

植茶年龄对丘陵区茶园土壤 和茶树养分含量的影响

李 敬, 胡小飞*, 段小华, 黄 媛, 刘以珍, 陈伏生

(南昌大学 生命科学与食品工程学院, 江西 南昌 330031)

摘要: 分析土壤养分供应和茶树养分含量之间的关联性可为茶园经营管理提供参考。以江西典型丘陵区不同植茶年龄(10年以下、10~20年、20~30年、30~40年、40~50年、50年以上和对照荒地)茶园为研究对象,开展土壤化学特性和茶树不同部位养分含量以及两者之间关联性的研究。结果表明,两层土壤的pH值均随植茶年龄的延长而下降,而阳离子交换量(CEC)、有机C、全N和全P均呈增加的趋势,且随植茶年龄增加表层(0~20 cm)和下层(20~40 cm)土壤化学特性的差异性减少($P < 0.05$)。除植茶年龄>50年的茶园外,其它茶园茶树根、茎、当年生枝、成熟叶和茶叶N和P含量均随植茶年龄增大而增加,且成熟叶和茶叶中的含量显著高于根、茎和当年生枝中的含量($P < 0.05$)。根、当年生枝、成熟叶和茶叶N、P含量与土壤pH、CEC、有机C有较强的相关性,但与土壤全N和全P含量相关性弱。成熟叶和茶叶C、N、P化学计量比与土壤全N含量显著相关,但与土壤全P含量不相关。可见,土壤特性与茶树体养分含量及其计量比的关联性因观测变量和植物体部位不同而各异;土壤有机质管理是茶园肥力维持的关键环节,土壤N、P供应失衡,N相对缺乏,而P相对富余,因此,增施富N有机肥是科学经营茶园的有效措施。

关键词: 茶园; 地上-地下关联性; 养分管理; 生态化学计量; 丘陵红壤区

中图分类号: S154.4; S714.8 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)06-1186-07

Effects of Planting Year on Soil and Plant Nutrients in Hilly Tea Gardens

LI Jing, HU Xiao-fei*, DUAN Xiao-hua, HUANG Yuan,
LIU Yi-zhen, CHEN Fu-sheng

(College of Life Sciences and Food Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: Understanding the linkage between soil nutrient supply and plant nutrient contents is helpful to improve the management of tea garden. The soil chemical properties at upper and lower depths, the nutrient traits in various plant modules and their relationships were studied in tea gardens of different planting years including less than 10 years, 10-20 years, 20-30 years, 30-40 years, 40-50 years and more than 50 years, with wasteland as control. The results showed that soil pH decreased, while soil cation exchange capacity (CEC), organic C, total N and total P increased with increasing planting years of tea gardens ($P < 0.05$), and the difference range between upper and lower soil depths of these indices decreased with increasing planting

收稿日期: 2012-08-25 修回日期: 2012-10-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(31060081)、江西省教育厅2012年度科技项目(GJJ12021)和江西省青年科学家培养对象资助项目(20122BCB23005)

作者简介: 李敬(1985—)男,硕士生,主要从事植物生态研究, E-mail: jingjing0423@126.com; * 通讯作者: 胡小飞, 副研究员, E-mail: huxiaofei@ncu.edu.cn

years. The N and P contents in various modules of tea plants increased with increasing planting years of tea gardens except the oldest garden, and the contents in mature leaves and tea leaves were much higher than those in roots, stems and annual shoots ($P < 0.05$). The N and P contents in roots, annual shoots, mature leaves and tea leaves were significantly correlated with soil pH, CEC, organic C, but not with soil total N and total P. Additionally, the stoichiometric ratios of C, N and P in the mature and tea leaves were significantly correlated with soil total N, but not with total P. Clearly, the linkage between soil properties and nutrient contents of tea plants and its stoichiometric ratios varied with measured variables and plant modules. It might be concluded that the management of organic matter would be the key step, and there would be imbalance of N and P supply with relative richer N and poorer P in the tea gardens. Finally, the authors suggested that addition of the organic fertilizer with rich N should be the effective measure to scientifically manage the tea gardens in hilly red soil region.

Key words: tea garden; aboveground-belowground linkage; nutrient management; ecological stoichiometry; hilly red soil region

亚热带红壤丘陵茶区在我国茶叶生产中占有非常重要的地位,然而由于生态环境条件的变化和施肥措施的不合理等原因,近年来,该区茶叶产量和品质呈下降趋势,经济效益日趋减少,严重制约了各地茶产业的可持续发展^[1]。土壤养分状况很大程度上决定了茶树养分吸收、分配和积累,与茶叶产量和品质密切相关^[2]。已有研究^[2-3]表明,随着植茶年龄的增加,茶叶的产量和品质均呈下降的趋势,原因可能与土壤养分的供应能力下降有关。近年来随着生态化学计量学应用的不断拓宽,植物体 C、N、P 比例成为评价生态系统养分限制性的有效工具^[4]。而生态系统地上-地下的关系是当前生态学研究的的前沿和热点^[5]。

尽管围绕茶园生态系统土壤养分供应的研究已有不少^[6-7],但应用生态化学计量学和从地上-地下关系的角度来揭示养分供应的平衡及茶园随植茶年龄延长土壤质量演变的报道并不多见。生态化学计量可剖析生态系统中养分的供应和亏缺水平^[4]。地上-地下的关系可较好地体现土壤-植物系统的关联性^[5],从而可以为提高茶园经营和管理水平提供依据。本文以位于南昌县黄马乡 7 种不同植茶年龄的 19 块茶园为对象,开展不同土壤层次和茶树不同部位养分含量特征的研究,剖析茶园土壤和茶树养分动态变化规律,揭示不同土壤层次之间、茶树不同器官之间、不同养分元素之间以及土壤养分供应和茶树不同部位养分含量的关联性,为指导红壤丘陵区茶园养分管理和茶叶生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于江西省南昌县黄马乡(28°20'N, 116°01'E, 海拔 30 m 左右),气候温和、雨量充沛、光照充足、昼夜温差大、无霜期长,年平均气温 17.5 °C,年均降雨量 1 600 mm 左右,4—6 月降水较集中,有明显的雨季,降水日为 147~157 d,年平均相对湿度为 78.5%;是典型的中亚热带气候;土壤类型为红壤,其耕作性、持水性及保肥性能较好^[4]。良好的生态条件,为茶叶生产创造了独特的适宜环境。

1.2 样地选取

选取荒地、不同植茶年龄(10 年以下、10~20 年、20~30 年、30~40 年、40~50 年)典型茶园样地各 3 块,50 年以上茶园 1 块,共计 19 块。每块样地大小 20 m × 20 m,茶树品种为福鼎大白。所有样地种植密度基本一致;施肥、采摘、修剪等管理措施较相似,均以施复合肥为主,春季采茶,夏、秋、冬季修剪、防病虫害,春、夏季适时除草和浇水,日常管理围绕提高茶叶产量和品质为目标。样地基本情况详见表 1。

1.3 取样与分析

在所选取的样地中,用直径 10 cm 土钻于茶树冠幅范围内分别随机地取 0~20 cm 和 20~40 cm 的土壤样品各 9 个,装入布袋中,带回实验室,风干,预处理,待测定其化学特性及养分含量。同时,在每块样地中随机取 3 株茶树,分根、茎、老叶、成熟叶分别取样,用塑料袋装好,带回实验室,用蒸馏水洗净,置于烘箱中 200 °C 杀青 2~3 min,80 °C 烘干,用研钵磨碎,过 1 mm 筛,装袋备用。

表 1 茶园样地的基本情况
Tab.1 Basic background of tea gardens

植茶年龄/a Planting year	样方 1 Replication 1	样方 2 Replication 2	样方 3 Replication 3
0 (CK)	荒坡灌丛 Wild shrubs	次生杂灌林 Secondary shrubs	荒坡草丛 Wild shrubs
< 10	D = 1.5 cm , H = 70 cm	D = 1.5 cm , H = 60 cm	D = 2.0 cm , H = 55 cm
10 ~ 20	D = 1.5 cm , H = 75 cm	D = 1.0 cm , H = 70 cm	D = 1.5 cm , H = 60 cm
20 ~ 30	D = 1.5 cm , H = 80 cm	D = 2 cm , H = 80 cm	D = 2.0 cm , H = 50 cm
30 ~ 40	D = 2.0 cm , H = 100 cm	D = 1.5 cm , H = 70 cm	D = 2 cm , H = 100 cm
40 ~ 50	D = 2.0 cm , H = 80 cm	D = 2 cm , H = 100 cm	D = 2.5 cm , H = 50 cm
> 50	D = 2.5 cm , H = 100 cm		

D 和 H 分别代表茶树平均地径和高度。D and H indicate the average ground diameter and height of tea plant , respectively.

土壤常规理化特性和茶树体养分含量的测定均参考刘光崧^[8]编著的土壤理化分析与剖面描述。土壤 pH 的测定采用水浸提酸度计法(液:土比为 2.5:1);土壤阳离子交换量(CEC)的测定采用乙酸铵交换法;土壤有机碳的测定采用油浴浓硫酸-重铬酸钾法;土壤全 N 的测定采用半微量开氏法;土壤全 P 的测定采用硫酸-高氯酸消煮-钼锑抗比色法。茶树体全 N 的测定采用浓硫酸-过氧化氢消煮,后凯氏定氮法;全 P 的测定采用酸溶-钼锑抗比色法;茶树体有机碳的测定采用油浴浓硫酸-重铬酸钾法。同时计算茶树各部位 C、N、P 化学计量比。

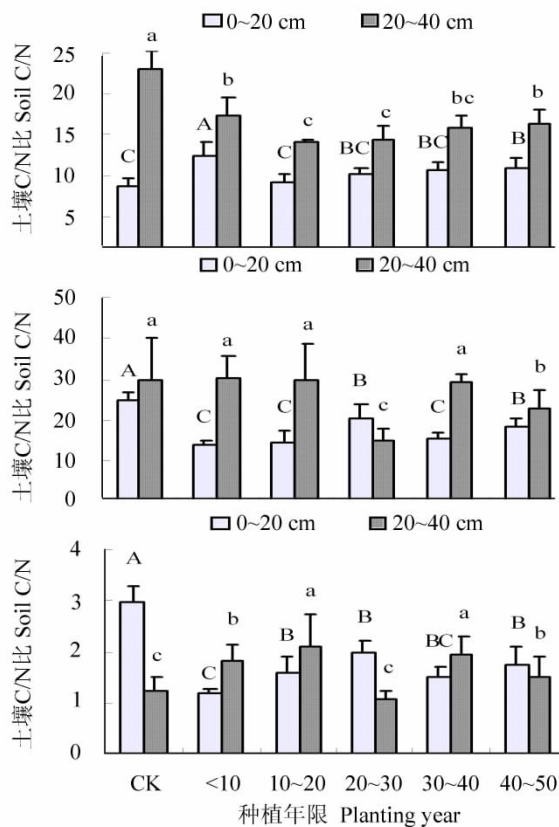
1.4 数据处理

应用 SPSS(13.0) 软件中的单因素方差及多重比较分析不同植茶年龄茶园土壤化学特性的差异和茶树不同部分养分含量的差异。用 Pearson 相关分析表层土壤化学特性和茶树不同部分养分含量的相关性。显著性取 $P \leq 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 土壤基本化学特性

植茶年龄和土壤层次对土壤 pH、CEC、有机碳、全 N 和全 P 含量的影响均为显著,但两者的交互作用仅对土壤全 P 影响显著 ($P < 0.05$) (表 2)。总体来看,两层土壤 pH 均随植茶年龄的增加呈下降趋势,且表层(0~20 cm)低于下层(20~40 cm)。土壤 CEC、有机 C、全 N 和全 P 含量均随植茶年龄的延长而增加,且表层高于下层(表 2)。



大、小写字母表分别表示表层和下层土壤不同植茶年龄茶园的差异 ($P < 0.05$)。

The capital and small letters indicate the significant difference among different planting years of soils at 0-20 cm and 20-40 cm depths , respectively ($P < 0.05$) .

图 1 不同植茶年龄茶园 0-20 cm 和 20-40 cm 层土壤 C、N、P 化学计量比

Fig.1 Stoichiometric ratios of C, N and P in soils at 0-20 cm and 20-40 cm depths in tea gardens of different planting years

土壤 C/N 比表现为表层低于下层,其中表层土壤除 10 年以下茶园明显偏高外,其他茶园总体上呈随植茶年龄延长而升高的趋势,下层土壤表现为至 20~30 年茶园降低,此后渐升高的趋势(图 1)。土壤 C/P 比,除 20~30 年生茶园外也表现为表层明显低于下层,表层土壤表现为荒地明显高于各植茶年龄茶园,下层土壤为 20~30 年茶园较低,50 年以上茶园居中,其它植茶年龄茶园较高,且与荒地无显著差异(图 1)。土壤 N/P 比介于 1.2~2.9,且随植茶年龄和土壤层次的变化波动规律不一致,但总体上表现为随植茶年龄的延长,表层和下层之间的差异性缩小(图 1)。

表 2 不同植茶年龄茶园 0~20 cm 和 20~40 cm 层的土壤化学特性

Tab. 2 Soil chemical properties at 0-20 cm and 20-40 cm depths in tea gardens of different planting year

植茶年龄/a Planting year	pH	CEC ($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有机碳 Organic C ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全 N Total N ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全 P Total P ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	
0~20 cm	0 (CK)	4.85 ± 0.16	11.18 ± 0.82	7.45 ± 0.97	0.85 ± 0.03	0.30 ± 0.04
	<10	4.55 ± 0.11	13.61 ± 0.52	8.91 ± 0.43	0.76 ± 0.11	0.64 ± 0.06
	10~20	4.42 ± 0.06	14.13 ± 0.86	9.84 ± 0.87	1.07 ± 0.07	0.71 ± 0.11
	20~30	4.36 ± 0.04	17.69 ± 2.58	11.10 ± 0.43	1.09 ± 0.03	0.57 ± 0.06
	30~40	4.35 ± 0.05	17.77 ± 0.63	11.28 ± 0.79	1.06 ± 0.12	0.71 ± 0.08
	40~50	4.09 ± 0.11	20.61 ± 0.56	12.03 ± 0.46	1.11 ± 0.08	0.67 ± 0.08
	>50	4.00 ± 0.00	20.13 ± 0.00	12.55 ± 0.00	1.13 ± 0.00	0.72 ± 0.00
20~40 cm	0 (CK)	4.89 ± 0.19	7.43 ± 0.45	5.92 ± 0.93	0.27 ± 0.03	0.24 ± 0.07
	<10	4.70 ± 0.09	10.19 ± 0.76	7.08 ± 0.25	0.42 ± 0.04	0.25 ± 0.04
	10~20	4.68 ± 0.09	10.75 ± 0.35	8.26 ± 0.65	0.58 ± 0.02	0.32 ± 0.08
	20~30	4.66 ± 0.06	10.77 ± 0.47	8.27 ± 0.53	0.58 ± 0.06	0.34 ± 0.03
	30~40	4.52 ± 0.13	12.71 ± 1.27	8.78 ± 0.62	0.65 ± 0.10	0.42 ± 0.11
	40~50	4.20 ± 0.14	14.16 ± 0.66	9.97 ± 0.79	0.55 ± 0.05	0.59 ± 0.08
	>50	4.14 ± 0.00	14.73 ± 0.00	10.30 ± 0.00	0.63 ± 0.00	0.61 ± 0.00
方差 植茶年龄 Planting year	7.76 ^{***}	13.08 ^{***}	9.48 ^{***}	6.03 ^{**}	4.07 ^{**}	
分析 土壤层次 Soil depth	5.41 [*]	53.68 ^{***}	27.05 ^{***}	124.48 ^{***}	30.40 ^{****}	
ANOVA 交互作用 Interaction	0.31 ^{NS}	1.16 ^{NS}	0.26 ^{NS}	0.69 ^{NS}	2.47 [*]	

平均值 ± 标准误 ($n=3$); NS, Not significant; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$ 。

2.2 茶树木体养分含量

植茶年龄对茶树不同部分的 N、P 含量影响显著。全 N 和全 P 含量均为成熟叶和茶叶最高,茎和当年生枝居中,而根中含量最低;0~50 年,不同部分 N 和 P 含量总体上随植茶年龄增加而递增的趋势,而 >50 年生茶树除当年生枝全 P 含量仍上升外,其它部分 N、P 含量开始呈现下降的趋势(表 3)。

茶树木体不同部分 C/N 和 C/P 比总体表现为根部最高,茎和当年生枝居中,而成熟叶和茶叶最低,且总体上较好地表现为随年龄增长而呈下降的趋势(图 2)。茶树木体 N/P 比介于 7.5~14.5,成熟叶和茶叶高于根、茎和当年生枝,而不同年龄 5 个部位 N/P 比不一致(图 2)。

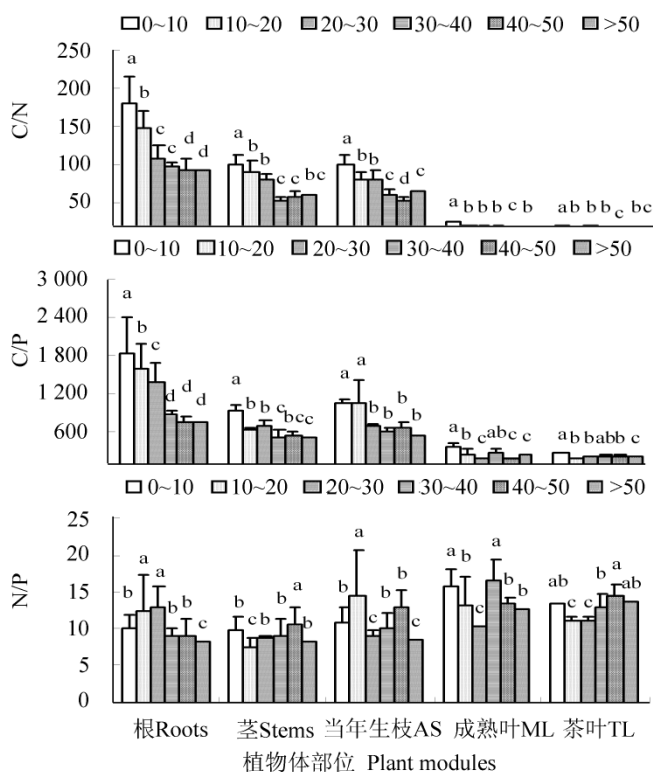
2.3 土壤化学特性与茶树养分含量的相关性

土壤 pH 与茶树根、当年生枝的全 N、全 P 含量呈显著负相关,而仅与成熟叶和新叶全 N 含量呈显著负相关,同时与茶树不同部位 C:N:P 化学计量比呈一定的正相关。土壤 CEC 与茶树根、成熟叶和茶叶全 N 含量、与当年生枝全 P 含量呈显著正相关。土壤有机 C 与茶树木体各部位全 N、全 P 含量(除茶叶全 P 含量)均呈显著正相关,与根、茎、当年生枝和成熟叶 C:N:P 化学计量比呈较好的负相关。土壤全 N 含量仅与茶树成熟叶全 P 和茶叶全 N、全 P 含量呈显著正相关,与其两部位 C:N:P 化学计量比呈较

好的负相关。土壤全 P 含量仅与茶树当年生枝全 P 含量呈正相关,与 C/P 比呈显著负相关(表 4)。

3 讨论

大量研究^[9-10]表明植茶以及茶园土壤随着植茶年龄的延长,其基本理化性质会随之发生变化,从而影响茶叶的产量和品质^[11]。随茶园植茶年龄的增加往往导致土壤 pH 值下降,有机碳含量增加,其他土壤养分也会有不同的变化^[3]。本研究也表明随着植茶年龄的增加,茶园土壤酸化加剧,土壤阳离子交换量、有机碳、全 N 和全 P 均呈增加的趋势,且上层土壤的变化幅度大于下层。这与相关的研究报道结果类似。原因可归结为长期的耕作和施肥管理、茶树凋落物归还和根系分泌物及其本身的植物特性^[12]、区域环境变化如大气酸沉降^[13]等 3 大方面共同作用。



不同字母表示茶树体同一部位不同植茶年龄之间的差异显著 ($P < 0.05$)。

Different letters indicate the significant different among different planting years within a tea plant module ($P < 0.05$); AS: annual shoots, ML: mature leaves, TL: tea leaves.

图 2 不同植茶年龄茶园茶树体 C、N、P 化学计量比动态

Fig. 2 The stoichiometric ratios of C, N and P for various modules of tea plant in tea gardens of different planting years

表 3 不同植茶年龄茶园茶树不同部位氮磷养分含量

Tab. 3 Nitrogen and phosphorus contents of various modules of tea plant in tea garden of different planting year

植茶年龄/a Planting year	根 Roots	茎 Stems	当年生枝 Annual shoots	成熟叶 Mature leaves	茶叶 Tea leaves
全 N Total N					
< 10	2.57 ± 0.48c	5.16 ± 0.68d	4.72 ± 0.48d	16.76 ± 1.21d	22.31 ± 0.89c
10 ~ 20	3.11 ± 0.66c	5.44 ± 0.78d	5.76 ± 0.67c	21.61 ± 1.85c	22.20 ± 0.31c
20 ~ 30	4.26 ± 0.57b	6.03 ± 0.70c	5.91 ± 0.77c	23.99 ± 0.50ab	24.78 ± 0.61b
30 ~ 40	4.67 ± 0.14b	8.37 ± 0.81a	7.75 ± 0.83b	24.52 ± 2.46a	24.77 ± 1.34b
40 ~ 50	5.04 ± 0.70a	8.81 ± 1.40a	8.88 ± 1.14a	24.07 ± 1.26a	29.24 ± 2.32a
> 50	4.63 ± 0.00b	7.38 ± 0.00b	6.94 ± 0.00b	23.62 ± 0.00ab	26.62 ± 0.00b
全 P Total P					
< 10	0.28 ± 0.06d	0.55 ± 0.06d	0.44 ± 0.03e	1.11 ± 0.12d	1.65 ± 0.07c
10 ~ 20	0.31 ± 0.09cd	0.73 ± 0.04c	0.52 ± 0.15d	1.84 ± 0.39b	2.24 ± 0.08a
20 ~ 30	0.36 ± 0.09c	0.71 ± 0.10c	0.66 ± 0.04c	2.34 ± 0.04a	2.01 ± 0.10ab
30 ~ 40	0.53 ± 0.06b	1.02 ± 0.21a	0.78 ± 0.06b	1.56 ± 0.24c	1.95 ± 0.13b
40 ~ 50	0.61 ± 0.07a	0.90 ± 0.12b	0.74 ± 0.11b	2.15 ± 0.09a	2.05 ± 0.13ab
> 50	0.56 ± 0.00b	0.91 ± 0.00b	0.83 ± 0.00a	1.88 ± 0.00b	1.95 ± 0.00b

平均值 ± 标准误 ($n = 3$); 不同字母表示不同植茶年龄之间的差异显著 ($P < 0.05$)。

Mean ± SE ($n = 3$); Different letters indicate the significant difference among different planting years ($P < 0.05$).

表4 茶园表层(0~20 cm)土壤化学特性和茶树体养分含量的相关性($n=16$)

Tab.4 The relationships among soil chemical properties and nutrients of tea plant in tea gardens of different planting year

	茶树养分特征 Plant nutrients		土壤化学特性 Soil chemical properties			
		pH	CEC	有机碳 Organic C	全 N Total N	全 P Total P
根 Roots	全 N Total N	-0.58*	0.68**	0.47*	0.38 ^{NS}	-0.03 ^{NS}
	全 P Total P	-0.65**	0.41 ^{NS}	0.56*	0.41 ^{NS}	0.06 ^{NS}
	C/N	0.52*	-0.63*	-0.50*	-0.32 ^{NS}	-0.02 ^{NS}
	C/P	0.53*	-0.39 ^{NS}	-0.60*	-0.40 ^{NS}	0.05 ^{NS}
	N/P	0.14 ^{NS}	0.15 ^{NS}	-0.31 ^{NS}	-0.11 ^{NS}	0.12 ^{NS}
茎 Stems	全 N Total N	-0.33 ^{NS}	0.44 ^{NS}	0.47*	0.39 ^{NS}	-0.09 ^{NS}
	全 P Total P	-0.21 ^{NS}	0.29 ^{NS}	0.73**	0.09 ^{NS}	0.25 ^{NS}
	C/N	-0.11 ^{NS}	0.15 ^{NS}	-0.26	0.20 ^{NS}	-0.29 ^{NS}
	C/P	0.40 ^{NS}	-0.36 ^{NS}	-0.77**	-0.30 ^{NS}	-0.23 ^{NS}
	N/P	0.34 ^{NS}	-0.44 ^{NS}	-0.51*	-0.34 ^{NS}	0.15 ^{NS}
当年生枝 Annual shoots	全 N Total N	-0.48*	0.44 ^{NS}	0.67**	0.30 ^{NS}	-0.09 ^{NS}
	全 P Total P	-0.61*	0.51*	0.39*	0.24 ^{NS}	0.53*
	C/N	0.10 ^{NS}	-0.14 ^{NS}	0.01 ^{NS}	0.18 ^{NS}	-0.40 ^{NS}
	C/P	0.48*	-0.47*	-0.43 ^{NS}	-0.11 ^{NS}	-0.39*
	N/P	0.49*	-0.37 ^{NS}	-0.60*	-0.43 ^{NS}	0.08 ^{NS}
成熟叶 Mature leaves	全 N Total N	-0.49*	0.56*	0.64**	0.31 ^{NS}	0.09 ^{NS}
	全 P Total P	-0.39 ^{NS}	0.34 ^{NS}	0.65**	0.60*	-0.17 ^{NS}
	C/N	0.60**	-0.67**	-0.73**	-0.47*	-0.12 ^{NS}
	C/P	0.43 ^{NS}	-0.34 ^{NS}	-0.62**	-0.71**	0.07 ^{NS}
	N/P	0.09 ^{NS}	0.05 ^{NS}	-0.23 ^{NS}	-0.51*	0.17 ^{NS}
茶叶 Tea leaves	全 N Total N	-0.46*	0.65**	0.50*	0.49*	-0.01 ^{NS}
	全 P Total P	-0.32 ^{NS}	0.07 ^{NS}	0.26 ^{NS}	0.52*	-0.11 ^{NS}
	C/N	0.34 ^{NS}	-0.42 ^{NS}	-0.43 ^{NS}	-0.48*	-0.16 ^{NS}
	C/P	0.24 ^{NS}	-0.12 ^{NS}	-0.27 ^{NS}	-0.49*	0.09 ^{NS}
	N/P	-0.06 ^{NS}	0.27 ^{NS}	0.13 ^{NS}	-0.03 ^{NS}	0.15 ^{NS}

NS Not significant; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$ 。

植物养分含量及在各个部位的分配既受土壤养分供应的制约,也受控于植物自身的遗传和生理特性,是外界环境和物种发育共同作用的结果^[14]。本研究发现,除植茶年龄 > 50 年茶园外,茶树体各个部位的 N 和 P 养分含量总体上表现为随植茶年龄增加而提高,与土壤养分含量的变化趋势吻合。显然,土壤-植物生态系统之间存在极为密切的联系性。而植茶年龄 > 50 年茶园茶树各器官 N、P 含量大部分开始呈现下降的趋势,推断该植茶年龄的茶园矿质营养的吸收受到抑制,茶树已老化,建议重新种植茶苗或改为它用。

本研究还发现,茶树全 N 和全 P 含量均为成熟叶和茶叶最高,茎和当年生枝居中,而根中含量最低,这与周鹏等^[15]对温带草地主要优势植物的调查结果相一致。这种分布格局可能是由各个部位的生态功能和生理差异所致。McGroddy 等^[16]、Gordon 等^[17]对全球陆地植被叶片和根系养分数据的分析也

证实,同化器官和吸收器官的养分浓度通常较高,这些器官死亡和分解后会将大量养分归还土壤,从而有利于加快生态系统内部的养分周转。本研究中根系养分含量很低,估计与采样时间为春季,细根发育尚未成熟有关^[18]。

此外,本研究发现地上-地下的关联程度随观测变量和茶树部位的不同而各异。土壤 pH 和 CEC 表现出除茎之外,与茶树其它部位的全 N 和全 P 或其一呈显著的相关。土壤有机 C 除与茶叶全 P 含量不相关外,与茶树各个部位的全 N 和全 P 含量均显著正相关。而土壤全 N 含量仅与茶叶全 N 含量、成熟叶和茶叶全 P 含量呈显著正相关;土壤全 P 含量仅与当年生枝全 P 含量呈显著正相关。因此,可以推断添加有机肥是茶园生态系统管理的关键环节。土壤属性的相关分析发现,土壤有机 C 与土壤 pH、CEC、全 N 和全 P 均有较好的关联性($P < 0.05$),进一步证实茶园有机质的重要性。而土壤全 N、全 P 含量与茶树木体养分较弱的相关性意味着茶园存在元素供应不平衡或养分吸收受其他限制因素制约^[19]。

近期,植物中营养物质的浓度及其化学计量比被广泛应用于估计植物对营养物质的利用价值及其限制性^[20-21]。植物叶片的 C/N 和 C/P 意味着 C(生物量)与养分的比值关系,可以简单地理解为单位养分的生产力,即养分利用效率^[22]。本研究中,茶树木体不同器官 C/N 和 C/P 比总体表现为根部最高,茎和当年生枝居中,而成熟叶和茶叶最低,且总体上较好地表现为随植茶年龄增长而呈下降的趋势(图 2),表明根部的养分利用效率最高,茶叶的养分利用效率最低,且随着茶树植茶年龄的延长,茶树的养分利用效率逐渐降低。另一方面,N/P 是植物生长养分限制的敏感性指标,尤其是叶片 N、P 含量及其化学计量比能够反映出生态系统土壤 N、P 的有效性^[23]。已有研究表明植物叶 N/P < 14 时存在 N 限制,叶 N/P > 16 时存在 P 限制^[24]。本研究中,茶树木体 N/P 比介于 7.5 ~ 14.5(图 2),表明茶园总体上还是受到 N 的限制,而 P 相对富余。成熟叶片 C/N、C/P、N/P 和茶叶 C/N、C/P 比均与土壤全 N 含量呈显著负相关,而与土壤全 P 含量相关性不显著(表 4),也进一步证明茶树生长受 N 限制而非 P 限制。因此,可以推断增施 N 肥更有助于满足茶园的养分需求平衡,从而提高茶叶的产量^[6]。

综合来看,有机肥管理是茶园健康、可持续发展的关键。茶园中 N 相对不足,而 P 相当富余,可通过增施 N 肥或减施 P 肥来实施土壤养分的平衡。地下土壤属性影响地上茶树养分含量及其分配,因此,生态高效的土壤管理有助于提高茶园茶叶的产量和品质。同时,建议进一步开展其它微量元素的供需平衡和测土配方施肥等方面的研究,从而为建立生态高质茶园提供较完整的科学数据。

参考文献:

- [1]陈宗懋. 中国茶产业可持续发展战略研究[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2011.
- [2]何电源, 许国焕, 范腊梅, 等. 茶园土壤的养分状况与茶叶品质及其调控的研究[J]. 土壤通报, 1989, 20(6): 245-248.
- [3]薛冬, 姚槐应, 黄昌勇. 不同利用年限茶园土壤矿化、硝化作用特性[J]. 土壤学报, 2007, 44(2): 373-378.
- [4]甘露, 陈伏生, 胡小飞, 等. 南昌市不同植物类群叶片氮磷浓度及其化学计量比[J]. 生态学杂志, 2008, 27(3): 344-348.
- [5]Wardle D A, Bardgett R D, Klironomos J, et al. Ecological linkages between aboveground and belowground biota[J]. Science, 2004, 304: 1629-1633.
- [6]尤雪琴, 杨亚军, 阮建云. 田间条件下不同园龄茶树氮、磷、钾养分需求规律的研究[J]. 茶叶科学, 2008, 28(3): 207-213.
- [7]王红娟, 龚自明, 高士伟, 等. 湖北省茶园土壤养分状况评价[J]. 华中农业大学学报, 2009, 28(3): 291-294.
- [8]刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [9]邓欣, 刘红艳, 谭济才, 等. 不同种植年限有机茶园土壤微生物群落组成及活性比较[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2006, 32(1): 53-56.
- [10]高福丽, 夏建国. 不同种植年限茶园土壤有机无机复合状况及有机碳分布特征[J]. 水土保持学报, 2009, 23(1): 50-53.
- [11]梁远发, 田永辉, 王国华, 等. 乌江流域茶园土壤理化性状对茶叶品质影响的研究[J]. 中国农学通报, 2003, 19(13): 44-47.
- [12]段小华, 邓泽元, 陈伏生, 等. 模拟酸雨和外源铝对茶树铝及一些营养元素吸收积累的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 19(10): 1936-1942.
- [13]段小华, 胡小飞, 邓泽元, 等. 模拟酸雨和铝添加对茶树生长及生理生化特性的影响[J]. 江西农业大学学报, 2012, 34(2): 304-310.
- [14]Aerts R, Chapin FS III. The mineral nutrition of wild plants revisited: A reevaluation of processes and patterns[J]. Advances in Ecological Research, 2000, 30: 1-67.

(下转第 1198 页)

因此,依据不同主成分表达的相应信息,可根据需要选择相应的无性系。

(3) 根据主成分量函数 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 、 Z_5 、 Z_6 构建了综合评价模型: $F = a_1 Z_1 + a_2 Z_2 + a_3 Z_3 + a_4 Z_4 + a_5 Z_5 + a_6 Z_6$ 。通过得到的 F 值对 10 个无性系展开综合评价及排序: 鄂油 102(2.057 0) > 鄂油 151(1.849 4) > 鄂油 39(0.513 1) > 鄂油 54(0.072 6) > 鄂油 63(-0.121 3) > 鄂油 81(-0.302 8) > 鄂油 276(-0.525 9) > 鄂油 361(-0.911 3) > 鄂油 424(-0.994 5) > 鄂油 465(-1.636 3)。

(4) 主成分分析是对多个相关变量的综合评价,其主成分为综合变量,且相互独立。因此,主成分值作为无性系综合评价指标,能较准确地表达各性状的综合表现。同时,主成分分析又能简化选择程序,较人工打分和单一性状评价快捷,且更具有科学性^[11-13]。

参考文献:

- [1]姚小华,韩宁林,王开良,等.全国油茶产业发展规划(2009-2020年)[M].北京:中国林业出版社,2010.
- [2]国家油茶科学中心.油茶高效实用栽培技术[M].北京:科学出版社,2010.
- [3]许洋.不同栽培区域长林无性系油茶籽品质的研究[J].保定:河北农业大学,2010.
- [4]周伟国,王开良,黎曙光,等.长林系列油茶无性系引种栽培试验研究[C].木本粮油产业化分会交流论文,2009:433-439.
- [5]汤晓文,刘韶辉,田亚玲,等.我国油茶产业发展现状及对策——湖南、浙江调研报告[J].林业经济,2008,7:24-28.
- [6]杨小胡,陈永忠,彭邵峰,等.油茶杂交组合的灰色关联度分析[J].经济林研究,2008,26(3):1-7.
- [7]赵世杰,刘华山,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科技出版社,1998:68-72.
- [8]Heath R L, Parker L. Photoperitiation in isolated chloroplasts kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation E J[J]. Arch-Biophys, 1968, 25: 189-198.
- [9]李晓敏.测定切花中过氧化氢酶活性的3种常用方法的比较[J].热带农业科学,2002,22(5):13-16.
- [10]郑丕尧,蒋钟怀,王经武,等.夏播“京早七号”玉米叶片叶绿素含量消长规律的研究[J].华北农学报,1988,3(1):21-27.
- [11]郭宝林,杨俊霞.主成分分析法在仁用杏品种主要经济性状选种上的应用研究[J].林业科学,2000,36(6):53-56.
- [12]高焕章,吴楚,姜学知,等.湖北兴山核桃复选优系主要经济性状主成分分析[J].湖北农学院学报,2001,21(3):207-211.
- [13]孙垠,肖千文,黄丽媛,等.核桃单株经济性状的主成分分析[J].四川农业大学学报,2011,29(2):185-190.

(上接第 1192 页)

- [15]周鹏,耿燕,马文红,等.温带草地主要优势植物不同器官间功能性状的关联[J].植物生态学报,2010,34(1):7-16.
- [16]McGroddy M, Daufresne T, Hedin L. Scaling of C:N:P stoichiometry in forest ecosystems worldwide[J]. Ecology, 2004, 85(9):2390-2401.
- [17]Gordon W, Jackson R. Nutrient concentrations in fine roots[J]. Ecology, 2000, 81(1):275-280.
- [18]Wang Z Q, Guo D L, Wang X R, et al. Fine root architecture, morphology, and biomass of different branch orders of two Chinese temperate tree species[J]. Plant and Soil, 2006, 288:155-171.
- [19]姚元涛,宋鲁彬,田丽丽.山东泰安茶园土壤和茶树营养状况分析[J].北方园艺,2010(2):54-58.
- [20]Braakhekke W G, Hooftman D A P. The resource balance hypothesis of plant species diversity in grassland[J]. Journal of Vegetation Sciences, 1999, 10:187-200.
- [21]Roem W J, Berendse F. Soil acidity and nutrient supply ratio as possible factors determining changes in plant species diversity in grassland and heathland communities[J]. Biological Conservation, 2000, 92:151-161.
- [22]Agren G I. The C:N:P stoichiometry of autotrophs-theory and observations[J]. Ecology, 2004, 7:85-191.
- [23]Hobbie S E, Gough L. Foliar and soil nutrients in tundra on glacial landscapes of contrasting ages in Northern Alaska[J]. Oecologia, 2002, 131:453-462.
- [24]Gusewell S, Koerselman W, Verhoeven J T. Biomass N:P ratios as indicators of nutrient limitation for plant populations in Wetlands[J]. Ecological Applications, 2003, 13(2):372-384.