改善土壤团粒结构、提高土壤透气、排水和深层持水能力,增加土壤中的Ca、P等速效成分,还可以促进土壤中消化细菌的活动,是土壤生态系统中最重要的生态因子^[16]。为此,美国土壤学家Deibert已用蚯蚓的数量来判断土壤质地的好坏^[17]。

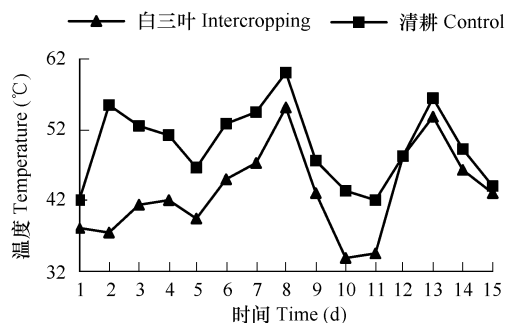


图3 2004年7月21日~8月4日高温时期两种处理0cm土层13:00的温度

Fig.3 Temperature in 0cm layer in the two treatments on 13:00 from Jul. 21st to Aug. 4th, 2004

表3 两种处理杂草调查结果

处理 Treatments	种类 Species	高度 Height (cm)	密度 Density (ind./m ²)	生物量 Biomass (g/m ²)
T ₁	65	41.78	548.78	151.34
T ₂	53 **	15.97 **	162.19 **	19.00 **
T ₂ ~ T ₁	12	- 25.81	- 386.59	- 132.34

通过调查,试验地的主要蚯蚓品种以巨蚓科 (*Megascolecidae*)、正蚓科 (*Lumricidae*)、链蚓科 (*Moniligastridae*) 为主,由图 4 可知,与农田生态系统不同^[18],间作白三叶草茶园蚯蚓的密度和生物量主要受降雨量的影响,最大值出现在雨量丰富的 5 月。茶园间作白三叶草不同时期蚯蚓的种群数量和生物量均显著高于清耕,而清耕茶园在降雨丰富的 3~5 月外,其他时期没有调查到。可见白三叶草增加了土壤的有机质、N 素水平,提高了土壤水分,改善了土壤温度,为蚯蚓提供了丰富的 C 源、N 源和生长环境,而蚯蚓种群数量和生物量的增加反过来通过改良土壤又促进了白三叶草及茶树的生长,形成了互促的良性生态循环^[19,20]。

表 4 两种处理天敌-害虫种类及种群数量

Table 4 Species and population of pests and natural enemies of pests in the two treatments								
处理 Treatments	种类 Species		主要天敌数量 (ind./m ²) Population of three natural enemies			主要害虫数量 (ind./m ²) Population of three primary pests		
	天敌 Natural enemies	害虫 Pests	蜘蛛目 Araneae	鞘翅目 Coleoptera	膜翅目 Hymenoptera	茶尺蠖 <i>Ectropis griseescens</i>	假眼小绿叶蝉 <i>Empoasca vitis</i>	茶蚜虫 <i>Toxoptera aurantii</i>
T ₁	34	28	15.5	0.7	0.1	7.5	7.2	8.6
T ₂	39 *	33 *	28.5 **	1.6 **	1.2 **	1.5 **	1.3 **	5.9 **
T ₂ ~ T ₁	5	5	13	0.9	1.1	- 6	- 5.9	- 2.7

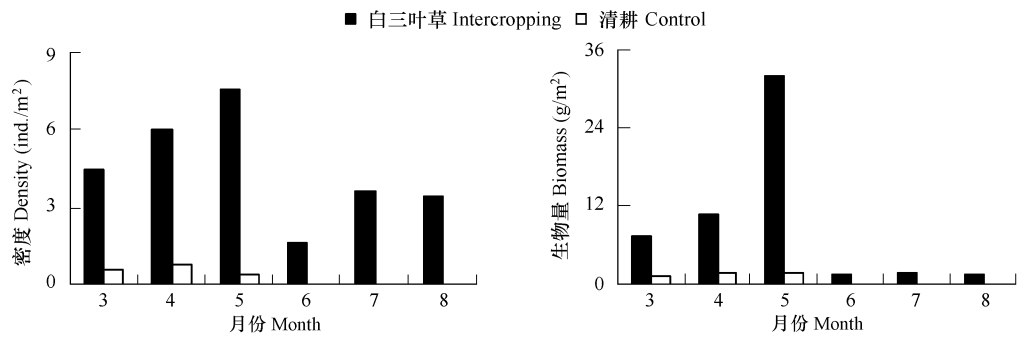


图 4 2005 年 3~8 月份两种处理蚯蚓的密度和生物量

Fig. 4 Density and biomass of the earthworms in the two treatments from Mar. to Aug. , 2005

2.5 品质改良和增产效应

茶园间作白三叶草改良了土壤的物理状况,影响了土壤养分供应水平,促进了蚯蚓的生长,改变了土壤的供水状况,提高了水分利用率,有效地调节了温度,抑制了杂草的生长,维护了天敌-害虫的生态平衡,使立地环境-茶树-伴生生物群落系统处于良好的动态自我调节状态,进而促进了茶树生长,改善了茶叶品质,显著提高了茶叶产量。由表 5 可知,茶园间作白三叶草后,茶叶审评分、氨基酸及水浸出物含量均高于清耕,茶多酚和酚氨比则反之,茶叶品质排列顺序为间作白三叶草秋茶 > 间作白三叶草春茶 > 清耕春茶 > 清耕秋茶,其中秋茶品质优于春茶,在实际生产中具有很重要的意义。由表 6 可知,与清耕茶园相比,5a 生茶树其树高、树幅、叶层厚度、芽密度、1 芽 1 叶和 1 芽 2 叶百芽重及产量都有不同程度的提高,增产幅度为 50.67g/m²,提高了 32.65%,显著水平为 0.0027。

表 5 两种处理春秋茶感官评审结果及内在品质

Table 5 Results of sense evaluation and the quality of spring tea and autumn tea in the two treatments										
处理 Treatments	春茶 Spring tea					秋茶 Autumn tea				
	水浸出物 Water extract (%)	茶多酚 TP (%)	氨基酸 FAA (%)	酚氨比 TP/FAA	感官审评分 Score of sense evaluation	水浸出物 Water extract (%)	茶多酚 TP (%)	氨基酸 FAA (%)	酚氨比 TP/FAA	感官审评分 Score of sense evaluation
T ₁	54.15	21.06	3.64	5.79	81.2	49.3	23.44	3.57	6.57	85.6
T ₂	54.96	17.99	3.75	4.8	96.7	54.66	19.26	4.24	4.54	100
T ₂ ~ T ₁	0.81	- 3.07	0.11	- 0.99	15.5	5.36	- 4.18	0.67	- 2.03	14.4

表 6 两种处理茶树的生长状况及产量分析

Table 6 Growth condition and yield of tea in the two treatments

处理 Treatments	树高 Height (cm)	冠幅 Width (cm)	叶层厚度 Thickness (cm)	茶芽密度 Density (ind./m ²)	百芽重 Weight of hundred sprout (g)		产量 Yield (g/m ²)
					1 芽 1 叶 One leaf and a bud	1 芽 2 叶 One leaf and two buds	
T ₁	50	75	35	702	8.272	25.440	149.08
T ₂	55	95	40	927	8.957	28.525	199.75 *
T ₂ ~ T ₁	5	20	5	225	0.685	3.085	50.67

3 结论

3.1 白三叶草作为一种豆科类生草,具有发达的根瘤菌,有很强的固 N 作用,再加上其地上部分本身的营养成分残留于土壤中,明显地提高了土壤有机质的含量,增加了全 N、水解 N 的含量和 K 的活性,改善了土壤结构,促进了蚯蚓的生长,但在实施过程中注意做好磷肥增施工作。

3.2 茶园间作白三叶草之后不但没有与茶树竞争水分,反而增加了土壤关键层次(0~20cm)的土壤水分含量和春茶采摘关键时期(4~6 月份)的供水状况,促进了下层土壤水分向上层的移动,提高了水分利用率,同时延缓和缩短了夏季高温干旱和秋季持续干旱时间,是亚热带丘陵区幼龄茶园干旱防御体系中的一种良好的节水保墒生物措施。

3.3 茶园间作白三叶草通过对太阳辐射的吸收转化,改变了大气与土壤热交换的界面状况,不仅达到了不同时刻、不同深度的土壤温度升温时降温、降温时增温和保温的双向动态调控效应,增强了同一层次土壤温度的稳定性,而且有效地延缓了高温和低温的出现时间,缩短了过度高温时间,减轻了高温对茶树生长的影响,从而促进了茶树根系及地上部的生长发育。表现为温度愈高,调控效果愈好;土层愈深,调控愈差。

3.4 在机械阻力、竞争能力、减少温度波动、生物他感效应及生态位先占的综合影响下,茶园间作白三叶草有效地抑制了杂草的生长,杜绝了优势杂草种群,明显减少了杂草种类、种群数量、种群密度、高度和生物量,为昆虫提供了良好的生存环境,增加了昆虫的多样性,特别增加了天敌的种类和数量,三种主要害虫茶尺蠖、假眼小绿叶蝉、茶蚜虫及其他害虫的数量成功地控制在经济虫口水平以下,形成了良好的昆虫生态群落系统。茶园间作白三叶草对杂草的抑制作用以及对昆虫群落结构生态控制效应的机制有待进一步研究。

3.5 在茶园间作白三叶草对以茶树为主体的伴生生物群落结构(杂草、天敌-害虫、蚯蚓等)及其立地环境综合调控作用下,茶树的各项生长指标、茶叶品质及产量得到了明显的提高,是亚热带丘陵区幼龄茶园的一种很好的间作方式,值得大力推广和应用。

References:

- [1] Ding R X, Huang X L, Zhou Y J. Climatic-ecological effect of interplanting tallow trees in tea plantations. Chin. J. Appl., 1992, 3(2): 131~137.
- [2] Fang F Y, Zhan L F, Li J Z. Ecological effect of Chinese fir shelterbelt in tea plantations. Chin. J. Ecol., 1992, 11(6): 6~10.
- [3] Duan J Z, Guo S Y. Ecological study on tea plant in hilly regions. Chin. J. Ecol., 1991, 10(6): 19~23.
- [4] Xiao R L, Wang J R, Chen Z F, et al. Ecological tea plantation and tea safety hi-efficiency production in the subtropical hill region of China. Rese. Agri. Mode., 2004, 25(5): 360~362.
- [5] Deng F C, An G Y, Yu J Y, et al. Research on growing grass in apple orchard in Weibei upland. J. Fru. Sci., 2003, 20(6): 506~508.
- [6] Hui Z M, Li H, Zhang Z W, et al. Effect of green covering on soil water content in vineyards. Agri. Rese. Arid Areas, 2004, 22(4): 123~126.
- [7] Liu S M, Sun B Y, Yan J F. The ecological and physiological effect of different ground covering in apple orchard. Acta Agri. Bore. Sini., 2004, 13(4): 191~194.
- [8] Xu X, Zhang J. Effect of sown grass and organism mulching on orchard soil fertility. J. Sich. Agri. Unvi., 2004, 22(1): 88~91.
- [9] Shen Y H, Huang X G, Wang H Q. Field effects of straw mulching. Agri. Rese. Arid Areas, 1998, 16(1): 45~50.
- [10] Yu S Z, Chen Y H, Zhou X B, et al. Effect of straw-mulch during wheat stage on soil water dynamic changes and yield of summer maize. J. Conv. Sini., 2004, 18(6): 175~178.
- [11] Peng W X, Song T Q, Xiao R L, et al. Effects of straw mulching and intercropping white clover in tea plantation on soil moisture in subtropical hilly region. J. of Soil and Water Cons., 2005, 19(6): 97~101.

- [12] Huang D Y, Wang KL, Huang M, *et al.* Seasonal drought problems in the red soil hilly region of the middle subtropical zone of China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(11): 2516 ~ 2523.
- [13] Li Y, Shao M A. Spatial and temporal variation of soil temperature extreme under plastic mulch in Xinjiang. *Chin. J. Appl. Eco.*, 2004, 15(11): 2039 ~ 2044.
- [14] Hitchmough J D. Urban landscape management. Sydney: Inkata Press, 1994. 157.
- [15] Deng X, Tan J C. Seasonal dynamics of species and quantity of insect pests and natural enemies under ecological control in tea plantation. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 7(22): 1166 ~ 1172.
- [16] Cao Z P, Qiao Y H, Wang B Q, *et al.* Impact of soil fertility maintaining practice on earthworm population in high production agro-ecosystem in north China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(10): 2302 ~ 2306.
- [17] Deibert E J, Utter R A. Earthworm(Lumbricidae) survey of North Dakota fields placed in the U. S. conservation reserve program. *Soil and Water Cons.*, 2003, (1).
- [18] Qiao Y H, Cao Z P, Wang B Q, *et al.* Impact of soil fertility maintaining practice on earthworm population agro-ecosystem in north China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(4): 700 ~ 705.
- [19] Gajalakshmi S, Abbasi S A. Neem leave as a source of fertilizer cum pesticide vermicompost. *Bioresource Technology*, 2004, 92: 291 ~ 296.
- [20] Manna M C, Jha S, Chosh P K, *et al.* Comparative efficacy of three epigamic earthworms under different deciduous forest litters decomposition. *Bioresource Technology*, 2003, 88: 197 ~ 206.

参考文献:

- [1] 丁瑞兴, 黄晓澜, 周亚军. 茶园间植乌桕的气候生态效应. *应用生态学报*, 1992, 3(2): 131 ~ 137.
- [2] 方福玉, 谌良福, 李建忠. 茶园杉木防护林带生态效应的研究. *生态学杂志*, 1992, 11(6): 6 ~ 10.
- [3] 段建真, 郭素英. 丘陵地区茶树生态的研究. *生态学杂志*, 1991, 10(6): 19 ~ 23.
- [4] 肖润林, 王久荣, 陈正法, 等. 亚热带丘陵山地茶园面临的生态问题与对策. *农业现代化研究*, 2004, 25(5): 360 ~ 362.
- [5] 邓丰产, 安贵阳, 郁俊谊, 等. 渭北旱塬苹果园的生草效应. *果树学报*, 2003, 20(6): 506 ~ 508.
- [6] 惠竹梅, 李华, 张振文, 等. 西北半干旱地区葡萄园生草对土壤水分的影响. *干旱地区农业研究*, 2004, 22(4): 123 ~ 126.
- [7] 刘淑明, 孙丙寅, 闫菊芳. 苹果园不同地面覆盖的生理生态效应. *西北农业学报*, 2004, 13(4): 191 ~ 194.
- [8] 徐雄, 张健. 生草和生物覆盖对果园土壤肥力的影响. *四川农业大学学报*, 2004, 22(1): 88 ~ 91.
- [9] 沈裕琥, 黄相国, 王海庆. 秸秆覆盖的农田效应. *干旱地区农业研究*, 1998, 16(1): 45 ~ 50.
- [10] 于舜章, 陈雨海, 周勋波, 等. 冬小麦期覆盖秸秆对夏玉米土壤水分动态变化及产量的影响. *水土保持学报*, 2004, 18(6): 175 ~ 178.
- [11] 彭晚霞, 宋同清, 肖润林, 等. 覆盖与间作对亚热带丘陵茶园土壤水分供应的调控效果. *水土保持学报*, 2005, 19(6): 97 ~ 101.
- [12] 黄道友, 王克林, 黄敏, 等. 我国中亚热带典型红壤丘陵区季节性干旱问题研究. *生态学报*, 2004, 24(11): 2516 ~ 2523.
- [13] 李毅, 邵明安. 新疆农田作物覆膜地温极值的时空变化. *应用生态学报*, 2004, 15(11): 2039 ~ 2044.
- [15] 邓欣, 谭济才. 生态控制茶园内害虫、天敌种类及数量的季节变化规律. *生态学报*, 2002, 7(22): 1166 ~ 1172.
- [16] 曹志平, 乔玉辉, 王宝清, 等. 不同培肥措施对华北高产农田生态系统蚯蚓种群数量的影响. *生态学报*, 2004, 24(10): 2302 ~ 2306.
- [18] 乔玉辉, 曹志平, 王宝清, 等. 不同培肥措施对低肥力土壤生态系统蚯蚓种群数量的影响. *生态学报*, 2004, 24(4): 700 ~ 705.