

胡桂萍, 曹红妹, 石旭平, 等. 间作植被对茶园生态环境和茶叶产量的影响[J]. 江西农业大学学报, 2019, 41(2): 300–307.



间作植被对茶园生态环境和茶叶产量的影响

胡桂萍^{1,2}, 曹红妹^{1,2}, 石旭平^{1,2}, 邓真华^{1,2}, 杜贤明^{1,2}, 王礼献^{1,2},
俞燕芳^{1,2}, 黄金枝^{1,2}, 郑蜀云^{1,2}, 胡丽春^{1,2}, 符昌红^{1,2}

(1. 江西省蚕桑茶叶研究所, 江西 南昌 330202; 2. 江西省蚕桑工程技术研究中心, 江西 南昌 330202)

摘要: 探讨油菜、圆叶决明和樱花分别间作茶园对土壤养分、茶园生物多样性以及茶叶产量的影响。结果显示: 与对照相比, 茶园间作油菜、圆叶决明和樱花后, 茶园土壤有机质含量均值分别为 20.27, 21.57, 22.81 mg/kg, 与对照相比无差异; 土壤全氮含量均值分别为 1.15, 2.02, 1.58 mg/kg, 与对照相比有显著差异; 土壤全 P 含量均值分别为 83.27, 71.98, 109.63 mg/kg, 与对照相比有显著差异; 土壤全 K 含量均值分别为: 101.89, 72.21, 80.16 mg/kg, 与对照相比有显著差异。与对照相比, 茶园间作油菜和樱花后茶园内物种多样性指数和益害比显著提高, 分别为 1.584 和 1.815, 2.2:1 和 3.1:1; 茶园间作圆叶决明后多样性指数和益害比指数降低, 为 0.799, 1.6:1。圆叶决明间作茶园和油菜间作茶园物种均匀度指数为 0.248 和 0.108, 低于对照; 樱花间作茶园物种均匀度为 0.279, 高于对照。樱花间作茶园与对照茶园的昆虫相似性系数最高, 为 0.95。圆叶决明间作茶园茶叶产量最高, 为 1 753.08 g/m², 显著高于对照; 樱花间作茶园和油菜间作茶园茶叶产量分别为: 1 280 g/m² 和 1 097.16 g/m², 均低于对照。相关性分析显示茶叶产量与土壤有机质、全 N 含量为正相关性, 与茶园生物多样性存在负相关。可以得出: 圆叶决明间作茶园可以显著提升茶园土壤全氮含量, 樱花间作茶园可以提高土壤中全磷含量, 油菜间作茶园可提高土壤中全钾含量; 茶园间作樱花可提高茶园益害比; 茶园间作圆叶决明有利于提高茶叶产量; 茶叶产量与土壤有机质和全氮含量有关。

关键词: 间作茶园; 生物多样性; 影响

中图分类号: S571.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2019)02-0300-08

Effects of Intercropping Vegetation on Ecological Environment and Tea Yield in Tea Plantations

HU Gui-ping^{1,2}, CAO Hong-mei^{1,2}, SHI Xu-ping^{1,2}, DENG Zhen-hua^{1,2},
DU Xian-ming^{1,2}, WANG Li-xian^{1,2}, YU Yan-fang^{1,2}, HUANG Jin-zhi^{1,2},
ZHENG Shu-yun^{1,2}, HU Li-chun^{1,2}, FU Chang-hong^{1,2}

(1. Jiangxi Sericulture and Tea Research Institute, Nanchang 330202, China; 2. Research Center of Jiangxi Silk and Mulberry Engineering & Technology, Nanchang 330202, China)

Abstract: The effects of intercropping rape, *Cassia rotundifolia* and Sakura in tea garden on soil nutrients,

收稿日期: 2018-07-23 修回日期: 2018-10-24

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项项目(CARS-18)和江西省软科学研究计划项目(20161BBI90008)

Project supported by the National Modern Agricultural Industrial Technology System(CARS-18) and Jiangxi Soft Science Program(20161BBI90008)

作者简介: 胡桂萍(1985—), 女, 博士, 主要从事有害生物综合治理方面的研究, hugp_2007@163.com。

biodiversity and yield were investigated. The results showed that, compared with the control group, the mean soil organic matter contents in the tea garden were 20.27 mg/kg, 21.57 mg/kg and 22.81 mg/kg, respectively, after intercropping rape, *Cassia rotundifolia* and Sakura. The mean total nitrogen contents of the soil were 1.15 mg/kg, 2.02 mg/kg, and 1.58 mg/kg, respectively. The mean values of total P in the soil were 83.27 mg/kg, 71.98 mg/kg and 109.63 mg/kg, respectively. The mean values of total K contents in the soil were: 101.89 mg/kg, 72.21 mg/kg, and 80.16 mg/kg, respectively. Compared with the control group, the species diversity index and the ratio of benefit and harm in the tea garden intercropped with rape and Sakura were 1.584 and 1.815, 2.2:1 and 3.1:1 respectively, both increased significantly. The diversity index and damage ratio index of the tea garden intercropped with *Cassia rotundifolia* decreased to 0.799, 1.6:1. The evenness index of the tea garden intercropped with rape and *Cassia rotundifolia* were 0.248 and 0.108, lower than that of the control group. The species evenness of the tea garden intercropped with Sakura was 0.279, higher than that of the control group. The insect similarity coefficient between the tea garden Sakura and the control tea garden was the highest, which was 0.95. The highest yield of tea was 1 753.08 g/m² in the tea garden intercropped with *Cassia rotundifolia*, which was significantly higher than that of the control group. The tea yields of the tea garden intercropped with Sakura and rape were 1 280 g/m² and 1 097.16 g/m², respectively, both lower than that of the control. Correlation analysis showed that tea yield was positively correlated with soil organic matter and total N content, and negatively correlated with the biodiversity of tea garden. Conclusion: the total nitrogen content of tea garden could be significantly increased by intercropping tea garden with *Cassia rotundifolia*. Intercropping *Cassia rotundifolia* in tea garden can improve the ratio of benefit to harm in the tea garden. Tea garden intercropping with *Cassia rotundifolia* is beneficial to increasing tea yield. Tea yield is related to soil organic matter and total nitrogen content.

Keywords: intercropping tea plantation; biodiversity; effect

茶园间作是立体茶园构建的重要模式,也是生态茶园仿生栽培的一个重要农艺措施,在培肥土壤、改善生境、提高茶叶产量和品质方面具有重要作用^[1]。目前,有机茶园主要有三种间作模式:一是茶-林结构,在茶园里间种林木,如桉木、杉树或光皮树等树种;二是茶-果结构,根据当地气候条件,选择适宜的配种果树,如荔枝、杨梅、柚子等果树品种;三是茶-绿肥结构,在茶树行间种植绿肥及一些豆科作物,如油菜、蚕豆,种子可食用,茎蔓作肥料,且可产生根瘤固氮提高土壤肥力、保水护土^[2]。

茶园合理间作不仅可以增加茶农经济收入,还可以提高茶园土地利用率和光能利用率,调节茶园的温、光、水、热变化,改善茶园小气候和茶园环境,保证茶树正常生长^[3]。近年来,茶园间作研究应用在产茶大省如福建、贵州、山东等地区较多,取得良好的经济、生态等综合效益。如黄义德等^[4]研究发现茶-稻间作系统在盛夏期可减弱相对光照 35.7%,盛夏期午后温度可降低 0.9~1.9℃;吕小营^[5]研究表明,茶园间作春玉米和花生,可使茶园土壤相对含水量分别增加 17.5% 和 3.2%,能有效提高土壤水土保持力;宋同清等^[6]研究发现,茶园间作 4 年白三叶后,茶园土壤 N、K 和有机质分别增加了 33.33%、16.22% 和 24.11%;陈李林等^[7]研究表明,茶园间作圆叶决明或百喜草均显著增加了茶冠层和凋落层捕食螨的有效多样性指数、物种丰富度和个体数;王国华^[8]对茶园间作花生和玉米的研究表明,间作玉米茶园茶树的成活率比间作花生茶园高 7.6%,分枝数多 5 根,茶树增高 11.5 cm。但由于各地茶区的土壤、气候及栽培品种等因素不尽相同,即使是同一模式,取得的生态、经济综合效益效果也不一样。

江西省为我国绿茶重要生产基地,生态环境好。近年来,江西共建设标准生态有机茶园 1 万余公顷,其中,婺源县于 2014 年种植茶园面积 1.17 万余公顷,其中有机茶园 0.2 万公顷,绿色食品认证茶园面积 0.73 万余公顷,生产茶叶 1.35 万 t,实现茶产业系列产值 22 亿元,出口创汇 4 500 万美元^[9]。但是,江西生态茶园建设起步晚、标准化程度低,茶园间作模式研究较少。

因此,课题组基于生态学原理,在红壤丘陵茶园区开展 3 种不同间作模式研究,试验间作作物分别为豆科类作物:圆叶决明,遮阴植物:樱花;蜜源植物:油菜。通过调查间作茶园的物种多样性、土壤肥力以及茶叶产量并进行评价和分析,以期构建适合江西红壤丘陵茶区间作茶园模式提供参考和借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验研究样地设在江西省黄马乡江西省现代生态农业示范园,试验时间为2016年1月至2017年12月。供试有机茶园的茶树品种为安吉白茶,树龄5年,茶树行距80 cm,间距30 cm,树高60 cm,树幅30 cm;茶园不施用除草剂、农药和肥料。试验用的油菜品种为中油杂2号;樱花品种为日本樱花;圆叶决明品种为福引圆叶决明1号。

1.2 试验设计

选择地势、地理、茶树树势均统一的试验茶园4块,面积约为13 340 m²/块,将四块茶园分别设置为间作油菜、圆叶决明、樱花树及空白对照4个处理,分别按照试验的测定项目和方法开展相关实验研究。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 茶园蜜源植物油菜间作 于2016年10月初在试验茶园茶行间播种油菜种子,待2017年5月油菜花期过后连油菜茎秆一起翻土,期间每隔30 d定期检测土壤肥力的含量,取样时间段为10月到次年5月,土壤肥力指标为有机质、全N、全P、全K,结合对照茶园进行比较分析,同时同步定期采样调查茶园生物多样性和茶叶产量。

1.3.2 茶园绿肥作物圆叶决明间作 于2017年4月初在试验茶园茶行间播种圆叶决明种子,待10月圆叶决明接籽后收割后翻土,期间每隔30 d定期检测土壤肥力,取样时间段为4月到10月,土壤肥力指标为有机质、全N、全P、全K,结合对照茶园进行比较分析,同时同步定期采样调查茶园生物多样性和茶叶产量。

1.3.3 有机茶园遮阴植物间作 于2017年3月初,以5 m为株距在茶行间种植两年以上樱花树,樱花树高4~5 m,待4月份樱花树苗成活长叶后,每隔30 d定期检测樱花树树荫下土壤中有有机质、全N、全P、全K的含量,取样时间段为4月到次年10月,同时同步定期采样调查对照茶园的生物多样性和茶叶产量。

1.3.4 土壤养分检测方法 土壤中有有机质含量用外加热重铬酸钾容量法测量^[10];土壤中全N含量采用半微量凯氏定氮法测定^[11];土壤中全P含量采用H₂SO₄-H₂O₂消化-钼锑抗比色法^[12];土壤中全K含量采用氢氧化钠融溶浸提法^[13]。

1.3.5 茶叶产量的测评 调查期内,在每块茶园试验区,随机选出5个50 cm×50 cm的样方区,用木框架固定好,采集框架样方区内所有的一芽一叶和一芽二叶,进行称重和数量统计,计算每个样方内的百芽重和单芽重,以此测算茶叶产量。

1.3.6 茶园生物多样性调查 定期调查各植物间作有机茶园和对照茶园生物多样性,主要是茶园害虫种群动态,蜘蛛、寄生蜂等天敌种群动态。采用常规的棋盘式取样法,分别使用捕虫网(网口直径约40 cm,网布采用密尼龙布)和盆拍法每隔1 m茶蓬取一网,盆拍一次,拍10下,每块试验地至少取50网,盆拍50次;此外,在每块试验茶园随机挑选10株茶树自上而下仔细进行观察和采集,统计每月虫量,并进行物种多样性指数(H')、均匀度指数(J')分析和相似度系数(C_s)分析,

1.3.7 有关指标的计算方法 多样性指数采用Shannon-Wiener多样性指数(H'),物种均匀度采用Pielou均匀度指数(J'),物种相似度采用Sorenson相似性系数(C_s),计算公式如下:

$$\text{多样性指数 } H' = -\sum P_i \cdot \ln P_i \quad (1)$$

(1)式中: $P_i = N_i/N$, P_i 为第*i*个物种个体数占物种总数的比例, N 为物种个体总数, N_i 为各物种的个体, S 为类群数^[14]。

$$\text{均匀度指数 } J' = H' / \ln S \quad (2)$$

(2)式中: H' 表示Shannon-Wiener多样性指数, S 表示物种数^[15]。

$$\text{相似度指数 } C_s = 2c/(a+b) \quad (3)$$

(3)式中: c 为两区域的共同物种数, a 和 b 则分别表示区域A和区域B的物种数^[16]。

1.4 统计方法

采用SPSS(17.0)软件对试验数据进行处理和统计分析,多重比较采用Duncan法,相关性分析采用Pearson法。采用Excel(2010)制作图表。

2 结果与分析

2.1 不同间作作物对茶园土壤养分含量的影响

不同间作模式对茶园土壤养分含量影响见表1,茶园间作樱花后7个月内土壤中有机质含量最高,平均值为22.81 mg/kg;茶园间作圆叶决明后7个月内土壤有机质平均值为21.57 mg/kg;而茶园间作油菜后8个月间,土壤有机质平均值含量为20.27 mg/kg;但4个处理间土壤有机质含量无显著差异。

而茶园间作不同作物对茶园土壤全氮、磷、钾含量影响不同。其中茶园间作圆叶决明后,7个月内土壤全N含量均值与对照差异显著,而土壤全P、N含量对照无差异;其中土壤中全N含量均值较对照明显升高,为2.02 mg/kg,与空白对照全N含量1.21 mg/kg相比增加0.81 mg/kg;全P含量均值与对照相比上升5.63 mg/kg,全K含量均值与对照相比,下降9.89 mg/kg。

间作遮阴植物樱花树7个月内,土壤全P含量均值也明显升高,增加值为43.28 mg/kg,为109.63 mg/kg,全N含量均值上升0.37 mg/kg,为1.58 mg/kg,与空白之间存在不显著差异,全K含量均值下降1.94 mg/kg,与对照无差异。

间作油菜8个月内,茶园土壤中全K含量均值明显升高,增加值为19.79 mg/kg,上升24.1%,全N含量均值下降0.06 mg/kg,为1.15 mg/kg,与对照无差异,全P含量均值上升16.92 mg/kg,为83.27 mg/kg,与对照存在显著性差异。

表1 不同间作模式下生态茶园土壤养分含量值
Tab.1 Index value of soil physicochemical properties in ecological tea plantation under different intercropping patterns

间作物物 Intercrops	有机质 Organic matter	全氮(N) Total N	全磷(P) Total P	全钾(K) Total K
油菜 Rape	20.27±0.58 ^a	1.15±0.13 ^b	83.27±0.95 ^b	101.89±0.29 ^a
圆叶决明 <i>Cassia rotundifolia</i>	21.57±0.62 ^a	2.02±0.24 ^a	71.98±0.75 ^c	72.21±0.77 ^b
樱花 Sakura	22.81±0.39 ^a	1.58±0.13 ^{ab}	109.63±0.44 ^a	80.16±0.86 ^b
CK	20.35±0.25 ^a	1.21±0.37 ^b	66.35±0.21 ^c	82.10±0.47 ^b

数据为平均值±标准差,字母表示差异性,同一行相同字母差异不显著,不同字母差异显著

The data is mean ±standard deviation, the letter indicates the difference, the same letter difference is not significant, the different letter difference is significant

2.2 间作作物对茶园生物多样性的影响

茶园间作不同作物,茶园群落多样性分析统计表2可知,科和属种类平均数均以对照CK的数量最多,分别为15科和20属,以圆叶决明间作茶园中的节肢动物数量最少,分别为10科和11属;从害虫总数来看,樱花间作茶园内昆虫数量最多,达1606只,以圆叶决明间作茶园中昆虫数量最少,为428只,与CK相比,害虫总数均值下降了67.4%;4个间作模式内茶园的昆虫多样性指数(H')大小依次为:樱花间作茶园>CK>油菜间作茶园>圆叶决明间作茶园,多样性指数与科、属及物种数变化规律保持一致;均匀度指数(J')是指环境对昆虫群落综合作用的结果^[17],本次试验4个间作模式茶树害虫调查时间相同,因此,从表2结果来看,与对照茶园昆虫均匀度0.261相比,樱花间作茶园的昆虫均匀度提高了0.018,油菜和圆叶决明间作茶园的昆虫均匀度分别下降了0.153和0.013,且各个模式的均匀度指数(J')较低,均小于0.5。

通过表3可知相似性系数 $C_s>0.7$ 有2组模式,分别为樱花间作茶园与对照CK和油菜与圆叶决明,其中以樱花与CK的相似性系数(0.95)最高,表明上述两组模式茶园昆虫群落相似性程度极高;相似性系数 $0.5<C_s<0.7$ 有2组模式,分别为油菜与CK(0.51)和圆叶决明与CK(0.55),表明这两组模式茶园之间昆虫群落存在一定的相似度但是相似程度不高;相似性系数 $C_s<0.5$ 有2组模式,分别为油菜与樱花(0.47)和圆叶决明与樱花(0.38),表明油菜、圆叶决明均与樱花茶园昆虫群落相似度极低。

不同间作模式下有机茶园害虫种类和益害比如表4可知:间作油菜、圆叶决明和樱花茶园的害虫种

类值依次为 12、11 和 15 种,均少于对照的害虫种类数 20 种,表明茶园间作油菜、圆叶决明和樱花可减少茶园内害虫种类;间作不同作物后,茶园内天敌数量不同,按天敌数量由多到少依次为:樱花、油菜、CK、圆叶决明,且天敌最多的种类均为蜘蛛;且茶园内益害比不同,与对照茶园益害比 1.8:1 相比,以樱花益害比 3.1:1 最高,圆叶决明益害比 1.6:1 最低。

表 2 不同间作模式下有机茶园昆虫群落多样性分析统计
Tab.2 Analysis and statistics of insect community diversity in organic tea plantation under different intercropping patterns

间作作物 Intercrops	科数 Family number	属数 Genus number	物种数 Species number	多样性指数(H') Diversity index	均匀度指数(J') Evenness index
油菜 Rape	11	12	672	1.584	0.108
圆叶决明 <i>Cassia rotundifolia</i>	10	11	428	0.799	0.248
樱花 Sakura	12	15	1 606	1.815	0.279
CK	15	20	1 311	1.754	0.261

表 3 不同间作模式下有机茶园昆虫群落相似性系数(C_s)
Tab.3 Similarity coefficient of insect community in organic tea garden under different intercropping patterns

间作作物 Intercrops	CK	樱花 Sakura	圆叶决明 <i>Cassia rotundifolia</i>	油菜 Rape
油菜 Rape	0.51	0.47	0.77	
圆叶决明 <i>Cassia rotundifolia</i>	0.55	0.38		
樱花 Sakura	0.95			
CK				

表 4 不同间作模式下有机茶园害虫种类和益害比
Tab.4 Species and ratio of predators to pests in organic tea plantations under different intercropping patterns

模式 Patterns	油菜 Rape	圆叶决明 <i>Cassia rotundifolia</i>	樱花 Sakura	CK
害虫种类 Pest species	12	11	15	20
益害比 Ratio of predators to pests	2.2:1	1.6:1	3.1:1	1.8:1

2.3 对茶叶产量的影响

相同的生长时间内,与对照茶树茶叶产量为 1 288.28 g/m²相比,间作圆叶决明茶园茶叶产量最高,提高了 464.8 g/m²,为 1 753.08 g/m²,产量与其他 3 个处理模式的产量存在显著性差异;间作油菜茶园茶叶产量最少,比对照降低了 191.12 g/m²,为 1 097.16 g/m²,但与樱花和对照的产量无差异;4 个间作模式茶园茶叶产量由高到低分别为:圆叶决明、CK、樱花、油菜(图 1)。

2.4 产量影响综合评价

采用 Pearson 相关分析对茶叶产量与不同间作模式下的影响参数间的相关性进行研究,结果如表 5 所示,茶叶产量与土壤有机质、全 N 含量为正相关性,与茶园生物多样性存在负相关性;茶叶产量的变化与全 P 之间存在极显著正相关,相关系数为 0.599;茶叶产量与全 K 之间存在显著负相关,相关系数为-0.453。

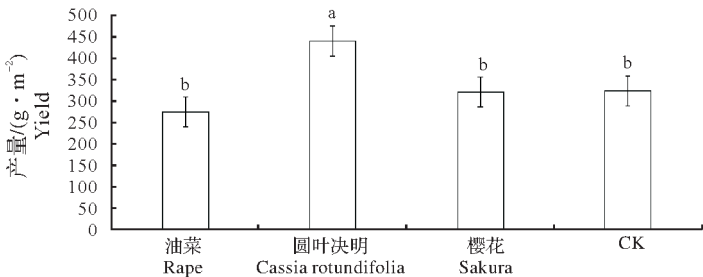


图 1 不同间作模式下的茶叶产量
Fig.1 Tea yield under different intercropping patterns

表5 茶叶产量与不同间作模式下有机茶园影响参数间的相关系数
Tab.5 Correlation coefficient between tea yield and influence parameters of organic tea garden under different intercropping patterns

影响参数 Influencing parameter	有机质 Organic matter	全 N Total N	全 P Total P	全 K Total K	生物多样性 Biodiversity
茶叶产量 Tea yield	0.516	0.306	0.599**	-0.453*	-0.72

*和**分别表示在0.05和0.01水平上相关显著(双侧检验)

* and ** showed significant correlation at 0.05 and 0.01 levels, respectively (bilateral test)

3 结论与讨论

茶园间作不同的作物可不同程度的有效改善土壤理化性质,提高茶园土壤肥力,进而提高茶叶产量,本研究结果显示间作绿肥植物圆叶决明可使茶叶株产量提高,这一结论与韩海东等^[18]的研究结论一致;茶园茶叶产量及效益受多种相关因素影响,包括土壤肥力^[19]、茶园环境、茶园生物多样性等,本研究也得到类似结论,茶园土壤中全P、有机质和全N的含量升高、全K含量降低以及茶园生物多样性降低均有利于茶叶生长,提高茶叶产量,这一结论与张小琴等^[4]研究结论一致;另外,植物间作可影响茶园的生物多样性,减少害虫数量和种类,增加害虫益害比,这一结论与刘家洪等^[20]和杨青等^[21]研究结果基本一致,即茶树害虫的种群不仅受自然天敌的制约,不同的栽培管理措施既能影响茶园生物群落的多样性,也能影响生物群落的稳定性。同时本研究还发现,茶园间作不同的植物对茶园生态系统、土壤环境系统及茶叶产量的影响是不一致的,即:茶园间作对茶园土壤肥力、生物多样性及茶叶产量的影响因间作作物的不同而有所差异,该结论与孙云南等^[22]研究结论保持一致。以昆虫群落多样性为例来看,在生态茶园中间作樱花树后昆虫多样性显著提高,均高于间作油菜和圆叶决明及空白对照的昆虫多样性,分析其原因,可能与茶树机理发生改变及茶树害虫对取食寄主的选择性有关^[23]。

茶叶是人们物质生活的必需品,随着生活水平的不断提高,人们对生活物质要求也不断提高,绿色有机食品意识不断增强,人们对茶叶的需求也向高质量、高营养、高品质方向转变,茶树的种植模式、茶叶的生产模式需要转变。本试验研究了利用植物间作互助模式可提高茶园土壤肥力、减少茶园害虫种类和数量、增加了茶叶产量,从而间接减少化学复合肥料的施用、减少化学农药的施用次数和施用量,提高了茶叶的品质质量和产量。因此,植物间作互助模式在有机茶园的应用具有广阔的前景。

然而,茶园生态系统是一个复杂的整体,影响茶树结构、形态、生理生化特性、机理及环境等因子的变化都会对茶树的生长及产量产生影响^[24]。因此,茶园生态间作模式研究是一个长期系统的过程,本研究只是作了短期的基础调查和评估,生态系统还有很多指标比如茶叶功能物质、小气候、土壤微生物等方面,还需进一步调查和研究。

参考文献:

- [1] 陈昌辉,王媛,唐茜,等.梨园间作茶园生态效应及效益分析[J].西南农业学报,2011,24(4):1446-1449.
Chen C H, Wang Y, Tang Q, et al. Ecological effect and benefit analysis of pear orchard intercropping tea garden [J]. South-west China Journal of Agricultural Sciences, 2011, 24(4): 1446-1449.
- [2] 尧水根.江西茶业发展探讨[J].农业考古,2015(2):318-321.
Yao S G. Discussion on the development of Jiangxi tea industry [J]. Agricultural Archaeology, 2015(2): 318-321.
- [3] 张小琴,陈娟,梁远发.间作对幼龄茶园生态与茶树生育及效益影响的研究进展[J].贵州农业科学,2014,42(1):67-71.
Zhang X Q, Chen J, Liang Y F. Progress on the effects of intercropping on the ecology of young tea plantations and the growth and benefit of tea plants [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2014, 42(1): 67-71.
- [4] 黄义德,张玉屏,黄文江,等.茶稻间作系统的生态结构特征及生理特性研究[J].应用生态学报,1999,6(5):559-562.
Huang Y D, Zhang Y P, Huang W J, et al. Study on ecological structure and physiological characteristics of tea and rice intercropping system [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1999, 6(5): 559-562.

- [5] 吕小营. 山东新建茶园不同间作及覆盖遮阴效应比较研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.
Lv X Y. Comparative study on shading effect of different intercropping and mulching in newly built tea garden in Shandong Province[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2011.
- [6] 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.
Song T Q, Xiao R L, Peng W X, et al. Effect of soil environment regulation on white clover intercropping in subtropical hilly tea garden[J]. Journal of Ecology, 2006, 25(3): 281-285.
- [7] 陈李林, 林胜, 尤民生, 等. 间作牧草对茶园螨类群落多样性的影响[J]. 生物多样性, 2011, 6(3): 353-362.
Chen L L, Li S, You M S, et al. Effect of intercropping forage on diversity of mite community in tea garden[J]. Biodiversity Science, 2011, 6(3): 353-362.
- [8] 王国华. 幼龄茶树间作的实践与思考[J]. 茶叶通讯, 2000, 4(4): 14-15.
Wang G H. Practice and thinking on the intercropping of young tea plants[J]. Tea Communication, 2000, 4(4): 14-15.
- [9] 王永刚, 程根明, 程国新, 等. 江西省婺源县生态标准茶园建设技术[J]. 中国茶叶, 2016(1): 22-24.
Wang Y G, Cheng G M, Cheng G X, et al. Construction technology of ecological standard tea garden in wuyuan county of Jiangxi Province[J]. Chinese Tea, 2016(1): 22-24.
- [10] 郑朝霞, 王颖, 石磊, 等. 陕西省苹果主产区土壤有机质、氮磷钾养分含量与分布特征[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(5): 1191-1198.
Zheng Z X, Wang Y, Shi L, et al. Soil organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium contents and their distribution characteristics in the main apple production area of Shanxi Province[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2017, 23(5): 1191-1198.
- [11] 濮超, 刘鹏. 耕作方式及秸秆还田对华北平原土壤全氮及其组分的影响[J]. 农业工程学报, 2018, 9(34): 160-166.
Pu C, Liu P. Effects of tillage and straw return on soil total nitrogen and its components in North China plain[J]. Journal of Agricultural Engineering, 2018, 9(34): 160-166.
- [12] 赵伟, 宋春, 周攀, 等. 施磷量与施磷深度对玉米-大豆套作系统磷素利用率及磷流失风险的影响[J]. 应用生态学报, 2018, 4(29): 1205-1214.
Zhao W, Song C, Zhou P, et al. Effects of phosphorus application rate and depth on phosphorus utilization and phosphorus loss risk in corn-soybean intercropping system[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2018, 4(29): 1205-1214.
- [13] 柳开楼, 黄晶, 张会民, 等. 长期施肥对红壤旱地团聚体特性及不同组分钾素分配的影响[J]. 土壤学报, 2018, 55(2): 443-454.
Liu K L, Huang J, Zhang H M, et al. Effects of long-term fertilization on the characteristics of aggregates and the distribution of potassium of different components in red soil[J]. Soil Journal, 2018, 55(2): 443-454.
- [14] 张兵兰, 张茵, 廖婕, 等. 香港嘉道理农场次生林区碰撞诱捕网和黑光灯捕虫器采集所得鞘翅目甲虫多样性比较[J]. 生物多样性, 2004, 12(3): 301-311.
Zhang B L, Zhang Y, Liao J, et al. Diversity comparison of coleoptera beetles collected by collision trapping net and black lamp trap in secondary forest area of kadoorie farm in Hong Kong[J]. Biodiversity Science, 2004, 12(3): 301-311.
- [15] 王晨日, 李照广, 熊嘉武, 等. 新疆天山东部鞘翅目物种多样性研究[J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(7): 87-92.
Wang C R, Li Z G, Xiong J W, et al. Study on species diversity of coleoptera in eastern Tianshan, Xinjiang[J]. Resources and Environment in Arid Areas, 2018, 32(7): 87-92.
- [16] 张萃, 方燕, 严莹, 等. 浙江宁波镇海工业园区昆虫多样性研究[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(4): 1087-1093.
Zhang C, Fang Y, Yan Y, et al. Study on insect diversity in Zhenhai industrial park, Ningbo, Zhejiang Province[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 48(4): 1087-1093.
- [17] 韩争伟, 马玲, 曹传旺, 等. 有机生太湖湿地昆虫群落结构及多样性[J]. 生态学报, 2013, 33(14): 4387-4397.
Han Z W, Ma L, Cao C W, et al. Insect community structure and diversity in organic Taihu lake wetland[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(14): 4387-4397.
- [18] 韩海东, 李振武, 林永生, 等. 浅析豆科绿肥与草腐菌在有机幼龄茶园套种对茶园土壤肥力的影响[C]//中国农学会耕作制度分会2016年学术年会论文摘要集, 2016, 48.
Han H D, Li Z W, Lin Y S, et al. Effects of green manure and grass rot fungi on soil fertility of tea garden[C]//Summary of

- papers of the annual meeting of the chinese agricultural society tillage system branch, 2016, 48.
- [19] 宋星星,毛艳玲,邱龙霞,等.基于GIS的长汀县茶园适宜性评价[J].江西农业大学学报,2017,39(2):342-348.
Song X X, Mao Y L, Qiu L X, et al. GIS-based suitability evaluation of tea garden in Changting County[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2017, 39(2): 342-348.
- [20] 刘家洪,麻咏梅,课业苟.广丰县茶树害虫天敌昆虫资源调查[J].江西植保,2007,30(3):121-123.
Liu J H, Ma Y M, Ke Y X. Investigation on natural enemies of tea pests in Guangfeng County[J]. Jiangxi Plant Protection, 2007, 30(3): 121-123.
- [21] 杨青,余德亿.茶园假眼小绿叶蝉种群的生态调控[J].福建茶叶,2008(2):33-35.
Yang Q, Yu D Y. Ecological regulation of the population of the small green leafhopper in tea garden[J]. Tea in Fujian, 2008 (2): 33-35.
- [22] 孙云南,梁名志,夏丽飞,等.不同间作物对茶园土壤养分的影响[J].西南农业学报,2011,24(1):149-153.
Sun Y N, Liang M Z, Xia L F, et al. Effects of different crops on soil nutrients in tea garden[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2011, 24(1): 149-153.
- [23] 蔡普默,向候君,仪传冬,等.斑翅果蝇危害健康水果机理研究进展[J].江西农业大学学报,2017,39(2):295-301.
Cai P M, Xiang H J, Yi C D, et al. Advances in and research on the mechanism of *Drosophila suzukii* Matsumura infesting healthy fruit[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2017, 39(2): 295-301.
- [24] 骆耀平.茶树栽培学[M].北京:中国农业出版社,2008:77-91.
Luo Y P. Tea cultivation[M]. Beijing: China Agricultural Publishing House, 2008: 77-91.

(上接第288页)

- [19] 李琦.邻株竞争对低磷环境杉木生长及根系有机酸的影响研究[D].福州:福建农林大学,2014.
Li Q. Effect of adjacent plant competition on growth and root endogenous organic acids of *Chinese fir* in low phosphorus environment[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2014.
- [20] 王莉晶,高晓蓉,吕军,等.解磷真菌C2'的分离鉴定及其在土壤中实际解磷效果的研究[J].土壤通报,2009,40(4):771-775.
Wang L J, Gao X R, Lü J, et al. Phosphate-solubilizing mechanism of C2' and its actual phosphate-solubilizing effect in soil[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2009, 40(4): 771-775.
- [21] 方爱国.盐与磷胁迫条件下内生真菌和菌根菌对野大麦生长的影响[D].兰州:兰州大学,2013.
Fang A G. Effects of neotyphodium endophyte and AM fungi on growth of *hordeum brevisubulatum* under salt and phosphorus stress conditions[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2013.
- [22] 尉秋实,赵明,李昌龙,等.不同土壤水分胁迫下沙漠蒿的生长及生物量的分配特征[J].生态学杂志,2006,25(1):7-12.
Yu Q S, Zhao M, Li C L, et al. Growth and biomass allocation of *Chilopsis linearis* under different soil water stresses.[J]. Chinese Journal of Ecology, 2006, 25(1): 7-12.
- [23] 林晗,陈辉,吴承祯,等.千年桐种源间叶绿素荧光特性的比较[J].福建农林大学学报(自然科学版),2012,41(1):34-39.
Lin H, Chen H, Wu C Z, et al. Comparison of chlorophyll fluorescent characteristics of *Aleurites montana* among different provenances[J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition), 2012, 41(1): 34-39.