

茶园间植乌柏的气候生态效应*

丁瑞兴 黄晓澜** 周亚军** (南京农业大学, 南京 210014)

【摘要】 在安徽省黄山地区的红壤上,研究了茶园种植乌柏树对改善小气候环境的效应。夏秋季借助乌柏树稀疏的林冠为茶树遮荫,茶树-乌柏间植茶园的太阳总辐射低于茶树的光饱和点,其散射辐射比普通纯茶园增加,散射辐射与直接辐射的比率高达0.78—0.90,气温及湿度得到调节,宜于茶树正常生长;茶树及乌柏树的根系分别从浅层及深层吸收土壤水分,提高了土壤水的利用率。因此,茶园间植乌柏可减轻夏季热旱危害茶树生长,提高茶叶产量和品质,是江南茶区生产优质绿茶的一种人工生态模式。

关键词 茶树 乌柏 气候生态效应

Climatic-ecological effect of interplanting tallow trees in tea plantations. Ding Ruixing, Huang Xiaolan and Zhou Yajun (Nanjing Agricultural University, Nanjing 210014). -Chin. J. Appl. Ecol., 1992, 3(2): 131-137.

The effect of interplanting tallow trees in tea plantations on microclimatic environment were studied on red soils of Huangshan region, Anhui Province. Tallow trees could appropriately shade the tea trees with the aid of their sparse canopies in summer and autumn. In tea-tallow tree interplantation, the total solar radiation is lower than the light saturation point of tea trees and the diffuse radiation of is higher than that of pure tea plantation. The ratio of diffuse radiation to direct radiation is 0.78—0.90. The temperature and humidity are regulated and adapted to the growth of tea plant. The roots of tea and tallow trees are able to take water from upper and deep soil layers respectively, and the utilization rate of soil water is increased. Therefore, interplanting tallow trees in tea plantations could keep tea trees from the harm of hot and dry weather in summer and increase the yield and quality of tea. It is suggested that tea-tallow interplantation is an artificial ecological pattern producing green teas of high quality in tea planting area.

Key words Tea plantation, Tallow tree, Climatic-ecological effect.

1 引言

茶树是多年生常绿经济植物,其生态特性是需温、耐荫、喜湿、怕旱,适生于酸性土壤和散射辐射条件,不宜强光直射^[4,5]。在我国一些传统名茶产地凭借其优越的自然生态条

件,如山势较高,云雾缭绕,日照不强,土质肥沃等环境,能够出产优质茶叶^[6];而在广大茶区因受自然条件的限制,往往影响茶叶产量的提高和品质的改善。为了探索和人工模拟茶树优质高产的生态环境,经过实地调查,发现茶园间植乌柏的生态组合形式具有较大的优越性,夏季茶树利用乌柏树遮荫改善茶园的小气候环境,秋季乌柏落叶可增加土壤有机物质和归还土壤养分^[7],调整茶园生态系统的能量流动和物质循环。现就茶树-乌柏间植茶园的小气候特征及其生态效益进行分析评价。

* 国家自然科学基金资助项目。

参加研究的有宋木兰、孙玉华;金玉中、金贤昌参加部分观测。

** 土化系88及89届硕士生。

本文于1990年4月7日收到。

2 研究地点概况及研究方法

2.1 研究地点概况

研究地点位于安徽省休宁县洪里乡,距黄山市(屯溪)10km,地处皖南丘陵地区,海拔150m,为我国著名绿茶“屯绿”产区。本区气候属中亚热带湿润型气候,全年太阳总辐射为439.6—460.5kJ·cm⁻²,日照时数为1930.8小时,日照百分率为44%,年平均气温为16.4℃,日均温≥10℃的年积温为4870—5160℃,夏季日最高气温≥35℃的天数可达29.3天,年降水量1670mm,年蒸发量1357mm,年相对湿度为80%。本区雨热同步,5—9月的月平均气温都在20℃以上,降水充沛,正值茶树生长盛期和采茶季节,但也存在伏天干旱现象。供试茶园的土壤为砂页岩上发育的红壤,土层较深厚,呈酸性反应,pH5.5—5.7,质地为粘壤土,丘岗地形。试验观测样地包括普通纯茶园(简称对照茶园)和茶树-乌桕间植茶园(简称间植茶园)两种类型,以纯茶园作为对照,观测研究乌桕间植茶园的小气候特征和生态效应。两类茶园互相毗邻,地形及土壤相同,茶树品种为祁门槠叶种,树龄20年,试验期间的施肥管理一致。茶树单行种植,行距1.5m,树高近100cm,树幅约1.2m。间植茶园的乌桕树插植于茶行内,不单占土地,株距约6m,行距3m,树高12—15m,胸径平均15.3cm,树冠直径5—5.4m,林冠郁闭度约为0.70。乌桕为喜光阳性树种,枝叶稀疏透光,有较大通风空间,根系深达2—3m,在60cm土层内为主根及侧根分布区。茶树的根系主要分布在0—60cm土层内。乌桕间植茶园的空间结构由乔木层(乌桕)及灌木层(茶树)组成,乌桕树的生态特性对茶树生长有较好的补益,乌桕落叶期气温虽较低,但茶园内阳光充足,茶树能正常采光;4月中旬乌桕新梢开始萌发,由于幼叶生长缓慢,林下茶树的光照和温度仍较充足,至5月中旬乌桕

枝叶基本长成,其树冠层可对茶树起到遮荫作用;至10月底乌桕叶开始脱落,此时茶叶采摘期已结束。

2.2 研究方法

小气候观测同时在两块茶园进行。用ZF-2型照度计测定光照强度;用天空辐射仪(DFY2型)和直接辐射仪(DT-830型)定位定时分别测定太阳总辐射、直接辐射、散射辐射、反射辐射和透过辐射,并计算出吸收辐射。用通风干湿计观测气温、相对湿度和绝对湿度。用地温计测定土温,上述观测均在晴天进行。土壤含水量用土钻每隔10cm分层取土烘干法测定;用压力膜仪(CAT型)测定土壤水势能,计算土壤有效水量。就地设置雨量筒逐日观测降水量。茶叶(一芽、二、三叶)生化成分的测定^[1];水浸出物用杯量法,氨基酸用茚三酮比色法,茶多酚用酒石酸铁比色法,儿茶素用香荚兰素比色法。根据茶园样方分批采摘鲜叶,按4:1换算成干茶产量。

3 结果与讨论

3.1 茶园的光照强度

由图1可见,初春(2月28日)对照茶园的

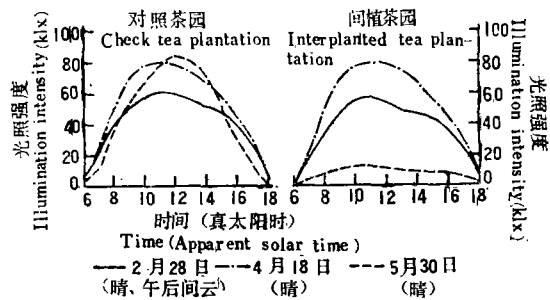


图1 不同茶园光照强度比较

Fig.1 Comparison of light intensity of illumination in the different tea plantations.

光照强度的日变化与间作茶园十分相近;至4月下旬开始采摘春茶时,乌桕新叶初萌发,两类茶园的光照强度仍相近;到夏季(5月30日以后),乌桕已完全展叶,其树冠截留太阳光

能, 林下光照减弱, 间植茶园比对照茶园的光照强度显著减少, 前者日间光照变幅为1 300—1 3500Lx, 后者为 3 100—31 000Lx。不过, 间植茶园的乌柏树疏散分布, 茶树遮荫面随太阳高度角的变化而移动, 使林下光照分布不均, 且夏秋季茶园内光照不均匀程度大于春季。

3.2 茶园太阳辐射能的分配

在对照茶园太阳辐射直接到达茶树冠层, 茶树可以截获大部太阳辐射能。据 5 月30日晴天观测(表 1), 日间 6 时至18时的太阳总辐射

表 1 不同茶园夏季茶树冠层太阳辐射的分配状况
(1987年 5 月30日, 晴)

Tab.1 Distribution of solar radiation on tea crowns in different tea plantations in summer

项 目 Item	对照茶园 Check tea plantation	间植茶园 Interplanted tea plantation
总辐射 Total radiation ($J \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$)	2709.3	921.5
直接辐射 Direct radiation ($J \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$)	1944.3	485.3
散射辐射 Diffuse radiation ($J \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$)	764.9	436.2
散射辐射/直接辐射 Diffuse radiation/direct radiation	0.39	0.90
吸收率 (%) Absorption rate	80.2	72.5
反射率 (%) Reflection rate	15.2	17.6
透过率 (%) Transmission rate	5.0	10.9

为 $2709.3 J \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$, 被茶树截获的吸收辐射为 $2174.2 J \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$, 其吸收率为80.2%。而在间植茶园中, 太阳辐射首先为乔木层截留一部分, 到达茶树冠层的总辐射大大减少, 只有 $921.5 J \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$, 其吸收率亦降至72.5%, 这样, 夏秋季乌柏林冠层对茶树起到一定遮荫作用, 减少强光直射。对照茶园茶树冠层的直接辐射为 $1944.3 J \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$, 散射辐射为 $764.5 J \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$, 散射辐射/直接辐射比值为 0.39; 而间植茶园的直接辐射减至 $485.3 J \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$, 散射辐射为 $436.2 J \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$, 散射辐射/直接辐射比值增至 0.90; 在

正午 12 时的散射辐射/直接辐射比值也可达 0.78, 而对照茶园此比值却只有0.29。因此, 间植茶园中的散射光显著增强。在夏季, 间植茶园的茶树冠层有较多辐射能被反射和透过, 其日平均反射率为17.6%, 透过率为10.9%; 而对照茶园的反射率和透过率分别为 15.2%及 5.0%。晴天正午对照茶园的反射辐射为 $0.816 J \cdot cm^{-2} \cdot min^{-1}$, 透过辐射为 $0.285 J \cdot cm^{-2} \cdot min^{-1}$; 而间植茶园这两种辐射分别为 $0.285 J \cdot cm^{-2} \cdot min^{-1}$ 和 $0.222 J \cdot cm^{-2} \cdot min^{-1}$ 。

从图 2 可以看出太阳辐射各分量的日变

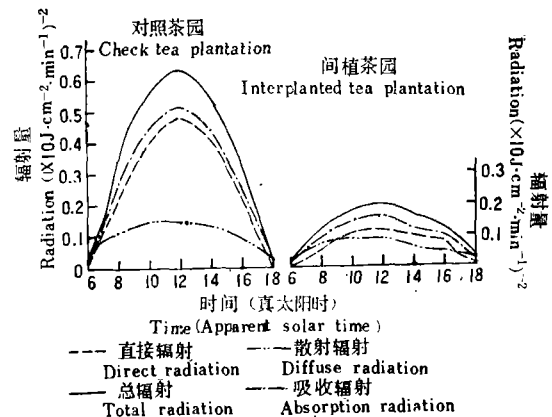


图 2 不同茶园的辐射分配日变化 (1987. 5. 30, 晴, 晨雾)

Fig.2 Daily variation of radiation distribution in different tea plantations.

化, 无论是总辐射, 还是直接辐射均以正午最高, 向早晚明显趋于减弱。在对照茶园, 茶树冠层的吸收辐射日变化也呈明显的单峰形, 正午可达 $4.962 J \cdot cm^{-2} \cdot min^{-1}$, 夏季日间大部分时间(8—16时)的太阳总辐射、直接辐射和吸收辐射均超过茶树的光饱和点 ($2.093 J \cdot cm^{-2} \cdot min^{-1}$)^[2,3], 茶树的光合作用速率下降, 次生代谢受阻。但在间植茶园中, 由于乌柏树冠遮荫, 到达茶树冠层的太阳总辐射大大减少, 其余各辐射分量亦都明显低于对照茶园, 其日变化峰形也较平缓, 日间茶树冠层的太阳总辐射、直接辐射和吸收辐射大都介于茶树光补偿

点($0.418\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$)^[2]和光饱和点之间,改善了茶树冠层的光质,有利于茶树进行光合作用和改善茶叶内质^[8,9]。

3.3 茶园近地层的温度状况

太阳辐射在茶园内的再分配,使茶园的热量平衡随茶园类型而改变。在对照茶园,白天茶树冠层是聚热最多,温度最高的一层,而地面温度较茶树冠层低;夜间茶树冠层受长波辐射的影响,散热快,温度低。由表2可知,间植

表2 茶树冠层气温($^{\circ}\text{C}$)的季节变化(1987)

Tab.2 Seasonal variation of air temperature on the tea crowns (1987)

茶园类型 Type of tea plantation	观测日期* Date of observation	日均温 Mean daily temperature	最高温度 Maximum temperature	最低温度 Minimum temperature	日较差 Daily range
对照茶园 Check tea plantation	4月18日	19.1	32.3	7.6	24.7
	5月30日	26.4	36.1	18.8	17.3
	8月24日	28.8	34.4	24.3	10.1
间植茶园 Interplanted tea plantation	4月18日	18.4	30.3	7.8	22.5
	5月30日	23.4	29.4	18.9	10.5
	8月24日	27.1	30.3	24.6	5.7

* 观测日均为晴天。

茶园在秋末乌桕落叶后到次年春季新叶萌发前,茶树冠层的日均温与对照茶园比较接近,但其温度日较差均超过 20°C ;到夏秋季节,由于乌桕林冠层截留太阳辐射能,间植茶园的热状况明显改变,白天茶树冠层的气温低于对照茶园,正午最高温度一般只有 30°C 左右,比对照茶园低 $4-7^{\circ}\text{C}$ 。两种茶园的气温日较差随

气温升高而减少,惟间植茶园内的气温日较差明显低于对照茶园。所以,夏秋季节乌桕树的遮荫对调节茶树冠层的温度有积极意义,使间植茶园保持较适宜的温度条件,有利茶树新梢生长^[8]。

夏季茶园不同高度气温日变化的观测表明(图3),对照茶园白天受日射的影响,茶树冠

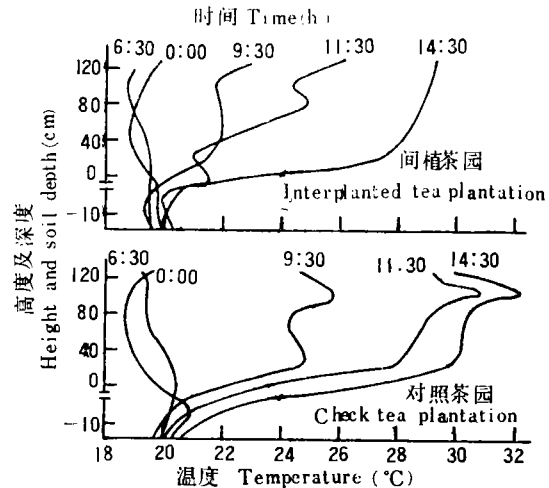


图3 两类茶园不同时间气温和土温的垂直分布

Fig.3 Vertical distribution of air and soil temperatures at different times in the two types of tea plantations.

层(100cm高度)的气温最高,向树冠下方及上方均趋下降,到地面急剧降低,正午前后上下层之间相差 7°C 以上,土壤温度由地表向下继续缓慢下降;从夜间0时到清晨6时30分,茶园内部温度的垂直变化相对比较稳定,茶树冠层的

表3 不同季节茶树冠层空气湿度之比较

Tab.3 Comparison of air humidity of tea crowns in different seasons

茶园 Tea plantation	日期 Date	绝对湿度 Absolute humidity (mb)			相对湿度 Relative humidity (%)		
		日均 Day mean	夜均 Night mean	日较差 Daily range	日均 Day mean	夜均 Night mean	日较差 Daily range
对照茶园 Check tea plantation	3月2日	5.5	6.7	3.1	58.0	83.2	68.2
	5月30日	23.0	20.9	9.1	68.7	95.0	49.0
	8月24日	33.5	31.0	4.2	77.6	94.6	27.0
间植茶园 Interplanted tea plantation	3月2日	5.7	7.0	2.9	58.9	87.6	65.0
	5月30日	22.9	21.7	7.9	75.7	95.2	44.0
	8月24日	33.1	31.6	4.7	85.1	95.4	19.0

温度较低, 向地面略有升高, 而土壤温度仍由地面向下减低。说明对照茶园的温度垂直变化在白天呈日射型, 温度变幅大; 夜间到清晨呈辐射型, 温度变幅较小。在间植茶园, 白天茶树冠层的温度显著低于对照茶园, 地面以上温度随高度增加而趋于上升, 夜间略有下降, 但上午茶树冠层需吸热, 其温度略低于其上、下方的温度。白天间植茶园的地面温度均低于对照茶园, 而地下 15cm 的土温仍与对照茶园相近。由此可知, 夏季无论是对照茶园, 还是间植茶园, 土温的变幅很小; 而近地层气温的变幅则很大, 对照茶园又大于间植茶园。间植茶园温度的改善, 可防止夏季遭受热害, 减少茶树蒸腾和地面蒸发。

3.4 茶园的空气湿度状况

茶园的空气湿度受气温、土壤蒸发和植物蒸腾的影响, 也和茶园中的水汽乱流交换有关。随着季节变化及昼夜交替, 茶园的空气湿度呈有规律的变化。由表 3 可知, 茶园的空气绝对湿度春季较低, 到夏秋显著升高, 这与屯溪气象站多年观测结果是一致的。夏季茶园的绝对湿度日较差均高于春季及秋季, 对照茶园内的日较差又高于间植茶园。而空气相对湿度由春季到秋初逐渐增高, 其日较差则以春季 > 夏季 > 秋季的序列出现。间植茶园的相对湿度在不同季节, 尤其是白天均高于对照茶园, 夏秋季夜间的相对湿度高达 95% 左右。由图 4 可见, 茶园空气相对湿度的日变化在日间形成低谷, 午后 13 时前后相对湿度最低, 清晨及夜间趋于增高。清晨 5 时左右空气湿度接近饱和, 相对湿度可达 98%。春季常有晨雾, 茶园相对湿度的昼夜变幅最大, 可达 64%, 而夏季为 44—49%, 秋季只有 19—27%。日间间植茶园相对湿度的低谷时间亦由春季到秋季逐渐延长。间植茶园的相对湿度在早晨 6 时至晚 22 时这段时间均高于对照茶园, 有利于茶树新梢生长。

3.5 茶园土壤的水分状况

供试茶区多年平均降水量为 1 670mm, 降

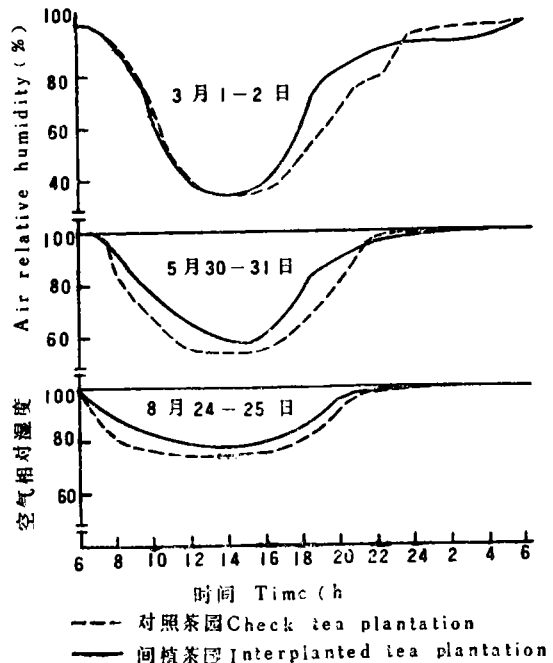


图 4 两类茶园空气相对湿度的日变化

Fig.4 Daily variation of relative humidity in two types of tea plantations.

雨 152 天, 3—7 月雨水较多, 每月的降水量均超过 150mm, 其中 5—6 月可超过 250mm; 伏天雨水较少, 有伏旱发生; 冬季 (11—1 月) 的月平均降水量只有 50mm 左右 (图 5)。茶园土壤的水分贮存情况全年可分为 3 个时期: 3—5 月为土壤水分盈余期, 降水较多, 土壤

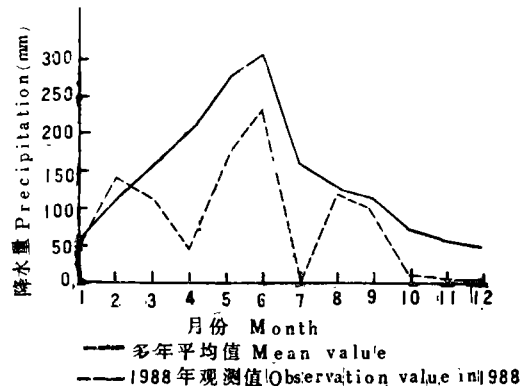


图 5 试验茶区降水量的分布

Fig.5 Distribution of precipitation in the studied area.

蒸发和茶树蒸腾耗水较少, 土壤贮水充足, 一般高于田间持水量; 6—9月为土壤水分消耗期, 气温高, 茶树需水多, 蒸腾蒸发较强; 10月至次年2月为土壤水分补给期, 此时茶树生长耗水大大减少, 土壤水分由降水得到补充。1988年为干旱年份, 全年降水只有1 038mm, 其中4月和7—8月发生干旱, 7月全月无雨, 茶树受到严重干旱威胁, 至8月上旬所有茶园土壤的含水量降到最低值(图6)。从1m

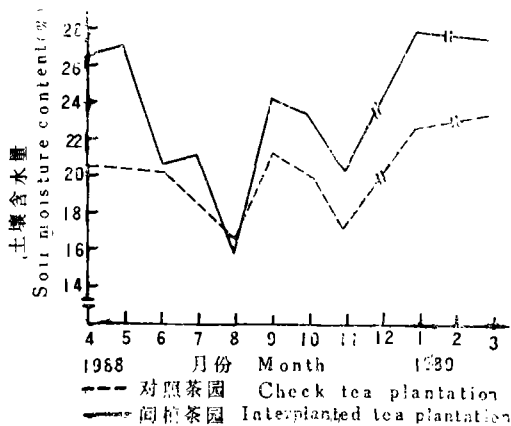


图6 不同茶园0—100cm土壤含水量的年变化

Fig.6 Annual variation of water contents of soil layers (0—100cm) in different tea plantations.

土体含水量来看, 除极端干旱条件以外, 间植茶园的土壤供水状况均优于对照茶园土壤。值得注意的是, 乌桕根系分布深, 可从深层(50cm以下)吸收土壤水分; 而茶树根系大部

分在0—60cm土层内, 主要吸收上层(0—50cm)土壤的水分, 从0—50cm和50—100cm的土壤水分状况可以看出(表4), 两类茶园在

表4 不同茶园的土壤水分含量(%)

Tab.4 Water contents(%) in different tea soils

采样日期 Sampling date	深度 Depth (cm)	土壤水 Soil water		土壤有效水 Soil available water	
		对照茶园 Check tea plantation	间植茶园 Interplanted tea plantation	对照茶园 Check tea plantation	间植茶园 Interplanted tea plantation
1988年	0—50	23.6	26.3	8.5	10.0
4月9日	50—100	22.0	26.7	5.0	8.1
5月14日	0—50	22.8	27.2	7.7	10.9
	50—100	21.3	26.8	4.3	8.2
6月9日	0—50	17.7	19.5	2.6	3.2
	50—100	22.6	21.5	5.6	2.9
7月9日	0—50	17.1	19.4	2.0	3.1
	50—100	20.2	22.8	3.2	4.2
8月9日	0—50	14.7	14.2	-0.4	-2.1
	50—100	18.2	16.9	1.2	-1.7
9月9日	0—50	20.2	23.3	5.1	7.0
	50—100	21.8	24.9	4.8	6.3
10月9日	0—50	18.2	22.0	3.1	5.7
	50—100	21.2	24.7	4.2	6.1
11月9日	0—50	14.5	18.2	-0.6	1.9
	50—100	19.4	22.1	2.4	3.5
1989年	0—50	23.0	30.0	7.9	13.7
1月14日	50—100	21.8	25.4	4.8	6.8
3月20日	0—50	23.1	26.5	9.2	10.2
	50—100	23.3	27.7	6.3	9.1

1—5月的土壤含水量均超过田间持水量(对照茶园0—50cm及50—100cm的0.3巴土壤含水量分别为19.6%及20.9%, 间植茶园分别为23.2%及24.3%)。当茶树进入生长盛期和采

表5 不同年份试验茶园的茶叶产量(kg/ha)

Tab.5 Tea yield (kg/ha) of experimental tea plantations in different years

年份 Year	茶园类型 Type of tea plantation	春茶 Spring tea	夏茶 Summer tea	秋茶 Autumn tea	总产量 Total yield	增产(%) Increase in yield
正常年 Normal year (1989)	对照茶园 Check tea plantation	933.1	628.0	812.6	2373.7	—
	间植茶园 Interplanted tea plantation	910.8	878.9	823.6	2613.3	10.1
干旱年 Drought year (1988)	对照茶园 Check tea plantation	714.3	498.7	498.9	1711.9	—
	间植茶园 Interplanted tea plantation	915.5	585.7	649.9	2151.1	25.7

表 6 试验茶园的茶叶生化成分

Tab.6 Biochemical constituents of tea in experimental tea plantations

茶园类型 Type of tea plantation	月 份 Month	水 浸 出 物 Water extract (%)	氨 基 酸 Amino acid (%)	茶 多 酚 Tea polyphenol (%)	儿 茶 素 Catechin (%)	茶多酚/氨基酸 Tea polyphenol /amino acid
对照茶园	4	44.1	3.88	19.95	6.19	5.14
Check tea plantation	8	41.8	3.02	23.61	10.93	7.82
间植茶园	4	48.6	5.09	21.32	9.11	4.19
Interplanted tea plantation	8	39.5	3.58	19.93	8.56	5.57

茶期, 对照茶园主要消耗 0—50cm 土壤的水分; 而 50—100cm 土壤的含水量仍比上层多, 即使在干旱的 7、8 月仍介于田间持水量和凋萎含水量(15巴土壤含水量为 17.0%)之间。就间植茶园而言, 土壤含水量均高于对照茶园, 但在茶树和乌柏生长期, 尤其在 6—8 月, 0—50cm 和 50—100cm 土壤的水分同步消耗, 乌柏主要吸收下层(50cm 以下)土壤水分, 与茶树无明显争水矛盾。间植茶园的土壤有效水量一般均高于对照茶园, 唯长期无雨条件下土壤呈现缺水现象, 但由于乌柏树遮荫能减轻茶树的水分消耗, 茶树新梢生长仍比对照好, 茶叶产量亦高于对照茶园(表 5)。

3.6 茶叶的产量和品质

试验茶园的茶叶产量见表 5, 由于当地重采春茶, 春茶的产量高于夏、秋茶。在正常年份, 如雨量丰沛的 1989 年, 对照茶园茶叶产量(干茶)为 2373.7kg/ha, 间植茶园增至 2613.3kg/ha, 比对照增产 10.1%, 其中夏茶可增产 40% 左右。而在干旱的 1988 年, 两类茶园的茶叶产量均有不同程度的下降, 对照茶园为 1711.9kg/ha, 间植茶园为 2151.1kg/ha, 增产幅度可提高到 25.7%; 其中春茶增产 28.2%, 夏茶因干旱, 增产 17.4%, 秋茶增产 30.3%。这就说明在干旱和夏季高温的年份, 间植茶园的产量比正常年份可以减少损失, 增产幅度相对更高些。

乌柏间植茶园由于气候生态环境改善和土壤肥力提高, 茶叶品质得到提高。据供试茶园

土壤的测定^[7], 20 龄的茶园土壤有机质和氮、磷、钾含量均是间植茶园高于对照茶园。因此, 间植茶园春茶的氨基酸、儿茶素和水浸出物的含量普遍高于对照茶园。6—8 月茶树在遮荫条件下, 间植茶园的夏、秋茶的氨基酸含量仍高于对照茶园, 而茶多酚的含量, 以及茶多酚/氨基酸比值则低于对照茶园(表 6)。这些都证明间植茶园茶叶的内质优于对照茶园, 适制优质绿茶。

综上所述, 茶树-乌柏复合生态系统可为茶树生长创造良好的光质、温度和湿度条件, 能够充分利用和调节土壤水分, 是江南茶区茶园生态系统的能流和物流良性循环的一种较理想的立体种植模式, 可以在丘陵茶区试种推广, 但要注意乌柏种植密度, 适度遮荫。

参 考 文 献

- 1 中国农业科学院茶叶研究所编. 1983. 茶树生理及茶叶生化实验手册. 农业出版社, 北京, 119—198.
- 2 庄雪岚. 1982. 茶树光合作用研究进展. 国外农学——茶叶, (3): 1—10.
- 3 庄晚芳. 1984. 茶树生理. 农业出版社, 北京, 20—55.
- 4 庞振潮. 1981. 散射直射比 (D/S) 与茶树光能利用率. 茶叶, (4): 5—7.
- 5 黄寿波. 1985. 我国茶树气象研究进展. 浙江农业大学学报, (1): 87—96.
- 6 黄寿波. 1984. 皖浙闽主要高山名茶的气候生态分析. 茶业通报, (2): 11—16.
- 7 黄晓渊、丁瑞兴. 1989. 皖南茶柏复合生态系统的土壤肥力特性. 茶叶科学, (2): 109—116.
- 8 潘根生、高入俊. 1986. 茶树遮荫生理生化变化. 茶叶科学, (2): 1—6.
- 9 Hadfield, W. 1974. Shade in North-East Indian tea plantations. J. Applied Ecology, 11: 151—199.