

亚热带丘陵茶园间作白三叶草的保墒抗旱效果及其相关生态效应

宋同清¹, 肖润林¹, 彭晚霞^{1,2}, 李盛华³, 肖孔操², 滕海华²

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

摘要: 在亚热带丘陵区幼龄茶园通过连续 4 a 的大田对比试验, 研究了茶园间作白三叶草对土壤水分时空变化的调节效果和其他生态综合效应, 分析了其对茶树生长、茶叶品质和产量的影响。结果表明: 与清耕茶园相比, 茶园间作白三叶草提高了关键土层(0~20 cm)和关键时期(4~6 月)的土壤水分, 促进了深层土壤水分向上层移动, 提高了水分利用率, 延缓和缩短了干旱时间, 具有良好的提水保墒抗旱效果, 同时改良了土壤环境, 抑制了杂草生长, 减少了病虫害发生率, 促进了蚯蚓的生长, 改善了茶叶品质, 提高了茶叶产量, 增产幅度达 50.67 g/m²。

关键词: 亚热带幼龄茶园; 间作白三叶草; 保墒抗旱; 生态效应

中图分类号: S571.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)06-0039-05

白三叶草(*Trifolium repens* Linn)属豆科车轴草属植物, 茎长 30~60 cm, 纵横交错, 节节生根, 主根短, 侧根发达, 根系多数分布在地下 10 cm 左右, 须根达 40 cm, 具有发达的根瘤菌, 可大量固定空气中的 N 素, 是常见的间作绿肥品种, 目前已被国家农业部列为向全国推广果园生草覆盖技术的首选草种, 在果园土壤管理中已得到了普遍应用。其在改良土壤、提高肥力、调节地温、抑制杂草生长、增强生物防治能力、减少病虫害发生等方面的研究结论比较统一^[1~4], 但在调节土壤水分方面的研究依作物的种类不同而极不一致。刘淑明等研究表明^[5], 种植白三叶草能显著地提高果园的土壤含水量, 惠竹梅等则认为^[6], 在葡萄园 3 个不同深度的土层中, 种植白三叶草的含水量均低于清耕。茶树(*Camellia sinensis*(L.) Kuntze)作为一种陆生恒水植物, 虽然其本身发展和建立了一整套调节和控制水分含量及其代谢机制的结构, 以适应一定范围内变化着的外在水分条件, 但由于茶树的采摘期长, 采摘量大, 水分消耗严重, 年均耗水量高达 1 300 mm, 水分不足会给茶树的各生命活动过程造成不良影响, 甚至引起整个植株死亡^[7]。本文在亚热带丘陵区幼龄茶园连续 4 a 间作白三叶草的试验基础上, 探讨了间作白三叶草对幼龄茶园的水分调节和抗旱作用、其他生态控制效应及对茶树生长、品质和产量的影响。

1 材料和方法

1.1 试验处理

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 135 m), 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 6 539℃, 年平均降雨量 1 389 mm, 降雨多集中在 3~6 月, 占全年降雨的 56%, 土壤为由花岗岩母质发育而成的红壤。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 160 cm。间作供试品种为白三叶草, 由湖南农业大学农学院草业科学系提供。2002 年 3 月播种, 播种量为 300 g/666.7m², 试验为田间大型对比试验, 只设白三叶草间作和清耕两种处理, 每种处理的面积为 2 000 m², 顺序排列, 5 次重复。试验地为集中连片的缓坡平地, 生态环境及管理水平一致。

1.2 测定项目和方法

土壤水分按对角线 5 点取样烘干法测定, 取样层次为 0~20cm、20~40cm、40~60cm, 取样时间在每次降雨 24 h 之后, 取样期限为 2004 年 4 月至 2005 年 4 月; 土壤养分和土壤容重的测定时间为 2004 年 11 月; 茶叶品质分析和产量测定的时间为

2005 年 4~6 月;茶园杂草、天敌一害虫、蚯蚓的调查及温度观察时间与土壤水分测定同步。所有数据采用 Excel—2003 上机处理,运用 DPS (Date 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 间作白三叶草对茶园土壤不同深度水分含量的动态调控效应

清耕和白三叶草间作茶园土壤全年 0~60 cm 土层的平均含水量分别为 18.60%和 18.10%,差异仅为 0.50%,表明两种处理的土壤贮水量基本一致;在关键的 4~6 月春茶采摘期茶园 0~60 cm 土层的平均含水量为 17.71%和 19.76%,间作白三叶草提高了 11.58%;由表 1 可知,间作白三叶草在不同土层深度对含水量的调控效果不同,在 0~20 cm 土层茶园间作白三叶草全年各月的平均含水量极显

著大于清耕,提高了 7.14%,可见白三叶草的主要根系虽然均分布在 0~20cm,但并没有在表层土壤与茶树竞争水分,而且通过拦截降水、减少地表径流,在全年各个时期均明显地提高了表土层含水量;在 20~40 cm、40~60 cm 土层,茶园间作白三叶草的土壤含水量显著低于清耕,分别下降了 7.06%和 7.49%。由此说明,茶园间作白三叶草对茶园全年土壤的贮水量并没有显著影响,其意义在于对土壤水分具有综合调控效应^[8~11]:一是增加了关键时期(4~6 月)和关键土层(0~20 cm 茶树吸收根主要分布层)的土壤含水量;二是通过白三叶草须根的吸收作用,促进了深层土壤水分向上移动,具有明显的提水保墒效果;三是茶树的生长旺盛,水分蒸发增大,促使茶树的根系分布加深(主要根系分布在 0~50 cm,大于清耕的 0~40 cm),消耗了较多深层土壤的水分,提高了土壤水分利用率。

表 1 两种处理不同层次土壤含水量(%)
Table 1 Soil moisture in different soil layers in the two treatments

土层 Layer	处 理 Treatment	2004										2005				均值 Mean
		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月		
0~20 cm	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 cm	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 cm	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 ^{**}	

注:T₁:清耕茶园; T₂:间作白三叶草茶园。 ** $P<0.01$; * $P<0.05$,下同。 T₁:clean tillage tea plantation; T₂:intercropping white clover tea plantation. ** $P<0.01$; * $P<0.05$. The same below.

2.2 间作白三叶草对亚热带丘陵茶园季节性干旱的防御效果

亚热带丘陵区全年的降雨量非常丰富,均大于茶树全年耗水最大量 1 300 mm,但其分布极不均匀,每年都出现 7~8 月夏季高温干旱、9~10 月秋季持续干旱的现象^[12]。试验地点的小气候连续观察表明,2004 年在 7 月 14 日降雨 3.1 mm 之后,直到 8 月 5 日才降雨,连续 22 d 干旱,且最高温度都在 35℃以上,由此而导致了土壤不同层次的含水量急剧下降,其中表土层下降幅度最大,由图 1 可知,高温干旱时期间作白三叶草 0~20 cm 土层每天的含水量均大于清耕,平均提高了 14.50%,且 8 月 3~8 日表土层含量明显上升,这是因为此时白三叶草的地上部分自行死亡(长沙地区在 8 月 1 日左右),减少了叶片水分蒸腾,其枯枝落叶在地表形成的覆盖物降低了地表水分蒸发,白三叶草发达的须

根继续将深层土壤水分提升到表土层,形成了所谓的“回潮”现象。由图 1 还可看出,表土层水分含量低于 10%的时间(含水量<10%时茶树根系停止生长)间作白三叶草滞后了 9 d,有效的延缓和缩短了高温干旱时间,减轻了干旱对茶树产生的影响^[13]。在秋季持续干旱时期,茶园土壤水分含量的下降幅度虽然明显低于高温干旱时期,但由于其干旱的时间长(2004 年 51 d),对茶树生长的危害程度相当大,出现了严重的茶树叶片枯黄脱落甚至死亡现象,清耕和间作白三叶草的叶片枯黄脱落率分别为 82%和 67%,死亡率分别为 23%和 11%,这种现象是由于长期干旱造成茶园土壤“水库”水量几乎耗尽的结果。2004 年 9 月 9 日(8.8 mm)和 10 日(0.4 mm)降雨之后,直到 10 月 29 日连续 51 d 干旱之中,只有 9 月 21 日和 10 月 1 日分别降了 2.8 mm 和 0.4 mm 雨量。9 月 12 日至 10 月 25 日连续 9 次

水分含量测定发现(见图 2),间作白三叶草 0~20 cm 土层每天的含水量略大于清耕,差别不明显。这是由于茶树本身具备了一定的适旱生结构,其气孔自动关闭,角质层增厚,蒸腾速率降低^[7],两种处理

的含水量低于 10%的时间分别为 10 月 2 日和 12 日,间作白三叶草滞后了 10 d。说明白三叶草间作不仅在夏季高温干旱的情况下能节水保墒,延缓和缩短干旱时间,在秋季持续干旱时期作用也明显。

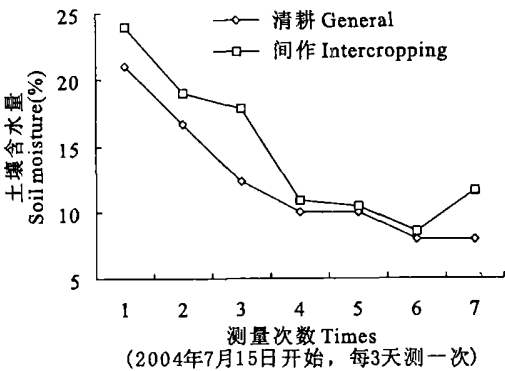


图 1 两种处理高温干旱时期 0~20 cm 土壤含水量变化
Fig.1 Variation of 0~20 cm soil moisture in the two treatments during the period of high temperature drought

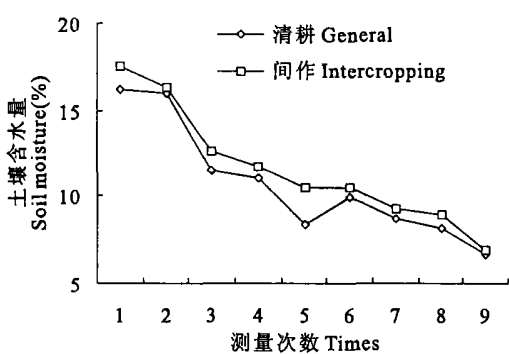


图 2 两种处理持续干旱时期 0~20 cm 土壤含水量变化
Fig.2 Variation of 0~20 cm soil moisture in the two treatments during the period of continual drought

2.3 间作白三叶草对茶园土壤环境的改良效应

茶园间作白三叶草在对土壤水分进行动态调控的同时改良了其他土壤环境,具有高温时降温和低温时增温的双向调节效果(见表 2)。高温干旱季节,白三叶草地上部分自行枯萎死亡在茶园土壤表面形成覆盖物,与其他覆盖物一样,其木质数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^[14],明显增加了土壤有机质含量,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%。白三叶草具有发达的根瘤菌,可大量固定空气中的 N 素,全 N 和水解 N 比清耕茶园分别提高了 30.33%和 30.03%,全 K 虽然减少了 10.39%,但由于增加了 K 的活性,有效 K 反而提高了 16.22%。全 P 的含量虽然与清耕一样,但白三叶草在固氮的过程中消耗了部分有效 P,使有效 P 的含量下降了 9.18%,在实施中要作好磷肥的增施工作。

表 2 两种处理生态因子综合统计分析

Table 2 Synthetic analysis of ecological factors for different treatments

处理 Treatment	有机质 O·M (g/kg)	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)	容 重 B·D (g/cm ³)	孔隙度 Porosity (%)	地面增温 I·T (℃)	地面降温 D·T (℃)
T ₁	11.2	0.78	0.38	20.50	78.67	10.79	15.60	1.31	49.87		
T ₂	13.9	1.04	0.38	18.37	108.70	9.80	18.13	1.27	52.06	0.2	1.51

3.4 茶园伴生生物群落结构的生态控制效应

茶园生物群落是在茶园建立后重新组建的以茶树为主、其他多种生物种群伴生的次生生物群落,杂草、天敌、害虫以及蚯蚓是茶园的主要伴生生物种群,间作白三叶草通过改良茶园的立地环境达到了对茶园伴生生物群落结构的生态控制效果。由表 3 可知,在机械阻力、光照与水分养分竞争、减少温度波动、生物他感效应及生态位先占等综合因子的作用下^[15],白三叶草间作明显抑制了杂草的生长,杂草的种类、种群数量、高度及生物量均显著低于清耕,同时为害虫天敌创造了良好的生存环境,由表 4

可知,其天敌种类以及三类主要天敌蜘蛛目(Araneae)、鞘翅目(Coleoptera)、膜翅目(Hymenoptera)的种群数量极显著多于清耕,由于增加了天敌数量,有效地控制了害虫的发生,三种主要害虫茶尺蠖(Ectropis oblique)、假眼小绿叶蝉(Empoasca vitis)、茶蚜虫(Toxoptera aurantii)的种群数量均极显著低于清耕,达到了良好的生态控制效果。蚯蚓是土壤生态系统中最重要生物因子^[16],间作白三叶草改善了土壤结构,增加了土壤活性,显著提高了土壤中蚯蚓的种群数量和生物量。

表 3 两种处理杂草、蚯蚓调查结果

Table 3 Results of controlling weeds and earthworms in the two treatments

处 理 Treatment	杂草种类数 Species	杂草高度 Height (cm)	杂草密度 Density (株/m ²)	杂草生物量 Biomass (g/m ²)	蚯蚓数量 Quantity (条/m ²)	蚯蚓生物量 Biomass (g/m ²)
T ₁	65	41.78	548.78	151.34	0.30	0.81
T ₂	53 [*]	15.97 [*]	162.19 [*]	19.00 [*]	4.45 [*]	9.13 [*]

表 4 两种处理天敌一害虫种类及种群数量

Table 4 Species and quantities of pests and natural enemies in the two treatments

处 理 Treatment	种类(种/m ²) Species		三类主要天敌数量[ind·/(m ² ·月)] Quantities of three natural enemies			三类主要害虫数量[ind·/(m ² ·月)] Quantities 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 oblique</i>	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 ^{**}

3.5 间作白三叶草的品质改良效应和增产效果

白三叶草间作在改善茶园土壤水分的供应状况及其他生态条件的同时,有效地提高了茶园生态系统的自我调控能力,最终促进了茶树生长,改善了茶叶品质,增加了茶叶产量。特别是幼龄茶树 0~20 cm 主要吸收根分布层土壤含水量增加,有利于茶树根系对土壤养分的吸收,土壤温度的降低提高了茶树对氨基酸的吸收和合成能力,抑制了茶多酚的合

成。由表 5 可知,茶园间作白三叶草后,春秋茶的感官评审、氨基酸及水浸出物含量均高于清耕,茶多酚和酚氨比的情况正好相反。5 a 年生茶树的树高、冠幅、叶层厚度、茶芽密度、1 芽 1 叶和 1 芽 2 叶的百芽重及产量均高于清耕(见表 6),清耕和白三叶草间作的产量分别为 149.08 g/m² 和 199.75 g/m²,增产幅度为 50.67 g/m²,效果显著,显著水平为 0.002 7。

表 5 两种处理春秋茶感官评审结果及内在品质分析

Table 5 Analysis of the quality of spring tea and autumn tea

处 理 Treatment	春茶 Spring tea					秋茶 Autumn tea				
	水浸出物 WM	茶多酚 TP(%)	氨基酸 FAA(%)	酚氨比 TP/FAA	评分 Score	水浸出物 WM	茶多酚 TP(%)	氨基酸 FAA(%)	酚氨比 TP/FAA	评分 Score
T ₁	54.15	21.06	3.64	5.79	81.2	49.30	23.44	3.57	6.57	85.6
T ₂	54.96	17.99	3.75	4.80	96.7	54.66	19.26	4.24	4.54	100

表 6 两种处理茶树的生长状况及产量分析

Table 6 Analysis of growth and yield of tea

处 理 Treatment	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(g) Weight of hundred sprouts		产量 Yield (g/m ²)
					1 芽 1 叶	1 芽 2 叶	
T ₁	50	75	35	702	8.272	25.440	149.08
T ₂	55	95	40	927	8.957	28.525	199.75 [*]

4 结 论

1) 茶园间作白三叶草通过在表层截流部分降水以及提升深层土壤的水分,显著地增加茶园土壤表层的含水量和茶树生长关键时期的含水量,保证了茶树吸收根(0~20 cm)的水分需求,提高水分利

用率。在夏季高温干旱和秋季持续干旱时期,两种处理的各个土层的含水量均呈明显下降的趋势,尤其是 0~20 cm 表土层水分消耗非常明显。间作白三叶草不仅能提高高温干旱和持续干旱时的土壤表层含水量,而且有效地延缓和缩短干旱时间,减轻了干旱对茶树生长产生的影响,是亚热带丘陵茶园干

旱防御技术体系中的一种良好的节水保墒生物措施。

2) 亚热带丘陵地区幼龄茶园进行白三叶草间作, 不仅对茶园土壤的供水状况具有明显的调节作用, 而且具有改良土壤、调节温度、促进蚯蚓生长、抑制杂草和病虫害等综合生态效应, 最终促进了茶树生长, 改善了茶叶品质, 明显增加了茶叶产量, 可以进行大面积的推广和实施。

参 考 文 献:

[1] 王甲辰, 刘学军, 张福锁, 等. 不同土壤覆盖物对旱作水稻生产和产量的影响[J]. 生态学报, 2002, 22(6): 922—929.

[2] 刘晓冰, 宋春雨, Stephen J. Herbert, 等. 覆盖作物的生态效应[J]. 应用生态学报, 2002, 13(3): 365—368.

[3] 陈素英, 张喜英, 胡春胜, 等. 秸秆覆盖对夏玉米生长过程及水分利用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(4): 55—57.

[4] 强 秦, 曹卫贤, 刘文国, 等. 不同栽培方式土壤水分动态变化研究初报[J]. 杨凌职业技术学院学报, 2004, 3(4): 14—17.

[5] 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[J]. 西北农业学报, 2004, 13(4): 191—194.

[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[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(4): 123—126.

[7] 浙江农业大学. 茶树栽培学[M](第 2 版). 北京: 农业出版社出版, 1984. 83—101.

[8] 巩 杰, 黄高宝, 陈利项, 等. 旱作麦田秸秆覆盖德生态综合效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 69—73.

[9] 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[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 175—178.

[10] 郝淑英, 刘蝴蝶, 牛俊玲, 等. 黄土高原区果园生草覆盖对土壤物理性状、水分及产量的影响[J]. 土壤通报, 2003, (1): 25—27.

[11] 李忠佩, 唐永良, 石华. 秸秆覆盖对旱地红壤水分动态变化的影响[J]. 热带亚热带土壤科学, 1998, 7(3): 188—193.

[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[J]. 生态学报, 2004, 24(11): 2516—2523.

[13] 肖润林, 王久荣, 汤 宇, 等. 高温干旱季节遮阳网覆盖对茶园温湿度和茶树生理的影响[J]. 生态学杂志, 2005, 24(3): 251—255.

[14] 沈裕琥, 黄相国, 王海庆. 秸秆覆盖的农田效应[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(1): 45—50.

[15] Hitchmough J D. Urban landscape management [M]. Sydney: Inkata press, 1994. 157.

[16] 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[J]. 生态学报, 2004, 24(4): 700—705.

Upgrading soil water and other ecological effects of
intercropping white clover in tea plantation in subtropical hilly region

SONG Tong-qing¹, XIAO Run-lin¹, PENG Wan-xia^{1,2}, YANG Zhi-jian²,
LI Sheng-hua³, XIAO Kong-cao², TENG Hai-hua²

(1. Institute of subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Hunan, Changsha, 410125, China; 2. Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 3. Xiangfeng Tea Factory, Changsha, Hunan 410158, China)

Abstract: Effects of intercropping white clover in young tea plantation on spatial and temporal variation of soil moisture and other ecological factors as well as on the growth of tea tree, the quality, and the yield of tea were studied in subtropical hilly region through continual 4 year-large-field contrast experiments. The results were as follows: Compared to clean tillage tea plantation, the soil moisture in the tea plantation of intercropping white clover in the key soil layer (0~20 cm) and the key growth period (April-June) was higher. The deeper water went up with high water efficiency. Drought was postponed and shortened with great well effect of upgrading and keeping deeper soil water. Meanwhile, intercropping white clover improved the soil environment, controlled weeds and pests, enhanced the growth of earthworms, bettered the quality of tea, and increased the yield of tea. The tea output of plantation with intercropping clover increased by 50.67 g/m².

Keywords: young tea plantation; intercropping white clover; keeping soil water; ecological effect