

4 个小叶蚊母树无性系幼苗在不同土壤类型上的生长差异

洪震¹, 刘术新², 练发良¹, 吴伟建³

(1. 丽水市林业科学研究院, 浙江 丽水 323000; 2. 丽水职业技术学院, 浙江 丽水 323000; 3. 浙江省松阳县林业局, 浙江 松阳 323400)

摘要: 为选育适合不同土壤条件栽植的小叶蚊母树 *Distylium buxifolium* 无性系, 分别以红壤、黄壤、石灰性土和滨海盐土及 4 个无性系(D1, D7, D13, D19)的 1 年生苗木为材料, 采用温室盆栽方法, 测定苗高、地径、冠幅和新梢数量, 研究了不同土壤对无性系苗木生长的影响。结果表明: 红壤上生长的小叶蚊母树苗高、地径和冠幅生长量显著高于其他 3 种土壤($P<0.05$), 而在滨海盐土上生长的小叶蚊母树新梢数量最多($P<0.05$)。无性系 D19 的苗高生长量达到 5.7 cm, 显著高于 D7($P<0.05$), 无性系 D7 的地径和冠幅生长量分别为 0.74 cm 和 9.88 cm, 显著高于其他无性系($P<0.05$), 而无性系 D13 的新梢数量达 56.40 个, 显著多于其他无性系($P<0.05$)。小叶蚊母树在不同土壤上的适宜程度为红壤>黄壤>石灰性土>滨海盐土, 不同无性系生长的优劣排序为 D7>D13>D1>D19。在黄壤上栽植小叶蚊母树可选择 D1 和 D19, 在红壤上可选择 D7, D13 和 D19, 在石灰性土上可选择 D7 和 D13, 在滨海盐土上可选择 D1 和 D7。表 7 参 19

关键词: 森林培育学; 小叶蚊母树; 幼苗; 土壤; 无性系; 生长性状

中图分类号: S723.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2018)02-0380-07

Growth difference of four *Distylium buxifolium* clone seedlings in different soil types

HONG Zhen¹, LIU Shuxin², LIAN Faliang¹, WU Weijian³

(1. Lishui Academy of Forestry, Lishui 323000, Zhejiang, China; 2. Lishui Vocational & Technical College, Lishui 323000, Zhejiang, China; 3. Forest Enterprise of Songyang County, Songyang 323400, Zhejiang, China)

Abstract: *Distylium buxifolium* is an important native ornamental tree species used extensively in gardens. To choose the right *D. buxifolium* clones suitable for different soil conditions and to provide references for early promotion and application, this study used potted plants in a greenhouse with red soil, yellow soil, calcareous (lime) soil, and coastal solonchak soil. Four clones D1, D7, D13, D19 of annual nursery stock were used to determine seedling height, ground diameter, crown width, and new tips, and then the influence of different soils on seedling growth was studied. Results showed that seedling height, ground diameter, and crown breadth in red soil were significantly greater ($P<0.05$) than the other three soil types, while the number of new tips in coastal solonchak soil being the largest ($P<0.05$). Seedling height of clone D19 reached 5.7 cm, which was significantly higher than clone D7($P<0.05$), ground diameter and crown breadth of clone D7 reached 0.74 cm and 9.88 cm, which were significantly higher than other clones ($P<0.05$), and the number of new tips of clone D13 reached 56.40, which was significantly greater than the other clones ($P<0.05$). Suitability of soils for *D. buxifolium* clones was red soil>yellow soil>calcareous soil>coastal solonchak soil. Also, favorable growth of clones was in the order D7>D13>D1>D19. Clone choices of *D. buxifolium* for soil types could be D1 or D19 for yellow soil, D7 or D13 or D19 for red soil, D7 or D13 for lime soil, and D1 or D7 for coastal solonchak soil.

收稿日期: 2017-02-04; 修回日期: 2017-04-07

基金项目: 浙江省花卉新品种选育重大新技术专项重点项目(2012C12909-9); 浙江省科技计划项目(2013C32102); 浙江省丽水市科技计划项目(2016ZDYF08)

作者简介: 洪震, 高级工程师, 从事观赏植物开发利用研究。E-mail: 452451651@qq.com

[Ch, 7 tab. 19 ref.]

Key words: silviculture; *Distylium buxifolium*; seedling; soil; clone; growth traits

土壤是植物扎根立足的场所和植物养分的重要提供者, 植物生长好坏与土壤密切相关。滇青冈 *Cyclobalanopsis glaucooides* 幼苗在黑色石灰土上的苗高和地径生长量均显著高于红色石灰土^[1], 紫杉 *Taxus cuspidata* 在不同土壤中的新梢和根系生长存在显著差异^[2], 不同土壤对苹果 *Malus sieversii* 新梢生长有显著影响^[3], 不同质地土壤对不同林龄巴旦木 *Amygdalus communis* 叶片养分含量影响不同^[4], 不同质地土壤对紫杉新梢量影响不同^[5], 不同类型土壤对不同结实期枸杞 *Lycium barbarum* 养分状况影响较大^[6]。同一植物不同无性系对土壤的适宜性也不同, 如三倍体毛白杨 *Populus tomentosa* BT-175 能较好地适应黏性土壤, BL-193 有较好的耐贫瘠性^[7], 樱桃 *Prunus pseudocerasus* 品种 ‘San’ 适合天津盐碱地栽植^[8], 楸树 *Catapa bungei* 无性系 7080 对土壤干旱具有较好的抗性^[9]。因此, 在生产中应根据不同土壤类型选择栽种不同的植物或无性系。小叶蚊母树 *Distylium buxifolium* 为金缕梅科 Hamamelidaceae 蚊母树属 *Distylium* 常绿小灌木^[10-12]。近年来通过形态多样性研究和无性繁殖等技术手段, 已选育出一些优良的小叶蚊母树无性系, 不同无性系叶色、叶形、树体结构、分枝习性和抗病性、抗寒性和耐盐性等方面均有明显差异^[13-16]。不同无性系在不同类型土壤上的生长适应性目前尚不清楚, 影响了小叶蚊母树在园林中的具体应用。本研究采用温室盆栽方法, 研究了 4 个小叶蚊母树无性系在 4 种土壤上生长性状的差异, 为挑选适合不同土壤类型栽植的小叶蚊母树无性系提供理论基础, 为该植物在园林绿化中的推广应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在浙江省丽水职业技术学院的温室大棚, 位于 28°28′41.26″N, 119°54′13.27″E, 海拔为 100 m, 属中亚热带季风气候, 温暖湿润, 雨水充沛。年均日照时数为 1 712.0~1 825.0 h, 年均降水量为 1 400.0~2 275.0 mm, 年均气温为 17.6 °C, 极端最高气温为 41.5 °C, 极端最低气温为 -7.7 °C, 年均无霜期为 180~280 d。棚内温度为 20~30 °C, 相对湿度为 60%~80%^[16-18]。

1.2 供试材料

2015 年 1 月在浙江丽水、金华和温州分别采集浙江省典型的黄壤、红壤、石灰性土和滨海盐土等 4 个土壤类型。不同土壤基本理化性质如表 1 所示。

供试苗木为浙江省丽水市林业科学研究院选育的 4 个小叶蚊母树 1 年生无性系(D1, D7, D13 和 D19), 苗高为(18.50 ± 0.20) cm, 地径(0.72 ± 0.04)cm。具体形态生理指标差异如表 2 所示。盆栽采用 19 cm × 14 cm × 17 cm(底径×上口径×高)的花盆。

表 1 不同类型土壤基本理化性质

Table 1 Basic physical and chemical properties of different types of soil

土壤种类	pH 值	有机质/(g·kg ⁻¹)	碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	有效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	容重/(g·cm ³)	孔隙度	质地
黄壤	4.1	18.96	57.89	10.05	45.43	1.19	55.09	粉壤土
红壤	5.4	16.77	157.65	50.74	56.01	1.27	52.08	粘壤土
石灰性土	7.5	27.47	144.68	23.96	38.14	1.19	55.09	粉壤土
滨海盐土	8.3	3.79	44.95	4.99	192.14	0.98	63.02	粉土

1.3 研究方法

1.3.1 试验设计 2015 年 2 月, 采用随机区组设计, 分别以黄壤、红壤、石灰性土和滨海盐土为基质进行盆栽试验, 装土 3.5 kg·盆⁻¹, 每种土壤分别栽植 4 个无性系苗木各 20 盆, 1 株·盆⁻¹。各个处理管理措施一致, 定期浇水, 试验期间不进行追肥, 定期喷施农药防治病虫害。

1.3.2 测定方法 待苗木成活后, 于 2015 年 3 月 15 日用游标卡尺和钢卷尺分别测定地径、苗高和冠幅, 并于实验末期(2016 年 3 月 10 日)观测相同项目, 计算地径、苗高和冠幅生长量, 同时调查新梢数量。

1.4 数据统计及评价方法

采用 DPS 12.0 软件对数据进行描述统计和正态检验, 然后进行双因素方差分析, 并用最小显著性差异(LSD)法进行多重比较。采用隶属函数法评价小叶蚊母树不同无性系对土壤的适宜性^[19]。

表 2 4 个小叶蚊母树无性系形态生理差异

Table 2 The differences of morphological and physiological of 4 *Distylium buxifolium* clones

类型	叶	花	果	抗寒性	抗病性	耐盐性
D1	小叶型, 叶片宽度 0.6~1.1 cm, 长度 3.3~3.6 cm, 嫩叶黄绿色	花红色, 花量中等, 花序小	果量少	较好	一般	好
D7	小叶型, 叶片宽度 0.8~1.2 cm, 长度 3.3~4.0 cm, 嫩叶紫红色	花红色, 花量较少, 花序小	果量少	好	强	一般
D13	大叶型, 叶片宽度 1.2~1.7 cm, 长度 3.3~4.8 cm, 嫩叶黄色	花黄色, 花量较多, 花序中等	果量一般	好	强	较好
D19	大叶型, 叶片宽度 1.3~1.8 cm, 长度 3.6~4.8 cm, 嫩叶淡黄色	花红色, 花量较少, 花序中等	果量较少	好	较强	一般

2 结果与分析

2.1 不同无性系苗高、地径、冠幅生长量和新梢数量的联合方差分析

对 4 种土壤类型 4 个无性系的苗高、地径、冠幅生长量和新梢数量进行联合方差分析(表 3), 结果表明, 不同土壤间各无性系 4 个生长指标的差异均达极显著水平($P < 0.01$); 不同无性系间的 4 个生长

表 3 不同无性系生长性状的联合方差分析

Table 3 Combined analysis variance of different clones' growth traits

性状	变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
苗高	土壤	169.280 0	2	84.640 0	111.286 5**	0.000 1
	土壤内区组	56.100 0	3	18.700 0	24.587 2**	0.000 1
	无性系	7.440 0	3	2.480 0	3.260 8*	0.035 1
	土壤×无性系	140.700 0	9	15.633 3	20.555 0**	0.000 1
	试验误差	22.816 8	30	0.760 6		
	总变异	396.336 8	47			
地径	土壤	1.534 4	2	0.767 2	29.804 6**	0.000 1
	土壤内区组	1.867 1	3	0.622 4	24.178 9**	0.000 1
	无性系	0.611 8	3	0.203 9	7.922 9**	0.000 5
	土壤×无性系	1.596 6	9	0.177 4	6.891 9**	0.000 1
	试验误差	0.772 2	30	0.025 7		
	总变异	6.382 2	47			
冠幅	土壤	179.930 5	2	89.965 2	59.440 6**	0.000 1
	土壤内区组	78.815 6	3	26.271 9	17.358 0**	0.000 1
	无性系	137.975 6	3	45.991 9	30.387 1**	0.000 1
	土壤×无性系	37.591 9	9	4.176 9	2.759 7*	0.017 7
	试验误差	45.405 9	30	1.513 5		
	总变异	479.719 5	47			
新梢数量	土壤	15 643.530 0	2	7 821.764 0	162.410 0**	0.000 1
	土壤内区组	2 357.763 0	3	785.920 9	16.318 8**	0.000 1
	无性系	758.282 5	3	252.760 8	5.248 3**	0.005 0
	土壤×无性系	4 202.888 0	9	466.987 5	9.696 5**	0.000 1
	试验误差	1 444.818 0	30	48.160 6		
	总变异	24 407.280 0	47			

指标差异显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$); 苗高、地径、冠幅生长量和新梢数量在土壤与无性系的交互作用间差异显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)。这一结果说明小叶蚊母树无性系在不同土壤条件下生长表现不一致, 基因型与土壤之间也存在互作。

2.2 小叶蚊母树不同生长性状在土壤间的多重比较

经过 1 个生长季后, 小叶蚊母树苗高、地径、冠幅生长量和新梢数量在不同土壤间的差异达显著水平($P<0.05$)(表 4)。红壤上生长的小叶蚊母树苗高、地径和冠幅生长量显著高于其他 3 种类型土壤($P<0.05$), 生长量分别高出 20.5%~73.1%, 12.3%~55.6%, 53.3%~128.6%; 新梢数量则以生长在滨海盐土的小叶蚊母树为最多, 显著高于其他 3 种土壤类型($P<0.05$), 增加了 31.9%~39.9%。

表 4 小叶蚊母树不同生长性状在土壤间的差异

Table 4 Differences of different growth traits of *Distylium buxifolium* in different soils

土壤种类	苗高/cm	地径/cm	冠幅/cm	新梢数量/(个·株 ⁻¹)
黄壤	3.90 ± 2.35 c	0.57 ± 0.18 b	5.57 ± 1.76 bc	47.08 ± 22.55 b
红壤	6.75 ± 4.02 a	0.87 ± 0.55 a	8.67 ± 3.46 a	46.80 ± 17.99 b
石灰性土	4.55 ± 1.99 c	0.39 ± 0.19 c	7.72 ± 1.89 b	44.40 ± 22.15 b
滨海盐土	5.60 ± 2.27 b	0.38 ± 0.18 c	5.90 ± 2.47 bc	62.10 ± 26.09 a

说明: 不同字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

2.3 小叶蚊母树不同生长性状在无性系间的多重比较

小叶蚊母树苗高、地径、冠幅生长量和新梢数量在不同无性系间存在显著性差异(表 5)。无性系 D19 的苗高生长量显著高于 D7($P<0.05$), 与 D1 和 D13 之间的差异不显著($P>0.05$); 无性系 D7 的地径和冠幅生长量显著高于其他 3 个无性系($P<0.05$), 分别高出 54.9%~73.2%, 39.4%~72.5%; 无性系 D13 的新梢数量显著高于其他 3 个无性系($P<0.05$), 增加了 13.0%~24.0%。

表 5 小叶蚊母树不同生长性状在无性系间的差异

Table 5 Differences of different growth traits in 4 clones of *Distylium buxifolium*

无性系	苗高/cm	地径/cm	冠幅/cm	新梢数量/(个·株 ⁻¹)
D1	5.20 ± 2.17 ab	0.53 ± 0.25 b	6.38 ± 2.01 b	45.50 ± 15.68 b
D7	4.60 ± 2.56 b	0.74 ± 0.59 a	9.88 ± 4.25 a	48.58 ± 25.71 b
D13	5.30 ± 2.42 ab	0.53 ± 0.26 b	5.70 ± 2.17 b	56.40 ± 26.44 a
D19	5.70 ± 4.27 a	0.43 ± 0.22 b	5.93 ± 2.05 b	49.90 ± 23.32 b

说明: 不同字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

2.4 不同无性系在不同土壤上的生长性状

4 种土壤上生长的不同无性系在苗高、地径、冠幅生长量和新梢数量上存在一定的差异(表 6)。红壤上生长的无性系 D19 的苗高和无性系 D7 的地径生长量显著高于其他处理($P<0.05$), 在红壤和石灰性土生长的无性系 D7 的冠幅生长量显著高于其他处理($P<0.05$), 而生长于滨海盐土的无性系 D13 的新梢数量显著多于其他处理($P<0.05$)。

2.5 不同土壤和无性系生长性状的隶属函数评价

采用隶属函数法分别对 4 种土壤上生长的小叶蚊母树不同无性系优劣进行评价, 结果如表 7 所示。若以隶属函数值大于平均值作为可推广的优良无性系, 则在黄壤上可推广种植 D1 和 D19; 红壤上可推广种植 D7, D13 和 D19; 石灰性土上可推广种植 D7 和 D13; 滨海盐土上推广种植 D1 和 D7。小叶蚊母树在不同土壤上的适宜顺序为红壤>黄壤>石灰性土>滨海盐土, 不同无性系生长的优劣排序为 D7>D13>D1>D19。

3 结论

经过 1 个生长季后, 小叶蚊母树苗高、地径、冠幅生长量和新梢数量之间的显著性差异是由土壤、无性系及两者之间的互作等引起的。

红壤上生长的小叶蚊母树苗高、地径和冠幅生长量显著高于其他 3 种类型土壤, 而新梢数量则以生

表6 不同无性系在不同土壤上的生长性状的比较

Table 6 Comparison of growth traits of different clones in different soils

土壤类型	无性系	苗高/cm	地径/cm	冠幅/cm	新梢数量/(个·株 ⁻¹)
黄壤	D1	5.00 ± 1.24 cd	0.63 ± 0.14 bcde	5.5 ± 2.02 cde	54.4 ± 8.62 cde
	D7	5.20 ± 1.49 cd	0.52 ± 0.10 cdef	7.0 ± 1.46 bc	25.1 ± 8.31 h
	D13	2.80 ± 1.64 efg	0.47 ± 0.14 cdefg	4.6 ± 1.78 e	50.8 ± 12.00 de
	D19	2.60 ± 1.04 fg	0.66 ± 0.08 bcd	5.2 ± 1.35 cde	58.0 ± 13.28 bcd
红壤	D1	6.00 ± 1.58 bc	0.73 ± 0.11 bc	6.9 ± 1.67 bcd	44.0 ± 5.85 efg
	D7	2.40 ± 1.14 g	1.53 ± 0.19 a	12.2 ± 2.06 a	48.4 ± 5.74 def
	D13	7.20 ± 1.22 b	0.80 ± 0.16 b	7.9 ± 1.54 b	46.4 ± 9.03 efg
	D19	11.40 ± 1.45 a	0.43 ± 0.19 defg	7.7 ± 2.29 b	38.8 ± 10.52 fg
石灰性土	D1	4.00 ± 1.64d ef	0.45 ± 0.16 defg	6.9 ± 2.32 bcd	35.2 ± 3.16 gh
	D7	4.80 ± 1.24 cd	0.35 ± 0.12 fg	12.6 ± 1.56 a	62.4 ± 7.92 bc
	D13	5.20 ± 1.59 cd	0.42 ± 0.15 defg	5.5 ± 1.58 cde	54.0 ± 11.63 cde
	D19	4.20 ± 1.18 de	0.37 ± 0.12 efg	5.9 ± 0.65 bcde	35.6 ± 12.38 gh
滨海盐土	D1	5.80 ± 1.51 bc	0.31 ± 0.08 fg	6.2 ± 1.04 bcde	48.4 ± 6.94 def
	D7	6.00 ± 1.26 bc	0.55 ± 0.15 bcdef	7.7 ± 1.72 b	58.4 ± 8.93 bcd
	D13	6.00 ± 1.76 bc	0.42 ± 0.18 defg	4.8 ± 1.89 e	74.4 ± 11.65 a
	D19	4.60 ± 1.02 cd	0.25 ± 0.07 g	4.9 ± 1.71 de	67.2 ± 14.99 ab

说明：不同字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)

表7 不同土壤和无性系隶属函数值

Table 7 Subordinate function value of different soils and clones

土壤	隶属函数值				平均值
	D1	D7	D13	D19	
黄壤	0.75	0.70	0.69	0.77	0.73
红壤	0.93	1.00	1.00	1.00	0.98
石灰性土	0.67	0.75	0.78	0.61	0.70
滨海盐土	0.65	0.71	0.62	0.53	0.63
平均值	0.75	0.79	0.77	0.73	

说明：不同字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)

长在滨海盐土的小叶蚊母树为最多。小叶蚊母树无性系 D19 的苗高生长量显著高于 D7, D7 的地径和冠幅生长量显著高于其他无性系, D13 的新梢数量显著高于其他无性系。隶属函数法研究表明, 在气象条件一致的情况下, 在黄壤上可推广栽植 D1 和 D19; 红壤上可推广栽植 D7, D13 和 D19; 石灰性土上可推广栽植 D7 和 D13; 滨海盐土上推广栽植 D1 和 D7。

4 参考文献

- [1] 曹建新, 姜远标, 张劲峰, 等. 不同土壤条件下滇青冈和元江栲幼苗生长特征的比较[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2009, 33(1): 79 - 82.
CAO Jianxin, JIANG Yuanbiao, ZHANG Jinfeng, et al. Comparison of growth characteristics on seedlings of *Cyclobalanopsis glaucoides* and *Castanopsis orthacantha* in different soil conditions [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2009, 33(1): 79 - 82.
- [2] 唐晓杰, 白玉文, 张涛, 等. 土壤类型与酸碱度对紫杉生长发育的影响[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2015, 16(4): 515 - 517.
TANG Xiaojie, BAI Yuwen, ZHANG Tao, et al. Effect of soil types and pH value on growth of *Taxus cuspidate* [J]. *J Beihua Univ Nat Sci*, 2015, 16(4): 515 - 517.
- [3] 赵丹, 李惠, 苏彦苹, 等. 不同立地、土壤类型对土壤含水量和苹果新梢生长的影响[J]. 河北林果研究, 2016, 31(1): 25 - 32.

- ZHAO Dan, LI Hui, SU Yanping, *et al.* Study on the influence of different stand sites and soil types on soil water content and shoot growth of apple trees [J]. *Hebei J For Orchard Res*, 2016, **31**(1): 25 – 32.
- [4] 毛金梅, 王建友, 刘凤兰, 等. 不同质地土壤不同林龄巴旦木叶片及土壤养分动态变化研究[J]. *中国农学通报*, 2015, **31**(15): 202 – 210.
- MAO Jinmei, WANG Jianyou, LIU Fenglan, *et al.* Study on nutrient elements content of leaf and soil in different age badam and different texture soil [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2015, **31**(15): 202 – 210.
- [5] 唐晓杰, 白玉文, 张涛, 等. 土壤类型与酸碱度对紫杉生长发育的影响[J]. *北华大学学报(自然科学版)*, 2015, **16**(4): 515 – 517.
- TANG Xiaojie, BAI Yuwen, ZHANG Tao, *et al.* Effect of soil types and pH value on growth of *Taxus cuspidate* [J]. *J Beihua Univ Nat Sci*, 2015, **31**(15): 202 – 210.
- [6] 韩宏伟, 李勇, 王建友, 等. 不同土壤质地与不同结实期枸杞土壤及叶片养分年际动态变化研究[J]. *中南林业科技大学学报*, 2016, **36**(11): 1 – 8.
- HAN Hongwei, LI Yong, WANG Jianyou, *et al.* Study on the annual dynamic changes of soil and leaf nutrient in different soil texture and different ripening stages of Chinese wolfberry [J]. *J Cent South Univ For Technol*, 2016, **36**(11): 1 – 8.
- [7] 马杰, 蔺岩珍, 高志帮. 三倍体毛白杨无性系在陇东地区不同土壤条件下生长对比研究[J]. *陕西林业科技*, 2008(2): 7 – 9.
- MA Jie, LING Yanzheng, GAO Zhibang. Comparison of clones growth of triploid Chinese white poplar at different soil conditions in eastern Gansu [J]. *J Shaanxi For Sci Technol*, 2008(2): 7 – 9.
- [8] 龚无缺, 杨静慧, 徐慧洁, 等. 不同类型土壤对3个樱桃品种生理生化特性的影响[J]. *天津农学院学报*, 2015, **22**(3): 24 – 27.
- GONG Wuque, YANG Jinghui, XU Huijie, *et al.* Effects of different soil types on biochemical and physiology characteristics of three cherry cultivars [J]. *J Tianjin Agric Univ*, 2015, **22**(3): 24 – 27.
- [9] 董蕾, 李吉跃, 王军辉, 等. 干旱胁迫下榉树无性系水分生理表征关系初探[J]. *中南林业科技大学学报*, 2015, **35**(10): 26 – 31.
- DONG Lei, LI Jiyue, WANG Junhui, *et al.* Comparison of water consumption and transpiration of 3 *Catalpa bungei* clones under drought [J]. *J Cent South Univ For Technol*, 2015, **35**(10): 26 – 31.
- [10] 钟欣, 练发良, 雷珍. 优秀地被植物小叶蚊母的水土保持作用[J]. *中国水土保持*, 2009(3): 48 – 50.
- ZHONG Xin, LIAN Faliang, LEI Zhen. Conservation function of soil and water of good groundcover plants *Distylium buxifolium* [J]. *Soil Water Conserv China*, 2009(3): 48 – 50.
- [11] 练发良, 楼炉煊, 曹建春, 等. 新优地被植物小叶蚊母的园林性状比较分析[J]. *技术与市场: 园林工程*, 2005(10): 31 – 35.
- LIAN Faliang, LOU Luhuan, CAO Jianchun, *et al.* Comparative analysis of new optimal groundcover plants *Distylium buxifolium*'s landscape characteristics [J]. *Technol Mark Landscape Eng*, 2005(10): 31 – 35.
- [12] 谢益贵, 练发良, 雷珍, 等. 小叶蚊母生态生物学特性研究[J]. *江苏林业科技*, 2009, **36**(3): 13 – 161.
- XIE Yigui, LIAN Faliang, LEI Zhen, *et al.* Study on ecological biology of *Distylium buxifolium* [J]. *J Jiangsu For Sci Technol*, 2009, **36**(3): 13 – 16.
- [13] 邹锋, 谭晓风, 何小勇, 等. 不同种源小叶蚊母气孔长度、宽度与密度的关系[J]. *西南林学院学报*, 2009, **29**(3): 19 – 21, 43.
- ZOU Feng, TAN Xiaofeng, HE Xiaoyong, *et al.* Studies on stomata length, width and density of different provenances of *Distylium buxifolium* [J]. *J Southwest For Univ*, 2009, **29**(3): 19 – 21, 43.
- [14] 练发良, 雷珍, 楼炉煊, 等. 小叶蚊母形态多样性及优良类型选择[J]. *福建林业科技*, 2010, **37**(2): 62 – 65.
- LIAN Faliang, LEI Zhen, LOU Luhuan, *et al.* The morphological diversity and superior type selection of *Distylium buxifolium* [J]. *J Fujian For Sci Technol*, 2010, **37**(2): 62 – 65.
- [15] 王妍婷, 车文玉, 商侃侃, 等. 小叶蚊母及其不同品系的耐盐性研究[J]. *西北植物学报*, 2014, **34**(8): 1588 – 1595.
- WANG Yanting, CHE Wenyu, SHANG Kankan, *et al.* Tolerance and physiological response of *Distylium buxifolium* and its cultivars to salt stress [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 2014, **34**(8): 1588 – 1595.

- [16] 潘芝梅, 刘卓香. 8个越橘品种在浙江西南地区引种试验初报[J]. 中国果树, 2012(3): 49-53.
PAN Zhimei, LIU Zhuoxiang. The beginning of the test report of 8 varieties of cranberry in southwest Zhejiang [J]. *China Fruit*, 2012(3): 49-53.
- [17] 徐燕云, 郭水良, 朱圣潮, 等. 浙江丽水白云山木本植物种群生态位计测[J]. 武汉植物学研究, 2003, 21(4): 339-345.
XU Yanyun, GUO Shuiliang, ZHU Shengchao, *et al.* Calculations of niche of woody plants in Mount Baiyun of Lishui, Zhejiang [J]. *J Wuhan Bot Res*, 2003, 21(4): 339-345.
- [18] 何小勇, 杨先裕, 练发良. 小叶蚊母树冬季不同叶龄叶色及其光合特性研究[J]. 浙江林业科技, 2015, 35(5): 6-10.
HE Xiaoyong, YANG Xianyu, LIAN Faliang. Determination on color scale and photosynthetic parameters of different aged *Distylium buxifolium* leaf in winter [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2015, 35(5): 6-10.
- [19] 刘宇, 徐焕文, 李志新, 等. 白桦子代家系幼林期生长表现及适应性分析[J]. 浙江农林大学学报, 2015, 32(6): 853-860.
LIU Yu, XU Huanwen, LI Zhixin, *et al.* Growth performance and adaptability of *Betula platyphylla* offspring in the period of young forest [J]. *J Zhejiang A&F Univ*, 2015, 32(6): 853-860.

“竹林生态系统碳汇监测与增汇减排关键技术及应用”荣获 2017年度国家科学技术进步奖二等奖

2018年1月8日, 2017年度国家科学技术奖励大会在北京人民大会堂举行。浙江农林大学周国模教授领衔团队完成的科研项目“竹林生态系统碳汇监测与增汇减排关键技术及应用”荣获2017年度国家科学技术进步奖二等奖。

森林碳汇是国际气候变化谈判的重要议题, 也是中国政府履行温室气体减排的重要内容。作为国内最早最系统地从事竹林碳汇研究的专家之一, 周国模教授从2002年就开始关注林业应对气候变化这一全球性问题。他带领团队经过多年研究发现, 竹林具有固碳量大、生长周期短等诸多优势, 竹林在应对气候变化中蕴藏着巨大的潜力, 是适合进入减排市场的森林碳汇类型。然而竹林特殊的爆发式、可再生生长与隔年采伐特性、碎片化的空间分布、持续的面积异动等使竹林碳源汇动态不清、时空格局不明, 碳汇精准监测与增汇减排技术长期缺乏, 严重制约了竹林固碳功能的科学评价和提升; 同时, 竹林碳汇项目在国内外都缺失方法学标准, 致使碳汇难以进入碳减排市场, 成为竹林碳汇科技与产业发展的最大瓶颈。

周国模教授领衔的科研团队, 围绕增碳、减排、稳碳、协同四大关键技术难题, 经过15年联合攻关, 探明了竹林碳源汇特征、碳储量与空间分配格局, 从多个角度证实竹林是一个巨大的碳汇, 系统澄清了竹林是碳源还是碳汇的国际争议。研发了通量观测、无线传感联动校验的竹林碳通量监测技术, 精确揭示了典型竹林碳源汇动态, 发现了毛竹林的碳通量水平显著高于亚热带其他典型森林。基于碳空间格局与碳转移分析方法, 探明了中国竹林生态系统现存碳储量, 同时阐明了每年还有大量的竹林碳转移到竹材产品碳库中长期保存。开发出5项竹林碳汇项目方法学, 推动国际竹林碳汇产业发展。累计发表学术论文277篇, 获授权国家发明专利13件, 软件著作权16项, 出版了《竹林生态系统中碳的固定与转化》《竹林生态系统碳汇计测与增汇技术》《竹林碳汇项目开发与实践》《竹材产品碳储量与碳足迹研究》《竹林生态系统能量和水分平衡与碳通量特征》等学术专著。在联合国气候大会上与合作单位共同提交竹子应对气候变化技术报告6份。相关技术已在浙江、安徽、福建、江西等竹子重点分布区大面积推广, 年均产生减排量150万t二氧化碳当量, 可以进一步开发成CCER竹林碳汇项目, 为社会经济发展创造出巨大的减排空间, 社会效益和生态效益显著。