

# 杨树无性系树冠性状间的相关性与遗传差异

黄逢龙<sup>1</sup>, 焦一杰<sup>2</sup>, 梁 军<sup>2</sup>, 樊军锋<sup>1\*</sup>

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国林业科学研究院 森林生态与环境保护研究所, 北京 100091)

**摘 要:**通过对 10 个杨树无性系的 8 个树冠性状进行测定, 筛选出叶面积指数(LAI)、冠形率(CSR)、树冠表面积(CSA)、一级分枝粗度( $D_{fb}$ )、枝下高( $H_{ub}$ )和冠幅(W)等 6 个与材积有关的性状, 分析了各树冠性状间的相关性和杨树无性系间树冠性状的遗传差异及其差异来源。结果表明: 各树冠性状间存在显著相关。LAI 只与 CSA 呈显著正相关; CSA、 $D_{fb}$ 、W 三者相互间呈极显著正相关;  $H_{ub}$ 与 W 呈极显著正相关; 而 CSR 与 CSA、 $D_{fb}$ 、 $H_{ub}$ 和 W 显著负相关。10 个无性系的 6 个树冠性状均有明显不同, 但只有  $D_{fb}$ 和  $H_{ub}$ 两性状差异显著。10 个无性系的各树冠性状的遗传力都较低, 均小于 0.5, 各树冠性状受环境因素的影响较大。可见, 杨树无性系树冠性状的差异主要来源于环境因素, 可通过水肥管理、修枝、间伐、整地等人为栽培管理措施来改善环境条件, 优化杨树树冠结构, 提高杨树树势, 从而抑制病原菌的生长和传播。因此基于树冠结构的杨树寄主主导性病害的生态调控是实际可行的。

**关键词:**杨树无性系; 树冠性状; 相关性; 遗传差异

中图分类号: S722.33      文献标志码: A      文章编号: 1001-7461(2010)01-0061-05

## Correlation and Genetic Difference of Crown Traits of Poplar Clones

HUANG Feng-long<sup>1</sup>, JIAO Yi-jie<sup>2</sup>, LIANG Jun<sup>2</sup>, FAN Jun-feng<sup>1</sup>

(1. College of Forestry Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China)

**Abstract:** By measuring eight crown traits of ten poplar clone, six of them, including leaf area index (LAI), crown shape ratio (CSR), surface area of crown (CSA), first-order branch diameter ( $D_{fb}$ ), height under branch ( $H_{ub}$ ) and crown width (W), which correlated significantly with tree volume, were screened out. And correlation among crown traits and genetic difference among these polar clones were analysed. The results showed that there was a significant positive correlation between LAI and CSA; CSA,  $D_{fb}$  and W were very significantly positively correlated with each other;  $H_{ub}$  was very significantly positively correlated with W. But CSR was significantly negatively correlated with CSA,  $D_{fb}$ ,  $H_{ub}$  and W. Besides, all these crown traits of ten poplar clones were different, but significantly different only in two crown traits;  $D_{fb}$  and  $H_{ub}$ . All these crown traits exhibited low heritability, less than 0.5. From above, the main source of crown trait difference among clones were environmental factors. Thus, breeding poplar clones having better crown traits and forest manage measures, such as, improvement of management of water and fertilizer, pruning and thinning, can be taken to improve environment, to optimize crown structure, to improve tree vigor of poplar, and finally to go against transmission and growth of pathogen. So ecological control to poplar host leading diseases based on crown structure is feasible.

**Key words:** poplar clones; crown traits; correlation; genetic difference

收稿日期: 2009-02-27    修回日期: 2009-04-15

基金项目: 国家“十一五”林业科技支撑项目(2006BAD08A11)

作者简介: 黄逢龙, 男, 硕士, 从事林木遗传育种研究, Email: huangfl2008@163.com

\* 通讯作者: 樊军锋, 男, 研究员, 从事林木遗传育种研究。

树冠是树木进行光合作用、制造干物质的场所,影响林木的生长和生产力,是树木生长的主要决定因子之一<sup>[4]</sup>。树冠是林木自身遗传因子和环境相互作用的综合结果,由一定数量的枝条和叶片按照一定的空间顺序排列而成。树冠内的枝条和叶片特性影响光能截获、水分和养分的分布<sup>[5]</sup>。此外,树冠与林木长势密切相关,影响碳分配和防御化合物的生产能力,从而影响其自身抵抗力<sup>[6]</sup>。冠型好的林木,其长势也越好,抵御病原菌侵染的能力也越强<sup>[4-7]</sup>。因此可以通过水肥管理、修枝、间伐、整地等人为栽培抚育管理措施或直接选育冠型优良的杨树品种来改善杨树树冠结构,提高杨树的树势,改善林内小气候,使其不利于病原菌的传播和生长,最终使杨树寄主主导性病害得到有效控制。而各树冠性状间的相互关系,各树冠性状与树势的关系,杨树品种间树冠性状的差异和环境对树冠性状的影响等是基于树冠结构的杨树寄主主导性病害的生态调控的可行性理论基础。本文以杨树无性系的树冠性状为对象,对无性系的各树冠性状进行相关性和遗传差异分析,旨在为杨树理想冠型育种及其病虫害的生态控制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在西北农林科技大学林学院渭河试验站。该站地处陕西省周至县境内。海拔约 400 m,属暖温带气候。年平均气温 13.3℃,1 月平均气温 -1.4℃,极端最低气温 -18.1℃,7 月平均气温 26.6℃,极端最高气温 42.4℃,≥10℃年积温 4 231℃。年日照 1 999 h。年平均降水量 715 mm,多集中在 7~9 月。年平均相对湿度 72%。无霜期 219 d。土壤为沙壤土,透气性好,保水性能差。

1.2 材料

本试验所用材料为西北农林科技大学渭河试验站杨树无性系 3 a 生对比试验林。对比试验林分别由欧美杨 107 (*Populus euramericana* clone ‘Neva’)、欧美杨 108 (*Populus euramericana* ‘Guariento’)、2001 (欧美杨, *Populus euramericana*)、I-69 (*Populus deltoids* ‘Lux’)、84K (银白杨×腺杨, *Populus alba* × *P. glandulosa*)、J2 (美洲黑杨, *Populus deltoides*)、北抗 (美洲黑杨, *Populus deltoides*)、毛白杨 14 号 (*Populus tomentosa*)、中黑防 (美洲黑杨×青杨, *Populus deltoides* × *P. cathayana*)、中林美荷杨 (欧美杨, *Populus euramericana*) 10 个杨树无性系组成,该实验林的苗木均来自西北

农林科技大学林学院教学实习苗圃。对比试验林采用随机完全区组设计,3 次重复,4 株小区。栽植密度为 4 m×5 m。

1.3 指标测定

测定指标包括叶面积指数 (leaf area index, LAI)、冠层密度 (canopy layer density, CLD)、冠形率 (crown shape ratio, CSR)、树冠表面积 (crown surface area, CSA)、一级分枝粗度 (first-order branch diameter,  $D_{fb}$ )、一级分枝角度 (first-order branch angle,  $A_{fb}$ )、枝下高 (height under branch,  $H_{ub}$ )、冠幅 (crown width,  $W$ ) 等 8 个树冠性状和材积指数 (volume index, VI)。辅助调查的指标有树高 ( $H$ )、胸径 ( $D_{BH}$ ) 和冠长 ( $CL$ )。叶面积指数由 CI-110 Plant Canopy Digital Imager 软件分析树冠图像获得,分枝角度采用调整式大型分度规测定。树高采用测高仪测量,一级分枝粗度和胸径用游标卡尺测量,冠幅用钢尺测定,枝下高用标杆测量,各指标按以下公式计算:

冠长:  $CL = H - H_{ub}$  (1)

冠层密度:  $CLD = \frac{T LA}{(S \cdot CL)/3} = \frac{3 LAI \cdot S}{S \cdot CL}$   
 $= \frac{3 LAI}{CL}$  (2)

冠形率:  $CSR = \frac{CL}{W}$  (3)

树冠表面积:  $CSA = \pi \frac{W}{4} \sqrt{CL^2 + \frac{W^2}{4}}$  (4)

材积指数:  $VI = D_{BH}^2 \cdot H$  (5)

其中,  $T LA$  为单株总叶面积;  $S$  为树冠投影面积。

1.4 统计分析

本研究采用 SPSS12.0 统计分析软件进行相关分析和单因素方差分析。

遗传、环境、表型方差广义遗传力、遗传变异系数、环境变异系数、表型变异系数根据下式估算<sup>[8-9]</sup>:

遗传方差:  $\sigma_g^2 = (MS_A - MS_e)/r$

环境方差:  $\sigma_e^2 = MS_e$

表型方差:  $\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$

广义遗传力:  $h_b^2 = \sigma_g^2 / \sigma_p^2$

遗传变异系数:  $CV_g(\%) = \sigma_g / \bar{x}$

环境变异系数:  $CV_e(\%) = \sigma_e / \bar{x}$

表型变异系数:  $CV_p(\%) = \sigma_p / \bar{x}$

2 结果与分析

用材积指数表示材积生长量,对 10 个无性系的各树冠性状和材积指数的均值、标准差、变幅大小进行统计 (表 1)。

表 1 杨树无性系树冠性状简单统计量

Table 1 Simple statistics of crown traits of poplar clones

无性系	统计量	<i>LAI</i>	<i>h</i> <sub>ub</sub> /m	<i>W</i> /m	<i>CLD</i> /m <sup>-1</sup>	<i>CSR</i>	<i>CSA</i> /m <sup>2</sup>	<i>A</i> <sub>fb</sub> /°	<i>D</i> <sub>fb</sub> /cm	<i>VI</i> /cm <sup>3</sup>
107	平均值	1.471	1.75	1.88	1.377	1.724	4.962	54.8	1.01	11046.23
	标准差	0.779	0.74	0.49	0.628	0.395	1.893	6.3	0.13	6008.34
	范围	3.325749∞0.370	2.50∞0.10	2.52∞1.05	2.771∞0.554	2.381∞1.184	8.300∞1.968	64.33∞42.67	1.23∞0.70	23064.0∞4420.60
108	平均值	1.186	1.73	1.75	1.025	1.948	4.832	54.1	0.98	10699.37
	标准差	0.677	0.49	0.38	0.517	0.524	1.611	5.9	0.10	3909.96
	范围	2.525∞0.227	2.30∞0.90	2.58∞1.25	2.047∞0.358	2.815∞1.204	6.789∞1.964	60.67∞42.33	1.10∞0.77	16245.00∞5227.20
2001	平均值	0.957	1.12	1.53	0.796	2.375	4.399	52.2	0.94	5639.35
	标准差	0.577	0.28	0.38	0.328	0.550	1.528	11.1	0.18	2444.32
	范围	2.537∞0.528	1.70∞0.70	1.95∞0.78	1.692∞0.563	3.579∞1.833	6.157∞1.420	67.00∞31.00	1.13∞0.63	10454.4∞1400.00
I-69	平均值	0.381	1.13	1.47	0.524	1.692	2.934	61.5	0.86	2892.53
	标准差	0.225	0.51	0.37	0.343	0.650	1.237	6.5	0.14	1530.15
	范围	0.925∞0.177	1.90∞0.50	2.13∞0.88	1.261∞0.167	3.543∞1.161	5.786∞1.300	72.00∞48.67	1.03∞0.60	5548.80∞615.60
84K	平均值	0.835	0.99	1.46	1.008	1.831	3.135	62.4	1.06	3040.34
	标准差	0.340	0.48	0.33	0.463	0.682	1.258	4.9	0.23	1701.84
	范围	1.242∞0.284	1.60∞0.30	1.95∞0.95	1.862∞0.438	3.684∞1.091	5.666∞1.667	70.33∞53.67	1.40∞0.70	6540.30∞1040.00
J2	平均值	0.428	1.82	1.77	0.427	1.867	4.707	59.3	1.20	8466.73
	标准差	0.252	0.30	0.32	0.299	0.416	1.270	7.0	0.16	2667.08
	范围	0.994∞0.188	2.30∞1.50	2.35∞1.25	1.065∞0.160	2.603∞1.400	7.165∞2.912	67.67∞46.00	1.43∞0.97	13033.10∞4228.40
北抗	平均值	0.622	1.88	2.05	0.581	1.755	5.814	58.4	1.05	11981.29
	标准差	0.156	0.29	0.76	0.138	0.528	2.953	9.3	0.15	6457.47
	范围	0.980∞0.410	2.30∞1.40	3.00∞0.90	0.817∞0.384	2.778∞1.033	10.314∞1.796	69.33∞35.67	1.43∞0.90	22118.40∞2687.50
毛白杨	平均值	1.070	1.37	1.43	1.668	1.575	2.633	57.5	0.92	3196.57
14号	标准差	0.339	0.57	0.37	0.821	0.552	1.179	4.7	0.23	1877.38
	范围	1.691∞0.604	2.00∞0.40	2.06∞0.87	3.447∞0.647	2.617∞0.928	4.646∞1.061	63.00∞49.33	1.20∞0.57	6540.30∞974.70
中黑防	平均值	1.272	1.18	1.10	1.606	2.427	2.310	57.3	0.70	2606.09
	标准差	0.431	0.62	0.34	0.720	0.627	1.034	3.9	0.18	774.45
	范围	1.804∞0.638	1.90∞0.20	1.68∞0.73	2.730∞0.580	3.576∞1.373	4.337∞1.257	61.67∞49.00	0.97∞0.43	3993.60∞1694.00
中林美荷	平均值	0.882	1.58	2.13	0.846	1.487	5.587	55.8	1.23	10603.09
	标准差	0.423	0.23	0.42	0.378	0.305	1.849	4.3	0.26	5091.14
	范围	1.471∞0.350	1.90∞1.00	2.89∞1.50	1.589∞0.420	2.200∞1.159	9.228∞3.503	64.00∞47.33	1.70∞0.87	19800.00∞4655.00
Total	平均值	0.906	1.46	1.68	0.974	1.847	4.186	57.4	1.00	7165.70
	标准差	0.560	0.56	0.52	0.627	0.586	2.038	7.2	0.23	5316.01
	范围	3.326∞0.177	2.50∞0.10	3.00∞0.73	3.447∞0.160	3.684∞0.928	10.314∞1.061	72.00∞31.00	1.70∞0.43	23064.00∞615.60

2.1 杨树各树冠性状与材积生长的相关性

对杨树各树冠性状与材积指数进行相关分析，相关系数列于表 2。*VI* 与 *LAI*、*CSA*、*D*<sub>fb</sub>、*H*<sub>ub</sub>和 *W* 极显著正相关，与 *CSR* 呈极显著负相关，与 *CLD*、*A*<sub>fb</sub>相关性不显著。这与李火根、李生等人的研究结

果相一致<sup>[3-8]</sup>。*CSA* 越大,树冠接受太阳光能的范围也就越大,*LAI* 越大,光合单位也越多,光合产物也越多。*H*<sub>ub</sub>越高,有利于提高收获指数,即光合产物分配到树干中的比例大。一级分枝越粗壮,*W* 越大,*CSR* 越小,对树冠的光能截获越有利。

表 2 树冠性状与材积指数相关性分析

Table 2 Correlation analysis between crown traits and VI

	<i>LAI</i>	<i>CLD</i>	<i>CSR</i>	<i>CSA</i>	<i>D</i> <sub>fb</sub>	<i>A</i> <sub>fb</sub>	<i>H</i> <sub>ub</sub>	<i>W</i>
<i>VI</i>	0.291**	−0.033	−0.281**	0.836**	0.568**	0.033	0.501**	0.797**

2.2 杨树无性系不同树冠性状间的关系

对与材积指数显著相关的 6 个树冠性状间的相关性进行分析,结果见表 3。从表 3 知,*LAI* 只与 *CSA* 呈显著正相关;*CSA*、*D*<sub>fb</sub>、*W* 三者相互间呈极显著正相关;*CSR* 则与 *CSA*、*D*<sub>fb</sub>、*H*<sub>ub</sub>和 *W* 极显著负相关;*H*<sub>ub</sub>与 *W* 呈极显著正相关。

上述结果表明,由于 3 a 生的对比试验林密度

小,没有郁闭,杨树各无性系具有足够的光合作用空间,所以在足够的光合空间下,无性系 *LAI* 愈大,用于光合作用的 *CSA* 也愈大,制造的用于枝条生长和高生长的营养物质也越多,因而 *D*<sub>fb</sub> 也越大,*H*<sub>ub</sub> 也越高,*W* 也增大,冠长也增长;但是相比之下,冠长的增长没有 *W* 增长得快,因而 *CSR* 反而越小。

表 3 不同树冠性状间相关分析

Table 3 Correlation analysis of different crown traits

	CSR	CSA	$D_{fb}$	$H_{ub}$	W
LAI	0.055	0.200 *	0.059	0.007	0.128
CSR		-0.267 **	-0.458 **	-0.394 **	-0.595 **
CSA			0.614 **	0.153	0.917 **
$D_{fb}$				0.224 *	0.677 **
$H_{ub}$					0.294 **

2.3 杨树无性系间树冠性状差异

将 10 个无性系与材积指数相关的 6 个树冠性状的均值(表 1)可看出, 10 个无性系的 6 个树冠性状均存在差异。10 个无性系的 LAI 大小顺序分别为 107>中黑防>108>毛白杨 14 号>2001>中林美荷杨>84K>北抗>J2>I-69;CSA 的大小顺序为北抗>中林美荷>107>108> J2>2001>84K> I-69>毛白杨 14 号>中黑防;CSR 的大小顺序为中黑防>2001>108> J2>84K >北抗>107> I-69>毛白杨 14 号>中林美荷;  $D_{fb}$ 的大小顺序为中林美荷> J2>84K >北抗>107>108>2001>毛白杨 14 号> I-69>中黑防;  $H_{ub}$ 的大小顺序为北抗> J2>107>108>中林美荷>毛白杨 14 号>中黑防> I-69>2001>84K;W 的大小顺序为中林美荷>北抗>107> J2>108>2001> I-69>84K >毛白杨 14 号>中黑防。

表 5 一级分枝粗度 LSD 多重比较

Table 5 LSD multiple comparison of  $D_{fb}$

均值差异 $\bar{x}_i - \bar{x}_j$	$\bar{x}_j$								
	108	2001	I-69	84K	J2	北抗	毛白杨 14 号	中黑防	中林美荷
$\bar{x}_i$									
107	0.023	0.115	0.164	-0.037	-0.200	-0.060	0.079	0.276 *	-0.208
108		0.092	0.141	-0.060	-0.223	-0.083	0.057	0.253	-0.231
2001			0.049	-0.152	-0.315 *	-0.175	-0.036	0.161	-0.323 *
I-69				-0.201	-0.364 *	-0.224	-0.085	0.112	-0.372 *
84K					-0.163	-0.023	0.116	0.313 *	-0.171
J2						0.140	0.279 *	0.476 *	-0.008
北抗							0.139	0.336 *	-0.148
毛白杨 14 号								0.197	-0.287 *
中黑防									-0.484 *

表 6 枝下高 LSD 多重比较

Table 6 LSD multiple comparison of  $H_{ub}$

均值差异 $\bar{x}_i - \bar{x}_j$	$\bar{x}_j$								
	108	2001	I-69	84K	J2	北抗	毛白杨 14 号	中黑防	中林美荷
$\bar{x}_i$									
107	-0.021	0.578 *	0.608 *	0.730 *	-0.120	-0.166	0.380	0.627 *	0.113
108		0.598 *	0.628 *	0.751 *	-0.099	-0.146	0.401	0.648 *	0.134
2001			0.030	0.152	-0.698 *	-0.744 *	-0.198	0.049	-0.464
I-69				0.122	-0.728 *	-0.774 *	-0.228	0.019	-0.494
84K					-0.850 *	-0.896 *	-0.350	-0.103	-0.617 *
J2						-0.046	0.500	0.747 *	0.233
北抗							0.546 *	0.793 *	0.279
毛白杨 14 号								0.247	-0.267
中黑防									-0.514

表 4 树冠性状方差分析

Table 4 ANOVA of crown traits

		离差平方和	自由度	均方	F 值
LAI	无性系(A)	2.895	9	0.322	2.021
	剩余(e)	3.183	18	0.159	
	总数(T)	6.077	29		
CSR	无性系(A)	2.684	9	0.298	1.523
	剩余(e)	3.917	18	0.196	
	总数(T)	6.601	29		
CSA	无性系(A)	39.576	9	4.397	2.039
	剩余(e)	43.138	18	2.157	
	总数(T)	82.714	29		
$D_{fb}$	无性系(A)	0.627	9	0.070	2.952 *
	剩余(e)	0.472	18	0.024	
	总数(T)	1.099	29		
$H_{ub}$	无性系(A)	3.253	9	0.361	3.634 * *
	剩余(e)	1.989	18	0.099	
	总数(T)	5.241	29		
W	无性系(A)	2.592	9	0.288	1.962
	剩余(e)	2.936	18	0.147	
	总数(T)	5.529	29		

方差分析(表 4)表明,各杨树无性系  $D_{fb}$  存在显著差异,  $H_{ub}$  存在极显著差异,其余树冠性状均未达到显著水平。经多重比较发现(表 6、表 7),在  $D_{fb}$  性状上,中林美荷、J2 两无性系与 2001、毛白杨 14 号、I-69 和中黑防四无性系差异显著;84K、北抗、107 三无性系与中黑防均差异显著,108 与其他

无性系差异均不显著;在  $H_{ub}$  性状上,北抗、J2、108、107 四无性系与 2001、I-69、中黑防、84K 四无性系均差异显著;毛白杨 14 号只与北抗差异显著;中林美荷只与 84K 差异显著。

2.4 树冠性状的遗传参数估算

连续性变异的数量性状是由多个具相等微效且对环境反应敏感的等位基因控制。数量性状的表型变异不仅源于多个数量性状基因(QTL)的分离,而且还受到内外环境的修饰<sup>[10]</sup>。因此各无性系表现出的树冠性状差异来自无性系自身遗传因子和环

境。至于遗传因子和环境二者的作用大小,则需进行遗传参数的估算(表 7)。从表 7 知,各树冠性状的广义遗传力大小顺序为  $H_{ub} > D_{fb} > CSA > LAI > W > CSR$ 。其中 CSR 的广义遗传力为 0.148,明显低于其他性状; $H_{ub}$  的广义遗传力最大,达到 0.469。但所有参试无性系的 6 个树冠性状的广义遗传力都较低,均  $< 0.5$ ,受环境因素的影响较大。由此可见,各杨树无性系表现的树冠性状差异主要来源于环境因素。

表 7 遗传参数的估算  
Table 7 Estimation of genetic parameter

性状	均值	遗传方差	环境方差	表型方差	广义遗传力	遗传变异系数	环境变异系数	表型变异系数
LAI	0.863	0.054	0.159	0.213	0.255	0.063	0.184	0.247
CSR	1.908	0.034	0.196	0.230	0.148	0.018	0.103	0.121
CSA	4.064	0.747	2.157	2.904	0.257	0.184	0.531	0.714
$D_{fb}$	0.987	0.015	0.024	0.039	0.390	0.016	0.024	0.040
$H_{ub}$	1.424	0.087	0.099	0.186	0.469	0.061	0.070	0.131
W	1.631	0.047	0.147	0.194	0.242	0.029	0.090	0.119

3 结论与讨论

(1)杨树的材积生长与 LAI、CSA、 $D_{fb}$ 、 $H_{ub}$  和 W 极显著正相关、与 CSR 呈极显著负相关;与 CLD、 $A_{fb}$  相关性不显著。

(2)各树冠性状间存在紧密关联。 $LAI$  只与 CSA 呈显著正相关;CSA、 $D_{fb}$ 、W 三者相互间呈极显著正相关; $H_{ub}$  与 W 呈极显著正相关;CSR 则与 CSA、 $D_{fb}$ 、 $H_{ub}$  和 W 极显著负相关。

(3)10 个无性系的 6 个树冠性状均存在差异,但只有  $D_{fb}$  和  $H_{ub}$  两性状差异达到显著水平。在  $D_{fb}$  性状上,中林美荷、J2 两无性系与 2001、毛白杨 14 号、I-69 和中黑防四无性系差异显著;84K、北抗、107 三无性系与中黑防均差异显著,108 与其他无性系差异均不显著;在  $H_{ub}$  性状上,北抗、J2、108、107 与 2001、I-69、中黑防、84K 四无性系均差异显著;毛白杨 14 号只与北抗差异显著;中林美荷只与 84K 差异显著。

(4)10 各无性系的各树冠性状的遗传力都较低,均小于 0.5,受环境因素的影响较大。可见,杨树无性系树冠性状的差异主要来源于环境因素。

本研究对象是 3 a 生的对比试验林,正是杨树溃疡病和烂皮病等寄主主导性病害的多发期<sup>[2-11]</sup>。从上述结果分析来看,LAI、CSA、 $D_{fb}$ 、 $H_{ub}$ 、W、CSR 等 6 个树冠性状均与材积显著相关,且遗传力都较低。即杨树无性系各树冠性状与长势密切相关,而且受环境的影响比较大。杨树生境条件的变化可引起杨树的树冠性状的改变,影响杨树的树势,同时树冠性状的改变又反过来影响林内小气候。所以可以

通过水肥管理、修枝、间伐、整地等人为栽培抚育管理措施来优化杨树树冠结构,提高杨树树势,改善林内小气候,使林内生态环境不利于病原菌的传播和生长,最终使杨树溃疡病和烂皮病等寄主主导性病害得到有效控制。因此基于树冠结构的杨树寄主主导性病害的生态调控是实际可行的。

参考文献:

[1] 杨会勇. 杨树无性系生长过程遗传变异及选择研究[D]. 南京: 南京林业大学,2005.

[2] 张星耀, 骆有庆. 中国森林重大生物灾害[M]. 北京: 中国林业出版社,2003.

[3] 曹支敏, 景耀, 周芳. 杨树溃疡病流行与土壤条件的关系[J]. 西北林学院学报, 1991, 6(2): 55-61.

[4] 李火根. 杨树冠型、根系的分形特征及杨树改良策略[D]. 南京: 南京林业大学, 2003.

[5] 李火根, 黄敏仁. 杨树新无性系冠层特性及叶片的空间分布[J]. 应用生态学报, 1998, 9(4): 345-348.

[6] SHI J, LUO Y Q, SONG J Y, *et al.* Traits of masson pine affecting attack of pine wood nematode[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2007, 49(12): 1763-1771.

[7] P ROSSO, E HANSEN. Tree vigour and the susceptibility of douglas fir to armillaria root disease[J]. European Journal Forest Pathology, 1998, 28: 43-52.

[8] 李世峰. 美洲黑杨种质资源遗传变异研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2003.

[9] 李生, 陈存及. 混交林中乳源木莲冠层特性与生长的通径分析[J]. 林业科学研究, 2005, 18(3): 310-314.

[10] 杜春芳, 李朋波, 李润植. 植物数量性状变异的分子基础与 QTL 克隆研究进展[J]. 西北植物学报, 2005, 25(12): 2575-2580.

[11] 赵仕光, 景耀. 杨树对溃疡病的抗性研究——I 树龄及形态结构与抗病性[J]. 西北林学院学报, 1997, 12(3): 34-40.