

下垫面性状对农林系统微生态环境的影响*

李全胜 吴建军[✓] 严力蛟 王兆骞

5181

(浙江大学华家池校区 农业生态研究所 杭州 310029)

摘要 在实地观测的基础上,分析了不同下垫面性状对农林系统微生态环境的影响。结果表明:冬季覆盖有利于提高农林系统的土壤温度,减轻冻害;春季桃园套种黑麦草可减缓土壤和近地气层的温度波动;新垦桔园套种有利于减少土壤流失,如黑麦草套种区平均土壤侵蚀量是自然裸露区的14.7%,并提高光能利用率0.82%~1.02%;成龄桔园合理套种不仅提高光能利用率、改善土壤肥力,而且使柑桔产量提高了46.88%。

关键词 下垫面性状,农林系统,微生态环境。

EFFECTS OF PROPERTIES OF UNDERLYING SURFACE
ON MICRO-ECOLOGICAL-ENVIRONMENT OF
AGRO-FORESTRY SYSTEM

LI Quan-Sheng WU Jian-Jun YAN Li-Jiao WANG Zhao-Qian

(Agro-Ecology Research Institute, Zhejiang University, Hangzhou, 310029, China)

Abstract Based on site experiments, the effects of different underlying surfaces on the micro-ecological-environment of agro-forestry systems were analyzed. The results revealed that the winter cover was useful to increase the soil temperature of agro-forestry system and lighten frost injury. Temperature variation of soil and air in the rye grass intercropping areas were lower than that of natural areas during early to medium active stage of peach root (April and May). Intercropping in the young citrus areas reduced soil erosion and enhanced utilization rate of solar radiation. The average soil loss of areas intercropping rye grass was 14.7% of that of areas without intercropping, and solar radiation utilization rate increased by 0.82%~1.02%. Long-term intercropping Chinese milkvetch into productive citrus plantation could enhance utilization rate of solar radiation, improve soil fertility and increase fruit yield by 46.88%.

Key words properties of underlying surface, agro-forestry system, micro-ecological-environment.

下垫面(underlying surface)是与大气进行辐射、能量、动量、水汽和其它物理量交换的表面^[1],是土壤-植物-大气连续系统中的一个重要组成部分,对整个生态环境起着举足轻重的作用,是采用合理农业技术

* 浙江省自然科学基金和FAO项目的资助。

收稿日期:1996-11-25,修改稿收到日期:1997-05-25。

与生态对策的作用面和着眼点。对农林系统而言,下垫面不仅与能量循环、水分循环和养分循环相偶联,而且也受人类活动,尤其是农业生产活动的影响。一方面通过合理的农业措施,可改变下垫面性状,达到改善生态环境,趋利避害,营造一个适宜于农业生物生长发育的条件,使人类得以持续地获取初级生产力;另一方面,不适当地改变下垫面性状或利用不当,则会破坏和恶化生态环境,导致水土流失^[2~4],地力下降^[5,6],使自然资源的利用效益不理想。本文分析了不同下垫面对南方红壤坡地农林系统微生态环境的影响。

1 试验设计和数据采集

本研究为了取得不同下垫面农林系统的试验数据,选择了3种南方典型的坡地农林系统进行实地试验,即早园竹林地、桃树园和柑桔园,以分析不同下垫面条件下的水热状况、土壤侵蚀、土壤肥力和光能利用率的变化。

①本研究试验点设在浙江省德清县三桥镇,该地区属北亚热带。选择3块土壤质地、地上立竹量(75支/100m²)和栽种年限比较一致的竹林,其下垫面处理分别为自然裸露状态(对照区)、尼龙薄膜覆盖和稻草覆盖区,并在3小区分别安装了土壤温度表,自1991-11-10~1992-03-10,每天2次(8:30、14:30)连续观测5cm、10cm、15cm和20cm深处的土壤温度,并同时记载不同下垫面的出笋日期。通过该试验旨在揭示下垫面不同覆盖条件对农林系统冬季土壤热状况的影响。

②该试验点设在浙江省金华市北山生态农场,该地区属中亚热带,将土壤质地和坡度基本一致、面积为160×668.77m²左右的桃园分成两个区块,即自然裸露状态下的对照区和黑麦草套种区。在桃树越冬后,根系开始旺长的4~5月份选择不同的典型天气对不同下垫面的桃园小气候和土壤理化性状进行测定。两观测点相距60m,主要观测项目有:地上20cm、120cm和200cm高度的空气温度(用干湿球温度测定);地表和5cm、10cm、15cm、20cm深度的土壤温度,观测时间为8:00到次日8:00,每次观测时间间隔2h,与此同时,每隔4h测定土壤5cm和15cm深度处的土壤湿度、土壤容重等。通过该试验研究旨在揭示下垫面套种对经济林果关键生育时段水热状况的影响。

③该试验点设在浙江省金华市北山生态农场,试验区域为1992年春季定植的坡地幼林柑桔园,1992-09下旬设4个小区,小区面积为30m²,坡度8.8°,各试验小区下垫面处理分别为紫云英(I)、套种(混播)黑麦草和紫云英(II)、自然状况(III)、套种黑麦草(IV)。各小区之间用双层0.08mmPVC农膜隔离(地下深度约70cm,地面高出约30cm,并砌砖保护隔离)。小区底边做成120°角形成出水口,接水池为1m³。同步观测降雨量和各小区土壤流失量。

④该试验点设在浙江省金华市竹马乡,对两个同时承包同一片柑桔园的农户(其中一户于1986年开始套种紫云英)进行调查访问,记载1992年的栽培管理措施,测定产量并对柑桔进行品质分析;紫云英翻埋前取样测定生物量,并以覆盖率折算成单位面积产量,在1992-11分别对套种和不套种柑桔园取土样测定土壤化肥性状,以分析下垫面套种紫云英对光能利用率和土壤肥力等的影响。

2 结果与分析

2.1 下垫面对土壤热状况的影响

由于下垫面性状的不同,直接影响了辐射平衡,进而使土壤热状况发生变化。

2.1.1 下垫面性状对冬季竹园土壤热状况的影响

2.1.1.1 不同下垫面的竹园土壤温度 从表1可以看出,就不同下垫面冬季竹园土壤温度而言,稻草覆盖区最高,尼龙薄膜覆盖区次之,自然裸露状态最低。可见,稻草覆盖具有较好的土壤保温效果,并且在低温条件下尤为明显。例如12月、1月和2月上旬自然裸露状态下5~20cm土层的平均温度分别为7.1℃、4.2℃和5.0℃,稻草覆盖区则分别为9.5℃、6.7℃和7.1℃,经稻草覆盖后比对照分别高出2.4℃、2.5℃和2.1℃;而在下午则分别高出2.1℃、2.3℃和1.1℃。另外,无论是上午还是下午,均是平均土壤温度最低的1月份,覆盖增温效果最明显。

2.1.1.2 不同下垫面竹园土壤积温 表2为不同下垫面竹园的土壤积温变化,显然,在试验观测期间,稻草覆盖区的土壤积温最大,尼龙薄膜覆盖区次之,自然裸露状态最小。且土壤上层比土壤下层更明显,从稻草覆盖区和自然裸露区比较来看,上午5cm深处稻草覆盖区比自然裸露区绝对高出271.6℃,相对高出

41.8%,10cm深处分别为306.9℃和39.9%,15cm深处分别为221.9℃和23.9%,20cm处分别为214.4℃和23.3%。下午的变化规律和上午完全一致。

表1 不同下垫面竹园的土壤温度(℃)

Table 1 Soil temperature of different underlying surfaces in the bamboo garden

时间 Time	土壤深度 Soil depth	上午(8:30)			下午(14:30)		
		自然裸露 Without cover	薄膜 Film	稻草 Rice straw	自然裸露 Without cover	薄膜 Film	稻草 Rice straw
12月 Dec.	5cm	6.4	7.0	8.4	8.2	8.7	9.6
	10cm	6.9	7.8	9.5	8.0	8.7	9.9
	15cm	7.5	8.3	9.8	7.9	8.8	10.1
	20cm	7.7	9.0	10.4	8.0	9.1	10.6
	5~20cm	7.1	8.0	9.5	8.0	8.8	10.1
1月 Jan.	5cm	3.7	4.4	5.8	4.3	5.6	6.8
	10cm	4.2	5.0	6.5	5.1	5.7	7.1
	15cm	4.4	5.7	7.0	5.1	5.7	7.2
	20cm	4.5	5.9	7.4	5.1	5.9	7.5
	5~20cm	4.2	5.3	6.7	4.9	5.7	7.2
2月 Feb.	5cm	4.4	5.1	6.1	8.2	8.4	9.0
	10cm	4.9	6.1	6.9	7.6	8.0	8.7
	15cm	5.2	6.4	7.4	7.4	7.7	8.5
	20cm	5.3	7.1	7.8	7.1	7.7	8.5
	5~20cm	5.0	6.2	7.1	7.6	8.0	8.7

表2 不同下垫面竹园的土壤积温(℃,1991-11-10~1992-02-29)

Table 2 Soil accumulated temperature of different underlying surfaces in the bamboo garden

土壤深度(cm) Soil depth	裸露 Without cover		薄膜 Film		稻草 Rice straw	
	上午(8:30)	下午(14:30)	上午(8:30)	下午(14:30)	上午(8:30)	下午(14:30)
5	649.1	714.7	769.1	860.0	920.7	1022.0
10	770.0	794.2	924.9	994.1	1076.9	1126.2
15	933.2	930.0	1013.2	1003.9	1155.1	1128.1
20	918.8	919.3	1005.3	1033.2	1133.2	1157.9

2.1.1.3 不同下垫面土壤温度统计相关分析 为了进一步探讨下垫面覆盖区域和自然裸露对照区土壤温度的统计相关规律,分别统计计算了对照区和覆盖区同深度处的土壤温度相关关系和估算方程(表3),结果表明存在显著的线性相关关系。

2.1.2 下垫面性状对春季桃园土壤热状况的影响

2.1.2.1 对桃园土壤热特性的影响 土壤容积热容量和土壤导温率是反映土壤热特性的两个重要指标,据试验设计②的测定,在同样的天气条件下,下垫面为黑麦草套种区的桃园土壤容积热容量及其日变幅均大于自然裸露区域,尤以晴天更为明显。例如,在阴天条件下,对照区和套种区容积热容量日平均值分别为 $2.53\text{J}/\text{cm}^3\cdot^\circ\text{C}$ 和 $2.54\text{J}/\text{cm}^3\cdot^\circ\text{C}$,而在晴天条件下则分别为 2.60 和 $2.93\text{J}/\text{cm}^3\cdot^\circ\text{C}$ 。又据台站规范方法^[1],计算了不同天气条件下和不同下垫面的土壤上层(0~20cm)的平均导温系数,阴天自然裸露对照区的平均导温系数为 $10.40\text{cm}^2/\text{h}$,黑麦草套种区为 $16.90\text{cm}^2/\text{h}$;晴天则分别为 5.80 和 $16.30\text{cm}^2/\text{h}$ 。

表3 薄膜覆盖区竹园土壤温度估算方程
Table 3 Evaluation models of bamboo garden soil temperature in the area with film cover

时间 Time	土壤深度 (cm) Soil depth	估算方程 Evaluation models	相关系数 Relative coefficient
8:30	5	$T_5 = 1.21 + 0.98t_5$	0.9346
	10	$T_{10} = 1.45 + 0.96t_{10}$	0.9381
	15	$T_{15} = 1.70 + 0.94t_{15}$	0.9316
	20	$T_{20} = 2.54 + 0.87t_{20}$	0.9330
14:30	5	$T_5 = 2.01 + 0.83t_5$	0.9294
	10	$T_{10} = 0.80 + 0.98t_{10}$	0.9848
	15	$T_{15} = 0.91 + 0.98t_{15}$	0.9789
	20	$T_{20} = 1.36 + 0.95t_{20}$	0.9707

注:(1)稻草覆盖区略;(2) T_i 代表薄膜覆盖区 i cm深度的估算值, t_i 表示自然裸露对照区 i cm深度的实测值

土壤能量净支出则是黑麦草套种区明显小于自然裸露对照区。

表4 不同天气和下垫面条件下桃园土壤平均温度(℃)

Table 4 Soil average temperature of peach plantation in the different weathers and underlying surfaces

土壤深度(cm) Soil depth	1993-04-02阴 Cloudy day		1993-05-10晴 Sunny day	
	自然裸露区	黑麦草套种区	自然裸露区	黑麦草套种区
	Without intercropping	Rye grass	Without intercropping	Rye grass
0	21.3	17.9	25.5	20.9
5	19.2	16.9	22.5	21.1
10	18.5	16.1	21.8	21.1
15	17.7	14.6	21.9	20.3
20	17.1	15.0	22.0	21.0
0~20平均				
Average(0~20)	18.8	16.1	22.7	20.9

2.2 下垫面对桃园近地层空气温度与湿度的影响

2.2.1 对桃园近地层空气温度的影响

据试验②的测定和分析,从日最高气温来看,自然裸露区均一致大于同高度的黑麦草套种区,并且在晴天条件下更为明显。即农林系统下垫面套种对降低夏季林冠温度的作用是非常明显的,从而可在一定程度上防治南方红壤区域夏季高温对果实生长的不良影响。再从空气温度日较差来看(表5),自然裸露区明显大于黑麦草套种区,并且树冠附近的气温日较差大于贴地气层,说明树冠是热量吸收和放出的作用面,温度变化比较剧烈,对果树开花结果的影响也最大,也说明了下垫面植草对空气温度变化具有缓冲作用。

2.2.2 对桃园近地层空气湿度的影响

反映空气湿度的指标主要有两个,一是空气相对湿度,另一个是水汽压。就空气湿度要素平均值而言,在同一天气条件下,20cm高度处的水汽压和相对湿度均是黑麦草套种区大于自然裸露区,亦即下垫面植草区存在较为强烈的水汽源,但随离地面高度的增加,这种差异迅速减小。

2.3 下垫面对新垦坡地桔园土壤侵蚀的影响

表6为试验③条件下获得的不同时段不同下垫面新垦坡地桔园的降雨量和土壤侵蚀量。可以看出,在同一降雨过程中,以自然裸露区的土壤侵蚀量最大,紫云英区次之,紫云英和黑麦草混播区再次之,黑麦草套种区的侵蚀量最小。事实上,这是由于下垫面覆盖度的不同而引起的,试验结果表明,在坡度和土壤质地

2.1.2.2 对桃园土壤平均温度的影响 表4为不同天气条件下不同深度桃园土壤平均温度的实测值(全天13次观测的平均值)。显然,在相同天气条件下,黑麦草套种区的土壤温度均小于自然裸露的对照区。据报道,在春末夏初,尤其在桃树根系第一次旺长的5月份,土壤最适温度为 $17\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$,土壤温度过高不利于根系生长,可见,下垫面套种黑麦草有利于适当降低土壤温度,促进根系生长。

2.1.2.3 对桃园土壤热通量的影响 经实测和计算表明,无论是晴天还是阴天,无论下垫面性状如何,土壤全天净热通量均大于零,这是导致春季土壤上层温度开始回升的主要原因。在相同的天气条件下,自然裸露对照区的全天能量净收入大于黑麦草套种区。例如,阴天分别为 $167.60\text{ J}/\text{cm}^2\cdot\text{d}$ 和 $136.60\text{ J}/\text{cm}^2\cdot\text{d}$,晴天分别为 85.20 和 80.40 。但夜间

基本一致的条件下,下垫面植草和覆盖度的提高将会显著减少土壤流失。

表5 不同天气和下垫面条件下桃园空气温度日较差(℃)

Table 5 Daily variation of air temperature of peach plantation in the different weathers and underlying surfaces

高度(cm) Height	1993-04-02阴 Cloudy day		1993-05-10晴 Sunny day	
	自然裸露区	黑麦草套种区	自然裸露区	黑麦草套种区
	Without intercropping	Rye grass	Without intercropping	Rye grass
20	8.4	7.7	8.8	7.4
120	8.4	8.1	9.6	8.2
200	8.6	8.2	9.6	8.2

表6 不同下垫面的土壤侵蚀量和降雨量(1993年)

Table 6 Soil loss and rainfall under different underlying surface

时段(日/月) Time(date/month)	侵蚀量(kg/hm ²) Soil loss				降雨量(mm)	最大雨量(mm/d)
	I	II	III	IV	Rainfall	Daily maximum rainfall
17/3~4/4	4781.2	2662.4	12930.9	1941.8	196.6	72.6
5/4	128.5	102.1	357.0	80.2	16.4	15.4
6/4~29/4	544.5	405.3	717.3	66.8	98.0	27.4
30/4~3/5	281.4	201.0	551.8	50.1	74.5	51.2
4/5~7/5	61.2	32.9	129.8	16.7	50.1	33.6

* I 代表紫云英套种区域 Intercropping Chinese milkvetch area; II 代表紫云英和黑麦草混播区域 Intercropping Chinese milkvetch and rye grass area; III 代表自然裸露区域 Natural area; IV 代表黑麦草套种区域 Intercropping rye grass area

表6还可以看出,即使在同一试验区域,土壤侵蚀量和降雨量之间并非呈线性关系,单位降雨侵蚀量随降雨次数的增加而呈指数规律下降。究其原因由是初冬翻耕播种后,土层相对松散,具体表现为单位降雨侵蚀量较大(图1),但随着降雨次数的增加,松散土层被逐渐侵蚀,使单位降雨的侵蚀量减少,因此,从某种意义上讲,为了减少土壤侵蚀量,在坡地开发利用过程中应尽可能减少土壤翻耕次数,甚至免耕。有的学者提出了最少耕作法^[1-1]。进一步分析表明,对同一试验区域而言,一次翻耕后,随降雨次数的增加,单位降雨侵蚀量将渐趋稳定,这就为在容许的土壤侵蚀量范围内,确定合理的翻耕时间提供了科学依据。

2.4 下垫面对光能利用率和土壤肥力的影响

2.4.1 对光能利用率的影响

幼龄桔园套种黑麦草或黑麦草和紫云英混播,第1年收割鲜草63t/hm²左右,第2年为72t/hm²左右,以每公顷收割60~75t计算,套种桔园可比不套种桔园多固定173.22~216.53×10³J的太阳能,使套种期间的光能利用率提高0.82%~1.02%,或使全年的光能利用率提高0.36%~0.45%。此外,由于套种牧草用于生态农场的养鱼喂猪,不但促进了农牧结合,而且使养殖成本降低。

成龄桔园套种紫云英,每公顷鲜草也能达到30t左右,折合能量达71.6×10³J,因此,仅套种一项就可比不套种桔园的光能利用率提高0.34%(套种期间)或使全年提高0.15%。此外,据实地测定,套种桔园的柑桔产量较不套种桔园提高46.88%,因此,柑桔的光能利用率也较不套种桔园高得多,这和其他学者的研究结果是一致的^[10]。

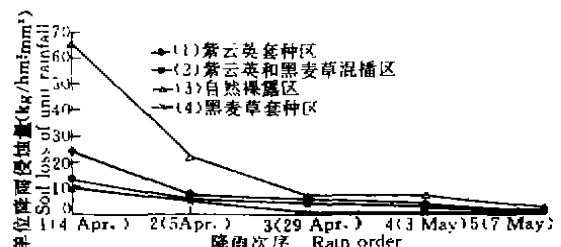


图1 单位降雨侵蚀量随降雨次序变化

Fig. 1 Variation of soil loss of unit rainfall with rain order
(1) Intercropping Chinese milkvetch area, (2) Intercropping Chinese milkvetch and rye grass area, (3) Natural area, (4) Intercropping rye grass area

2.4.2 对土壤肥力的影响

通过对幼龄桔园下垫面套种后的土壤肥力测定,发现其有机质、全 N、速效 P、有效 K、CEC 含量和 pH 值的变化不明显,这可能与套种年限较短,且收割的黑麦草和紫云英全部用于养鱼喂猪而减少归还土壤量有关。

通过对连续 6a 套种的成龄桔园土样分析表明,长期合理套种具有良好的培肥效果(表 7),并使柑桔产量大大提高,达到 $32\text{t}/\text{hm}^2$,比对照增产 46.88%。从表 7 中可以看出,长期套种紫云英的成龄桔园土壤有机质、全 N、速效 P、CEC 含量和 pH 值分别比未套种的对照区域提高 12.99%、21.67%、207.35%、6.57% 和 2.07%。可见,成龄桔园较长时间套种紫云英(全部翻入土中作绿肥),使土壤肥力状况得到了一定的改善。但套种桔园的有效 K 含量却较未套种桔园低 34.85%,这可能与套种桔园的柑桔产量高而吸收较多的土壤有效 K 有关,因此,需要进行合理施肥,以保持养分平衡。

表 7 成龄桔园套种紫云英对土壤肥力的影响

Table 7 The effects of intercropping Chinese milkvetch into productive citrus plantation on soil fertility

下垫面 Underlying surface	有机质 (%) Organism	全氮 (%) N	速效磷 P (mg/kg)	有效钾 K (mg/kg)	CEC (cmol/kg)	pH
套种区域 ^①	1.74	0.146	76.93	322.5	8.92	5.42
未套种区域 ^②	1.54	0.120	25.03	495.0	8.37	5.31

①: Intercropping area; ②: Without intercropping

3 结语与讨论

通过试验研究可以看出,下垫面性状对农林系统的微生态环境具有很大的影响。冬季的合理覆盖有利于提高土壤温度,减轻经济作物的冻害;在桃树根系旺长的春末夏初季节,合理套种可减缓土壤和近地气层的温度波动,提高近地层空气湿度;对于南方红壤新垦坡地而言,下垫面性状与其土壤侵蚀关系密切,在本研究中,黑麦草套种区域的土壤侵蚀量仅为自然裸露对照区的 14.70%,同时提高了光能利用率,生态效益明显,成龄桔园长期套种紫云英有利于改善土壤肥力,并提高柑桔产量。但是,对红壤坡地农林系统而言,治理土壤侵蚀的途径不仅仅是下垫面的合理套种和增加覆盖,亦即必须因地制宜,例如,选用合理的种植制度,进行合理轮作;选用合理的土壤耕作法^[9];选用合理的种植方式,避免顺坡种植,推土等高种植和梯形种植等^[11]。另外,农林系统下垫面套种的成效如何,很大程度上取决于对套种作物的管理,在南方红壤丘陵地区柑桔园套种紫云英或黑麦草,应抓住适时拌肥播种,及时收割施肥和适时适量归还土壤 3 个管理要点^[12],以保持土壤养分平衡,实现资源的持续利用。

参 考 文 献

- 翁笃鸣,陈万隆,沈觉成,等. 小气候和农田小气候. 北京:农业出版社,1981
- 张小林. 江南红色丘陵山地水土流失及其治理途径. 中国水土保持,1993,(9):9~11
- 周国逸. 林地土壤的降雨入渗规律. 水土保持学报,1990,4(6):79~84
- Wall G J. Intercropping red clover with silage corn for soil erosion control. *Canadian Journal of Soil Science*. 1991,71(2):137~145
- 李绍密. 经济林间作牧草的效益研究. 草业科学,1992,9(1):23~25
- 涛生. 浙西红壤丘陵综合开发和水土保持. 土壤通报,1989,22(7):19~21
- 陈尚漠,黄寿波,等. 果树气象学. 北京:气象出版社,1988. 323
- 罗守德. 免耕秸秆覆盖对玉米根系的影响. 山西农业科学,1993,21(1):14~18
- Hill R L, et al. Tillage and wheel traffic effects on runoff and sediment losses from crop interrows. *Soil Science Society of America Journal*, 1993,55(2):476~480
- 吕军,陈健民,等. 低丘红壤桔-草-乳牛生态系统的综合效益. 土壤通报,1991,22(7):6~8
- 刘立光,吴伯志. 不同耕种方式对水土流失及产量的影响. 耕作与栽培,1993,(4):12~14
- 吴建军,严力蛟,李全胜. 桔园间作牧草的生态效益及其管理技术. 农村生态环境,1996,12(2):54~57