

时鹏涛,秦玉燕,陆仲烟,等. 不同茶树品种中 9 种矿质元素的含量及富集特性[J]. 江苏农业科学,2019,47(10):144-147.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.10.032

不同茶树品种中 9 种矿质元素的含量及富集特性

时鹏涛^{1,2}, 秦玉燕^{1,2}, 陆仲烟^{1,2}, 蒋越华^{1,2}, 於艳萍¹, 王运儒^{1,2}, 蓝 唯^{1,2}, 农耀京^{1,2}

(1. 广西壮族自治区亚热带作物研究所,广西南宁 530001; 2. 农业农村部亚热带果品蔬菜质量监督检验测试中心,广西南宁 530001)

摘要:以 7 个茶树品种(湘波绿、碧香早、福鼎大毫、黄观音、紫鹃、玉麒麟、黄金芽)的茶叶为研究对象,采用火焰原子吸收光谱法、石墨炉原子吸收光谱法,测定其当年生倒二叶新芽及对应种植土壤中的钙(Ca)、镁(Mg)、锰(Mn)、铁(Fe)、铜(Cu)、锌(Zn)、镍(Ni)、铅(Pb)、镉(Cd)共 9 种矿质元素含量,并计算茶叶对土壤矿质元素的富集系数。结果表明,(1)矿质元素在不同茶叶中的含量存在一定差异,但也呈现出一定的规律,各种矿质元素在茶叶中的含量排序基本表现为 $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Cd}, \text{Pb}$; Ca 含量最高的是黄观音, Mg 含量最高的是玉麒麟, Mn、Ni 含量最高的是黄金芽, Fe、Zn、Cu 含量最高的是湘波绿;湘波绿为 7 个茶叶品种中品质较优的。(2)茶叶对不同矿质元素的富集能力差异较大,茶叶对 Mg、Ca、Mn 的富集能力最强,对 Zn、Cu、Ni、Cd 的富集能力一般,对 Fe、Pb 的富集能力较弱;不同茶叶品种对矿质元素的富集规律存在一定的差异。(4)不同品种的茶叶对矿质元素的富集能力存在较大差异,湘波绿对 Cu、Mg、Mn、Fe 的富集能力最强;玉麒麟对 Cd 的富集能力最强;紫鹃对 Zn 的富集能力最强;黄观音对 Ca、Ni 的富集能力最强。黄金芽、玉麒麟对 Mn、Fe 的富集能力较弱;紫鹃对 Ca 的富集能力最弱;黄金芽对 Zn、Cu、Ni 的富集能力最弱;玉麒麟对 Mg 的富集能力最弱;湘波绿对 Cd 的富集能力最弱。研究结果为茶叶的进一步研究和利用提供了理论依据。

关键词:茶叶;矿质元素;元素分析;富集特性;原子吸收光谱法

中图分类号: S571.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)10-0144-03

茶(*Camellia sinensis*)是山茶科山茶属常绿灌木或小乔木,喜温湿润,适合在酸性土壤中种植。茶起源于我国的西南部,在我国已经有几千年的种植历史,是我国乃至全世界人民喜爱的富含矿质元素的健康饮品,同时也是我国重要的经济作物。茶叶中富含对人体有益的各种矿质营养元素,如锌(Zn)、铁(Fe)、铜(Cu)、镍(Ni)、锰(Mn)等^[1],有益矿质元素含量的高低是茶叶品质好坏的指标之一^[2-4]。虽然各地对茶叶中的微量元素和金属元素含量的报道均较多^[3,5-8],但是有关研究所选的种植于广西的 7 个茶树品种(湘波绿、碧香早、福鼎大毫、黄观音、紫鹃、玉麒麟、黄金芽)茶叶中的矿质元素的分析及富集特性未见报道。茶叶中矿质元素的含量与生长环境、土壤背景值、施肥情况、降水量及茶树的遗传特异性有关,本研究以 7 个不同品种的茶叶为材料,对茶叶中的矿质元素含量及富集特性进行研究,以期为广西茶叶资源的开发和优质茶筛选、种植及科学管理提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 茶叶与土壤样品

供试的 7 个茶树品种(湘波绿、碧香早、福鼎大毫、黄观音、紫鹃、玉麒麟、黄金芽)种植于广西壮族自治区亚热带作物研究所的生态茶园。采样时间为 2016 年 9 月,采样对象为

当年生倒二叶新芽,每个品种设置 3 个平行样,每个平行样的采样基数为 50 株以上,采样量为 250 g,共 21 份样品。用去离子水洗净,晾干,于 105 ℃杀青后 30 min 后,于 60 ℃烘干至恒质量,制样,过 50 目筛备用。土壤取自对应茶叶种植区 0~20 cm 的耕作层,设置 3 个平行,每个土壤样品采集 2 kg,共 21 份样品,自然风干、研磨后过 100 目筛备用。

1.2 主要仪器与试剂

主要仪器如下:MARS 微波消解仪(美国 CEM 公司);Varian SpectrAA 220FS 原子吸收光谱仪、Varian SpectrAA 240Z 石墨炉原子吸收光谱仪(美国 Varian 公司)。

在试验过程中,各元素标准溶液均由购自国家标准物质研究中心的标准储备液逐级稀释配制而成;试验用试剂均为优级纯;试验所用玻璃器皿均经过泡酸处理(用硝酸、水体积比为 3:1 的溶液浸泡 24 h);试验用水为超纯水。

1.3 样品的消解及检测

茶叶和土壤样品的消解采用微波法,准确称量 0.3 g 茶叶样品(精确到 0.000 1 g),向微波消解管中依次加入 7 mL HNO_3 、3 mL H_2O_2 ,浸泡过夜后,微波消解。微波消解程序:(1)10 min 内升温至 120 ℃,保持 20 min;(2)5 min 内升温至 150 ℃,保持 20 min;(3)10 min 内升温至 200 ℃,保持 45 min。消解程序完成后,定容待测。在消解液中加入适量基体改进剂后,可直接用火焰原子吸收光谱仪测定钙(Ca)、镁(Mg)、Mn、Fe、Zn 含量,用石墨炉原子吸收光谱仪分析测定 Ni、Cu、镉(Cd)、铅(Pb)含量。

准确称量 0.25 g(精确到 0.000 1 g)土壤样品,加入 8 mL 王水(浓盐酸和浓硝酸的体积比为 3:1)和 4 mL HF,浸泡过夜后,微波消解。微波消解程序如下:(1)15 min 内升温至

收稿日期:2018-01-31

基金项目:国家重点研发计划子课题(编号:2017YFD0801102);广西壮族自治区公益性科研院所基本科研业务费专项(编号:桂热研 201604)。

作者简介:时鹏涛(1987—),男,广西灌阳人,硕士,助理研究员,主要从事重金属检测工作。E-mail:307979494@qq.com。

150 ℃, 保持 30 min; (2) 10 min 内升温至 200 ℃, 保持 40 min。消解完成后, 将消解液转移至电热板上, 赶酸至大豆大小时, 用 3% HNO₃ 溶液定容至 50 mL。在消解液中加适当基体改进剂后, 可直接用火焰原子吸收光谱仪测定 Ca、Mg、Mn、Fe、Zn 含量, 用石墨炉原子吸收光谱仪分析测定 Ni、Cu、Cd、Pb 含量。

1.4 计算方法

植物对矿质元素的富集能力有一定的差异, 通常用富集系数^[8]来表示植物对元素富集程度的高低或富集能力的强弱。富集系数是指植物体内某元素的含量与土壤中某元素含量的比值, 它在一定程度上反映了土壤-植物系统中元素迁移的难易程度, 富集系数越大, 表明植物对某元素的富集能力越强。计算公式如下:

富集系数 = 植物体内某元素含量/土壤中某元素含量。

2 结果与分析

2.1 不同茶叶中矿质元素含量的比较和分析

由表 1 可知, 茶叶中各种矿质元素含量差异较大, 但在不同茶叶品种间呈现出一致性规律, 各种矿质元素含量在不同品种茶叶中的排序基本表现为 Ca > Mg > Mn > Fe > Zn > Cu > Ni > Cd、Pb, 与前人的研究结果^[9-12]一致。其中重金属元素 Pb、Cd 的含量远低于无公害茶叶的限量值(Pb、Cd 含量的限量值分别为 5、1 mg/kg)。

表 1 7 种茶叶中的平均矿质元素含量

品种	Ca 含量 (g/kg)	Mg 含量 (g/kg)	Mn 含量 (mg/kg)	Fe 含量 (mg/kg)	Zn 含量 (mg/kg)	Cu 含量 (mg/kg)	Ni 含量 (mg/kg)	Cd 含量 (mg/kg)	Pb 含量 (mg/kg)
湘波绿	2.95 ± 0.01	2.66 ± 0.06	501 ± 16	79.59 ± 0.70	24.13 ± 1.33	11.27 ± 0.31	6.04 ± 0.59	0.007 ± 0.002	ND
碧香早	3.02 ± 0.02	2.69 ± 0.03	283 ± 6	61.09 ± 0.78	21.21 ± 0.41	9.10 ± 0.50	5.23 ± 0.24	0.009 ± 0.003	ND
福鼎大毫	2.43 ± 0.02	2.40 ± 0.04	305 ± 3	50.56 ± 0.79	23.59 ± 1.86	9.25 ± 0.50	5.75 ± 0.25	0.010 ± 0.003	ND
黄观音	4.60 ± 0.16	2.41 ± 0.04	419 ± 14	72.62 ± 0.47	23.75 ± 1.09	8.21 ± 0.23	5.58 ± 0.36	0.012 ± 0.002	ND
紫鹃	2.21 ± 0.05	2.01 ± 0.02	294 ± 4	51.52 ± 1.06	23.95 ± 1.48	8.21 ± 0.18	4.92 ± 0.24	0.010 ± 0.001	ND
玉麒麟	3.37 ± 0.03	2.75 ± 0.03	409 ± 4	49.23 ± 1.25	23.87 ± 1.30	8.38 ± 0.09	7.79 ± 0.38	0.030 ± 0.009	ND
黄金芽	3.60 ± 0.10	2.75 ± 0.11	775 ± 1	58.57 ± 1.61	22.87 ± 0.92	8.27 ± 0.08	8.49 ± 0.26	0.013 ± 0.001	0.30 ± 0.04

注: ND 表示未检出。

2.2 土壤矿质元素含量分析

茶树种植所需土壤均为酸性土壤, 本研究中土壤的 pH 值范围在 4.34 ~ 5.07 之间, 非常适合茶树种植。由表 2 可以看出, 7 种矿质元素在土壤中的含量较低, 根据 GB 15618—

由表 1 还可看出, 在 7 个茶叶品种中, Ca 含量排序为黄观音 > 黄金芽 > 玉麒麟 > 碧香早 > 湘波绿 > 福鼎大毫 > 紫鹃; Mg 含量排序为玉麒麟、黄金芽 > 碧香早、湘波绿 > 黄观音、福鼎大毫 > 紫鹃; Mn 含量排序为黄金芽 > 湘波绿 > 黄观音 > 玉麒麟 > 福鼎大毫 > 紫鹃 > 碧香早; Fe 含量排序为湘波绿 > 黄观音 > 碧香早 > 黄金芽 > 紫鹃 > 福鼎大毫 > 玉麒麟; Zn 含量排序为湘波绿 > 紫鹃 > 玉麒麟 > 黄观音 > 福鼎大毫 > 黄金芽 > 碧香早; Cu 含量排序为湘波绿 > 福鼎大毫 > 碧香早 > 玉麒麟 > 黄金芽 > 紫鹃、黄观音; Ni 含量排序为黄金芽 > 玉麒麟 > 湘波绿 > 福鼎大毫 > 黄观音 > 碧香早 > 紫鹃。从有益矿质元素含量上分析可知, 湘波绿中 Fe、Zn、Cu 含量最高, Mn 含量次之, Ni 含量再次之, 而 Ca 含量较低(Ca 含量越高, 茶叶品质相对越差)。由此可知, 湘波绿为 7 种茶叶中品质较优的茶叶^[13]。

不同矿质元素在不同茶叶中的含量有较大差异, 有的差异不明显, 如 Ca 在黄观音中的含量最高(4.60 g/kg), 在紫鹃中的含量最低(2.21 g/kg), 在黄观音中的含量为紫鹃的 2.08 倍; Mn 在黄金芽中的含量最高(775 mg/kg), 在碧香早中的含量最低(283 mg/kg), 在黄金芽中的含量为碧香早中的 2.74 倍; Mg 在黄金芽中的含量最高(2.75 g/kg), 但仅为含量最低的紫鹃(2.01 g/kg)的 1.37 倍; 湘波绿中的 Zn 含量仅为碧香早中 Zn 含量的 1.14 倍; 湘波绿中的 Cu 含量仅为黄观音中 Cu 含量的 1.37 倍等。

1995《土壤环境质量标准》和 NY 5199—2002《有机茶产地环境条件》, 土壤中的 Pb、Cd 含量达到一级土壤和有机茶园的环境质量标准。

表 2 7 种茶树种植土壤的平均矿质元素含量

品种	Ca 含量 (mg/kg)	Mg 含量 (mg/kg)	Mn 含量 (mg/kg)	Fe 含量 (g/kg)	Zn 含量 (mg/kg)	Cu 含量 (mg/kg)	Ni 含量 (mg/kg)	Cd 含量 (mg/kg)	Pb 含量 (mg/kg)
湘波绿	119.72	10.16	29.54	11.46	44.54	11.70	22.19	0.032	3.74
碧香早	118.87	13.25	26.99	11.10	35.45	11.85	12.40	0.030	3.40
福鼎大毫	128.62	17.84	21.06	11.42	38.00	13.26	12.81	0.023	2.74
黄观音	136.05	24.97	29.68	14.77	35.19	13.57	12.19	0.032	2.85
紫鹃	133.55	29.75	29.85	14.21	32.29	12.83	16.52	0.033	4.20
玉麒麟	186.10	158.42	44.39	18.77	42.79	19.27	23.50	0.026	10.81
黄金芽	149.89	124.89	84.10	17.13	62.93	26.28	30.13	0.034	12.99

2.3 茶叶对矿质元素的富集特征分析

茶园土壤是茶叶中矿质元素的主要来源, 茶叶中不同矿质元素的富集能力存在差异, 为了反映这样的差异, 一般用富集系数来表征。由表 3 可知, 茶叶对土壤中各类矿质元素的

富集能力存在较大差异, 7 种茶叶对 Mg、Ca、Mn 的富集能力最强, 富集系数均大于 1, 在 9.2 ~ 261.9 之间, 对 Zn、Cu、Ni、Cd 的富集能力一般, 富集系数在 0.2 ~ 1.2 之间, 对 Fe、Pb 的富集能力较弱, 富集系数在 0 ~ 0.03 之间, 与前人的研究结

果^[14]一致。不同品种的茶叶对同种矿质元素的富集能力也存在较大差异,湘波绿对 Cu、Mg、Mn、Fe 的富集能力最强;玉麒麟对 Cd 的富集能力最强;紫鹃对 Zn 的富集能力最强;黄观音对 Ca、Ni 的富集能力最强。黄金芽和玉麒麟对 Mn、Fe 的富集能力最弱,紫鹃对 Ca 的富集能力最弱,黄金芽对 Zn、Cu、Ni 的富集能力最弱,玉麒麟对 Mg 的富集能力最弱,湘波绿对 Cd 的富集能力最弱。

不同茶叶品种对矿质元素存在一定的富集规律,湘波绿、碧香早和福鼎大毫中各种矿质元素的富集系数排序为 Mg > Ca > Mn > Cu > Zn > Ni > Cd > Fe、Pb;黄观音和紫鹃中各种矿质元素的富集系数排序为 Mg > Ca > Mn > Zn > Cu > Ni、Cd > Fe、Pb;玉麒麟和黄金芽中各种矿质元素的富集系数排序为 Ca > Mg > Mn > Cd > Zn > Cu > Ni > Fe、Pb(表 3)。以上结果表明,不同茶叶品种对矿质元素的富集规律存在一定的差异,

表 3 7 种茶叶对矿质元素的富集系数

种类	富集系数								
	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu	Ni	Cd	Pb
湘波绿	24.641	261.516	16.960	0.007	0.542	0.963	0.427	0.219	—
碧香早	25.406	203.019	10.485	0.006	0.598	0.768	0.422	0.300	—
福鼎大毫	18.893	134.529	14.482	0.004	0.621	0.698	0.449	0.435	—
黄观音	33.811	96.516	14.117	0.005	0.675	0.605	0.458	0.375	—
紫鹃	16.548	67.563	9.849	0.004	0.742	0.640	0.298	0.303	—
玉麒麟	18.109	17.359	9.214	0.003	0.558	0.435	0.331	1.154	—
黄金芽	24.018	22.019	9.215	0.003	0.363	0.315	0.282	0.382	0.023

注:“—”表示无对应的值。

3 结论

在本研究中,茶树种植区的土壤为酸性土壤,矿质元素丰富,且有害重金属含量低,满足优质茶的种植需求。Mg、Ca、Mn、Cu、Fe、Zn、Ni 等矿质元素在 7 个茶叶品种中含量丰富,Pb、Cd 等有害重金属元素含量低,土壤和茶叶中的重金属含量都达到无公害食品的要求。

各种矿质元素在茶叶中的含量排序基本表现为 Ca > Mg > Mn > Fe > Zn > Cu > Ni > Cd、Pb;Ca 含量最高的是黄观音,Mg 含量最高的是玉麒麟,Mn、Ni 含量最高的是黄金芽,Fe、Zn、Cu 含量最高的是湘波绿。综合各种矿质元素的含量可知,湘波绿为 7 个品种中品质较优的茶。

由富集系数可知,茶叶对 Mg、Ca、Mn 的富集达到超富集,对 Zn、Cu、Ni、Cd 的富集能力一般,对 Fe、Pb 的富集能力较弱。茶叶对 Ca、Mg、Mn 的富集系数过大,且品种间差异较大,可能与土壤中 Ca、Mg、Mn 总量低、计算方法及矿质元素来源途径较多有关。

不同茶叶对各矿质元素的富集能力存在差异,湘波绿、碧香早和福鼎大毫的富集系数排序为 Mg > Ca > Mn > Cu > Zn > Ni > Cd > Fe、Pb;黄观音、紫鹃的富集系数排序为 Mg > Ca > Mn > Zn > Cu > Ni、Cd > Fe、Pb;玉麒麟、黄金芽的富集系数排序为 Ca > Mg > Mn > Cd > Zn > Cu > Ni > Fe、Pb。富集系数的差异可能与土壤中各矿质元素的总量及品种遗传学特性相关。

元素的富集系数高,不代表该元素在茶叶中的累积量就多,例如湘波绿对 Mn 的富集系数为 16.960,Mn 含量为 501 mg/kg,而黄金芽对 Mn 的富集系数为 9.215,Mn 含量却

可能与品种的遗传学特性相关。

由表 3 还可知,湘波绿、碧香早、福鼎大毫、黄观音、紫鹃对 Mg 的富集系数是玉麒麟、黄金芽的 3 ~ 15 倍,而 7 个茶叶品种中的 Mg 含量接近,可能是由种植土壤中 Mg 含量差异较大引起的。研究表明,交换性及有效态矿质元素才能被植物吸收转运,富集系数计算时用的是土壤中矿质元素的总量而非活性态,才导致出现富集系数差异巨大,而茶叶中该元素含量却接近的情况。Ca、Mg、Mn 的富集系数都大于 9,最高达到 261.516。出现过太富集系数的原因可能以下几点:(1)每个地区的元素含量有区别,(2)茶叶获取矿质元素并非土壤 1 种途径,(3)富集系数是质量分数的比值,并不代表茶叶中各矿质元素的总量比土壤中的多。由此可见,出现这样的情况也是合理的。

为 775 mg/kg。茶树对矿质元素的吸收除了与土壤中的矿质元素总量相关外,还与灌溉、施肥、土壤理化性质、降水量、元素的存在形态以及茶树对矿质元素的选择性吸收有关。因此,富集系数只能在一定程度上反映植物对土壤元素的吸收富集能力,为了更好更精确地表示植物对元素的富集能力及累积情况,不能仅从富集系数判断,需要从多方面进行补充和评价。

参考文献:

[1]于明月,程志强. 茶叶中的微量元素与人体健康[J]. 世界元素医学,2010,17(1):47-48.

[2]宇莉,马毛弟,黄培林. 贵州茶矿质元素含量分析与茶叶质量的关系[J]. 微量元素与健康研究,1998,15(2):57-60.

[3]张双,王送恩,黄佳路,等. 茶叶中金属元素含量的测定及茶叶质量的评定[J]. 食品安全导刊,2015(6):101-103.

[4]陈宇鸿,沈仁富. 茶叶中的微量元素分析[J]. 微量元素与健康研究,2005,22(5):65-66.

[5]齐红革,尹海涛,廖振宇,等. ICP-MS 法测定不同产地绿茶中矿物质和微量元素[J]. 食品研究与开发,2015,36(8):65-67.

[6]董宏博,崔桂花,赵文秀. 茶叶中锰、铁、锌、铬等 10 种微量元素的快速测定[J]. 广东微量元素科学,2012,19(8):34-37.

[7]颜明娟,吴一群,张辉,等. 福建茶园土壤及茶叶重金属监测及污染评价[J]. 茶叶学报,2016,57(2):71-75.

[8]Salt E D,Blaylock M B,Kumar N,et al. Phytoremediation; a novel strategy for the removal if toxic metals from the environment using plants[J]. Biotechnology,1995,13(5):468-474.

[9]王宝森,刘杰,郭俊明,等. 茶叶中七种金属元素的测定及成分分析[J]. 食品研究与开发,2008,29(4):136-138.

邢 强,胡永红,秦 俊. 冬季不同光照度对室内绿墙植物光合特性的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(10):147-152.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.10.033

冬季不同光照度对室内绿墙植物光合特性的影响

邢 强,胡永红,秦 俊
(上海辰山植物园,上海 201602)

摘要:为探讨室内长期弱光环境对绿墙植物生长的影响,针对 4 种常见室内已经生长 2 年的绿墙植物—一叶兰 (*Aspidistra elatior*)、袖珍椰子 (*Chamaedorea elegans*)、吉祥草 (*Reineckia carnea*)、阔叶麦冬 (*Liriope platyphylla*) 开展光合生理试验,探讨其对不同光照度的适应特性。结果表明,4 种植物在室内 250 ~ 1 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 光照度范围内,随光照度的减弱,基本都表现为表观量子效率 (AQY) 增大,光补偿点 (LCP) 和暗呼吸速率 (R_d) 减小,从而保证植物的正常生长;但极度弱光 0 ~ 100 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,严重制约植物的光合作用,抑制其生长。其中,一叶兰和袖珍椰子对光照度变化理论适应性较强,表现为其表观量子效率、光补偿点和饱和点、最大净光合速率和暗呼吸速率受光照影响波动较小,且均处于较高水平;而实际情况下一叶兰和阔叶麦冬的存活率高于其他 2 种植物,整体适应性较强,袖珍椰子的适应性最弱,主要体现为存活率、光合能力、日固碳量低,推测除光照影响外,冬季夜间低温也是影响因素之一。因此,建议筛选室内绿墙植物时应充分考虑植物对整体小气候环境的适应性,尽量开发兼备功能和适应性强的乡土植物,避免资源浪费。

关键词:垂直绿墙;光响应曲线;光合日进程;日固碳量;光合特性;光照度

中图分类号: Q948.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)10-0147-06

绿色建筑作为人们生活、办公的理想场所,是建筑和绿化 2 个领域有效结合的产物^[1]。其中,立体绿墙作为绿色建筑的主要组成部分,其占地面积小、形式灵活多样,是改善城市生态环境质量的重要措施之一,也是用地紧张的中心城区绿化主要的拓展点和后续力^[2],是可持续发展理念在城市建设中的具体应用和实践。上海作为国际性大都市,土地资源日趋紧张,立体绿化可有效补充地面绿化的不足^[3]。上海市“十三五”规划已提出建设 200 万 m^2 立体绿化的目标。但目前,在立体绿墙的设计和建造时,普遍存在可用植物种类少、后期植物更换成本高等不可持续问题^[4-8]。其中,光照是植物正常生长不可缺少的因素,不同植物对光照度的要求不一,

太弱或太强都不利于植物的生长。目前针对光照对植物影响的研究主要集中在室外自然光照条件对植物的影响,有少部分研究针对遮阴环境下的植物。已知的研究表明,适度弱光环境能够促进耐阴植物资源的光合作用,进而促进耐阴植物生长发育,如短期遮阴处理 (14 ~ 60 d) 能够有效地促进麻栎 (*Quercus acutissima*)、木荷 (*Schima superba*)、绣球 (*Hydrangea macrophylla*) 和烟草 (*Nicotiana tabacum*) 等植物的光合作用^[9-12];部分植物能很好地适应光照条件变化,但在特定时期也呈现出弱光条件下生长发育较好、存活率较高的情况,如林窗和林下的长蕊木兰 (*Alcimandra cathcartii*) 幼苗存活率和生长发育状况显著好于林缘和林外个体^[13]。因此,本研究针对室内绿墙这种极度弱光的特殊生境下植物出现极高死亡率的情况,以上海市室内绿墙应用频率最高的一叶兰 (*Aspidistra elatior*)、袖珍椰子 (*Chamaedorea elegans*)、吉祥草 (*Reineckia carnea*)、阔叶麦冬 (*Liriope platyphylla*) 为研究对象,在 2016 年植物出现大量死亡的时间段,从 4 种植物的光合特征入手,分析光照度对植物表观量子效率、光补偿点和饱和点、最大净光合速率和暗呼吸速率的影响,结合植物实际固碳效率和死亡率进行系统分析,深入探究光照度对植物生长发育的影响,以期垂直绿墙植物的筛选及推广应用提供参考方法和理论依据。

收稿日期:2017-12-26

基金项目:上海市科学技术委员会科研计划(编号:16DZ1204900、16DZ1204901、17DZ2252000);上海市崇明区科学技术委员会科研计划(编号:CK2017-08)。

作者简介:邢 强(1984—),男,山西晋中人,硕士,高级工程师,主要从事城市园艺和生态研究。Tel:(021) 37792288;E-mail:xingqiang0731@126.com。

通信作者:秦 俊,博士,教授级高级工程师,主要从事环境园艺技术研究。E-mail:qinjun@csnbgsh.cn。

[10] 黄渊泽,王光灿,蔡大昌. 云南茶叶中的微量元素分析[J]. 微量元素与健康研究,1997,14(2):38-40.

[11] Matsuura H, Hokura A, Katsuki F, et al. Multielement determination and speciation of major - to - trace elements in black tea leaves by ICP - AES and ICP - MS with the aid of size exclusion chromatography[J]. Analytical Sciences, 2001, 17(3):391-398.

[12] Mierzwa J, Sun Y C, Chung Y T, et al. Comparative determination of Ba, Cu, Fe, Pb and Zn in tea leaves by slurry sampling electrothermal

atomic absorption and liquid sampling inductively coupled plasma atomic emission spectrometry [J]. Talanta, 1998, 47(5):1263-1270.

[13] 刘小文,高晓余,何月秋,等. 几种微量元素对茶树生理及茶叶品质的影响[J]. 广东农业科学,2010,37(6):162-165.

[14] 秦玉燕,时鹏涛,于艳萍,等. 四种金花茶组植物叶片金属元素含量及富集特性研究[J]. 广西植物,2016,36(12):1416-1421,1444.