

白杨新杂种田间溃疡病抗性调查

史禹博¹, 樊军锋¹, 梁 军², 吕小锋³

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国林业科学院 森林生态环境与保护研究所, 北京 100091;

3. 陇县八渡林场, 陕西 陇县 721203)

摘 要:对 10 年生银白杨和 84K 杨人工杂交初选优良无性系对比试验林的抗病性进行调查, 并对各个无性系发病率、感病指数和相对抗病指数进行分析。结果表明, 高度抗病无性系是 02-09-22、02-11-10、毛-30、101 杨、02-08-21 和河北杨; 中度抗病无性系分别为 02-12-29、02-14-26、02-05-09 和 02-04-22; 抗病无性系分别为 02-08-30、02-08-26、02-13-26、02-04-32、02-04-05、02-04-36 和 02-10-20; 中度感病无性系 02-15-05、02-20-24、02-21-30、02-07-23、02-15-18、02-21-11、02-06-02、02-21-33、02-05-22、02-06-26、02-03-20 和 02-12-26; 高度感病无性系是 02-12-33 和 02-07-22。

关键词:银白杨×84K 杨; 溃疡病; 抗病性

中图分类号:S792.117

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2014)03-0136-04

Investigation of the Resistance to Canker of Some *Populus alba* × (*P. alba* × *P. glandulos*) Clones in Field

SHI Yu-bo¹, FAN Jun-feng¹, LIANG Jun², LUY Xiao-feng³

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

2. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

3. Badu Forest Farm of Longxian County, Longxian, Shaanxi 721203, China)

Abstract: An investigation was carried out on the resistance to canker of 31 *Populus alba* × (*P. alba* × *P. glandulos*) clones with the age of 10 years. The results indicated that 02-09-22, 02-11-10, the white poplar 30, poplar 101, 02-08-21 and ‘Heibei’ had high degrees of the resistance to canker. In addition, 02-12-29, 02-14-26, 02-05-09 and 02-04-22 had moderate resistance. While 02-08-30, 02-08-26, 02-13-26, 02-04-32, 02-04-05, 02-04-36 and 02-10-20 had low resistance to disease. 02-15-05, 02-20-24, 02-21-30, 02-07-23, 02-15-18, 02-21-11, 02-06-02, 02-21-33, 02-05-22, 02-06-26, 02-03-20, and 02-12-26 showed moderate susceptibility and in addition, 02-12-33 and 02-07-22 showed high susceptibility to canker.

Key words: *Populus alba* × (*P. alba* × *P. glandulos*); canker; resistance

白杨派中, 银白杨 (*Populus alba*) 和 84K 杨 (*P. alba* × *P. glandulos*) 都具有生长迅速、纤维较长、适应性广等特点, 但近年来, 随着种植面积的扩大, 杨树纯林发展迅速。由于品种单一、抗性退化等因素, 各种病害问题越来越严重, 以溃疡病尤为突出^[1-4]。北京机场高速公路两侧的毛白杨溃疡病的危害有逐渐加重的趋势^[5]。杨树溃疡病 (*Boryo-*

sphaeria dothidea), 又称水泡型溃疡病, 一般在每年 6 月下旬至 7 月上旬和 9 月下旬至 10 月上旬发病, 发病初期在树皮的皮孔或伤口边缘形成近圆形水疱状病斑, 然后逐渐扩展形成圆形水泡, 破裂后流出腥臭味褐色的带菌液体, 液体与空气接触后呈黑褐色。发病后期有些水泡失水, 病斑下陷渐渐干枯, 有些病斑由于树液过多胀破树皮, 形成一个枯斑, 中

收稿日期: 2013-12-02 修回日期: 2014-01-10

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划专题 (2012BAD19B0801)。

作者简介: 史禹博, 男, 在读硕士, 研究方向: 林木遗传育种。E-mail: shiyubo@nwsuaf.edu.cn

* 通信作者: 樊军锋, 男, 研究员。研究方向: 林木遗传育种。E-mail: fanjf28@163.com

间时常会有一个纵向裂痕^[6]。白杨派品种水泡的形成直接和树皮的含水率及湿度有关,一般多围绕皮孔产生直径 1~2 cm 左右的水泡状溃疡斑。此病对我国杨树的生产有严重的影响^[7-11]。该病自 1955 年初次在北京德胜门苗圃发现后,杨树溃疡病在我国北方杨树栽培地区大面积扩散^[1,3],威胁杨树的生长,给我国杨树生产和经营带来了极大的损失。近年来,由于杨树溃疡病大面积发生,使江苏北部新造白杨林幼树大量死亡,造成了重大的经济损失^[11]。河北白洋淀地区,2011 年杨树溃疡病病株率达到 51.2%,平均病株率为 7.8%^[12]。在些地方该病导致木材损失高达 30%^[13]。我国著名的“三北”防护林由于受到溃疡病的侵染,一期工程几乎毁于一旦^[14]。目前,针对杨树溃疡病无有效的防治药剂,一般通过抗病育种、选择抗病性较好的品种^[14-18]。抗病育种是预防杨树溃疡病发生最有效、最经济的方法^[14]。白杨派及其派内杂交品种抗病性变化较大,但毛白杨和银白杨×毛白杨比较抗病^[19]。主要杨树生产品种 84K 杨和毛白杨 14 号的田间抗病性在 17 个品种(无性系)中分别为高度抗病和中度抗病^[20]。通过对 10 年生的银白杨和 84K 杨人工杂交初选优良无性系对比试验林的抗病性进行调查,比较初选无性系的抗病性,拟筛选出抗病性较强的白杨新品种。

1 材料与方 法

1.1 材 料

选择 10 年生银白杨和 84K 杨人工杂交材料初选良种 28 个无性系:02-09-22、02-11-10、02-08-21、02-04-22、02-05-09、02-12-29、02-08-26、02-14-26、02-08-30、02-04-32、02-21-33、02-21-11、02-04-05、02-07-23、02-13-26、02-21-30、02-10-20、02-04-36、02-05-22、02-15-18、02-15-05、02-03-20、02-20-24、02-12-26、02-06-26、02-06-02、02-12-33、02-07-22,以毛-30、河北杨、101 杨作对照。均种植于西北农林科技大学渭河试验站,株行距为 4 m×4 m,3 个重复,4 株小区,树龄 10 a,种植面积 0.704 hm²,共计 372 株植株,四周设有保护行。该地气候属于暖温带气候,年平均气温 13.3℃,年平均降水量 715 mm,多集中在 7—9 月,年平均相对湿度 72%。

1.2 调查方法

分别于杨树溃疡病发病期 2012 年 9 月下旬、2013 年 6 月下旬和 2013 年 9 月下旬共调查 3 次,除去四周保护行,参照曹支敏^[21]等和赵仕光^[22]等的方法,调查 3 个重复所有植株的胸径处上下 0.5 m 范围内(0.8~1.8 m)的病斑数及胸径,同时记录因

其他原因死亡的个体,计算各杨树无性系的感病率、感病指数和相对抗病指数^[20]。

1.3 病害与杨树抗病性分级标准

参照曹支敏^[21]等和赵仕光^[22]等的分级标准,并根据实际调查情况,对杨树发病程度进行分级(表 1),计算各个无性系的感病指数和相对抗病指数。相对抗病指数是指用 100 减去植株的感病指数,便于对植株的抗病性进行划分。

表 1 病害分级标准		
Table 1 Severity grade of poplar canker		
级别	分级标准/(个·cm ⁻¹)	代表数值
I	0.00~0.90	0
II	0.91~3.00	1
III	3.01~10.00	2
IV	10.01~18.00	3
V	18.01~25.00	4
VI	>25.00	5

$$\text{感病指数} = \frac{\sum(\text{病级株数} \times \text{该级代表数值}) \times 100}{\text{总株数} \times \text{最高一级的代表数值}}$$

(1)

$$\text{相对抗病指数} = 100 - \text{感病指数}$$

(2)

1.4 杨树对溃疡病的抗性分类

由于本次调查的无性系比较多,同时溃疡病的发生受气候的影响较大^[21],参考王孟昌^[20]等的抗病性分级方法,结合实际的调查结果,将相对抗病指数转换成抗病性(表 2)。

表 2 银白杨×84K 杨对溃疡病抗性分级		
Table 2 Grade of <i>P. alba</i> ×(<i>P. alba</i> × <i>P. glandulos</i>)		
resistance to canker		
相对抗病指数	抗病性	抗病性代表符号
80.1~100.0	高抗	++
65.1~80.0	中抗	+
50.0~65.0	抗病	0
26.0~49.9	中感	—
0.0~25.9	高感	--

1.5 检验各抗病性的差异

用 IBM SPSS Statistics V 20.0 进行 Kruskal-Wallis 检验,分析各无性系以相对抗病指数进行的抗病性分级在 $p=0.05$ 下的差异。

2 结果与分析

银白杨和 84K 杨人工杂交不同无性系对溃疡病的抗性有明显的差异(表 3)。02-09-22、02-11-10、毛-30、101 杨、02-08-21 和河北杨是高抗品种,其中 02-09-22 和 02-11-10 的相对抗病指数最高,平均相对抗病指数分别达到 97.22±4.81 和 94.45±4.81。然后依次是 02-12-29、02-14-26、02-05-09 和 02-04-22 四个中度抗病无性系。而 02-08-30、02-08-

表 3 银白杨×84K 杨无性系对溃疡病的抗病性调查结果
Table 3 Resistance of *P. alba*×(*P. alba*×*P. glandulos*) clones to canker

无性系	2012-09				2013-06				2013-09				平均		平均		抗病性 符号
	感病率/%	感病指数	相对抗病指数	感病率/%	感病率/%	感病指数	相对抗病指数	感病率/%	感病率/%	感病指数	相对抗病指数	感病率/%	感病率/%	感病指数	相对抗病指数		
02-09-22	91.7	0	100	91.67	100	91.7	0	100	91.7	8.33	91.67	91.70±0.00	2.78±4.81	97.22±4.81	+	+	
02-11-10	100	8.33	91.67	100	100	100	0	100	100	8.33	91.67	100.00±0.00	5.55±4.81	94.45±4.81	+	+	
毛-30	75.0	0	100	100	100	100	0	100	100	16.67	83.33	91.67±14.43	5.56±9.62	94.44±9.62	+	+	
101杨	91.7	8.33	91.67	100	100	91.67	8.33	91.67	100	20.83	79.17	97.23±4.79	12.50±7.22	87.50±7.22	+	+	
02-08-21	91.7	8.33	91.67	100	100	91.67	8.33	91.67	100	25.00	75.00	97.23±4.79	13.89±9.62	86.11±9.62	+	+	
河北杨	100	8.33	91.67	100	100	91.67	18.75	81.25	100	29.17	70.83	100.00±0.00	18.75±10.42	81.25±10.42	+	+	
02-12-29	100	25.00	75.00	100	100	75.00	16.67	83.33	100	27.78	72.22	100.00±0.00	23.15±5.78	76.85±5.78	+	+	
02-14-26	100	37.50	62.50	100	100	62.50	33.33	66.67	100	25.00	75.00	100.00±0.00	31.94±6.36	68.06±6.36	+	+	
02-05-09	100	23.33	76.67	100	100	76.67	33.33	66.67	100	41.67	58.33	100.00±0.00	32.78±9.18	67.22±9.18	+	+	
02-04-22	100	22.92	77.08	100	100	77.08	37.50	62.50	100	41.67	58.33	100.00±0.00	34.03±9.84	65.97±9.84	+	+	
02-08-30	100	45.83	54.17	100	100	54.17	25.00	75.00	100	37.50	62.50	100.00±0.00	36.11±10.48	63.89±10.48	0	0	
02-08-26	100	33.33	66.67	100	100	66.67	45.83	54.17	100	30.56	69.44	100.00±0.00	36.57±8.14	63.43±8.14	0	0	
02-13-26	100	50.00	50.00	100	100	50.00	33.33	66.67	100	27.78	72.22	100.00±0.00	37.04±11.56	62.96±11.56	0	0	
02-04-32	100	47.22	52.78	100	100	52.78	33.33	66.67	100	37.50	62.50	100.00±0.00	39.35±7.13	60.65±7.13	0	0	
02-04-05	100	50.00	50.00	100	100	50.00	41.67	58.33	100	47.22	52.78	100.00±0.00	46.30±4.24	53.70±4.24	0	0	
02-04-36	100	52.78	47.22	100	100	47.22	31.25	68.75	100	56.67	43.33	100.00±0.00	46.90±13.69	53.10±13.69	0	0	
02-10-20	100	52.08	47.92	100	100	47.92	54.17	45.83	100	41.67	58.33	100.00±0.00	49.30±6.70	50.70±6.70	0	0	
02-15-05	100	58.33	41.67	100	100	41.67	52.78	47.22	100	44.44	55.56	100.00±0.00	51.85±6.99	48.15±6.99	—	—	
02-20-24	100	66.67	33.33	100	100	33.33	50.00	50.00	100	38.89	61.11	100.00±0.00	51.85±13.98	48.15±13.98	—	—	
02-21-30	100	50.00	50.00	100	100	50.00	54.55	45.45	100	52.78	47.22	100.00±0.00	52.44±2.29	47.56±2.29	—	—	
02-07-23	100	50.00	50.00	100	100	50.00	41.67	58.33	100	66.67	33.33	100.00±0.00	52.78±12.73	47.22±12.73	—	—	
02-15-18	100	56.67	43.33	100	100	43.33	41.67	58.33	100	60.42	39.58	100.00±0.00	52.92±9.92	47.08±9.92	—	—	
02-21-11	100	47.92	52.08	100	100	52.08	54.17	45.83	100	62.50	37.50	100.00±0.00	54.86±7.31	45.14±7.31	—	—	
02-06-02	100	70.83	29.17	100	100	29.17	47.22	52.78	100	50.00	50.00	100.00±0.00	56.02±12.90	43.98±12.90	—	—	
02-21-33	100	47.92	52.08	100	100	52.08	70.83	29.17	100	54.17	45.83	100.00±0.00	57.64±11.84	42.36±11.84	—	—	
02-05-22	100	55.00	45.00	100	100	45.00	58.33	41.67	100	69.44	30.56	100.00±0.00	60.93±7.56	39.07±7.56	—	—	
02-06-26	100	70.83	29.17	100	100	29.17	61.11	38.89	100	62.00	38.00	100.00±0.00	64.65±5.37	35.35±5.37	—	—	
02-03-20	100	65.00	35.00	100	100	35.00	65.00	35.00	100	66.67	33.33	100.00±0.00	65.56±0.96	34.44±0.96	—	—	
02-12-26	100	66.67	33.33	100	100	33.33	62.22	37.78	100	87.50	12.50	100.00±0.00	72.13±13.49	27.87±13.49	—	—	
02-12-33	100	88.89	11.11	100	100	11.11	64.29	35.71	100	70.83	29.17	100.00±0.00	74.67±12.74	25.33±12.74	—	—	
02-07-22	100	93.33	6.67	100	100	6.67	72.92	27.08	100	93.33	6.67	100.00±0.00	86.53±11.79	13.47±11.79	—	—	

26、02-13-26、02-04-32、02-04-05、02-04-36 和 02-10-20 都属于抗病无性系。02-15-05、02-20-24、02-21-30、02-07-23、02-15-18、02-21-11、02-06-02、02-21-33、02-05-22、02-06-26、02-03-20 和 02-12-26 均属于中度感病无性系,两个高度感病无性系是 02-12-33 和 02-07-22。

各无性系的发病期相对抗病指数变化具一定趋势。2013 年 6 月与 2012 年 9 月相比,有 17 个无性系的相对抗病指数呈现上升趋势。持平的无性系是 02-09-22、毛-30、101 杨、02-08-21 和 02-03-20,下降的无性系依次是河北杨、02-05-09、02-04-22、02-08-26、02-10-20、02-21-30、02-21-11、02-21-33 和 02-05-22。

2013 年 9 月与 2012 年 9 月相比,有 17 个无性系呈现下降趋势,有 12 个无性系呈现上升趋势,而无性系 02-11-10 和 02-07-22 两次调查的相对抗病指数相同。

2013 年 9 月与 2013 年 6 月相比,有 23 个无性系的相对抗病指数呈现下降趋势,有 8 个无性系的相对抗病指数呈上升趋势。

通过 Kruskal-Wallis 检验,可以知道各无性系抗病性渐进显著性为 0.000 远 < 0.05,说明各无性系抗病性差异显著,分级合理。

3 结论与讨论

溃疡病是危害杨树生长的主要枝干病害,不同的杨树品种抗病性不同,王孟昌^[20]等研究了主要杨树生产品种对溃疡病的抗性,发现 84K 在 17 个杨树品种中属于高度抗病性品种。张福丽^[23]等研究发现当 5 月出现极端气温时、6 月平均湿度提高和 8 月降水量增加时,溃疡病会出现流行趋势。而 2013 年 6 月前的平均气温较往年偏高,增加了无性系的生长势,从而增强了无性系的抗病能力,这可能是无性系相对抗病指数上升的原因。2013 年 9 月的无性系调查结果的相对抗病指数与 2013 年 6 月和 2012 年 9 月的无性系的相对抗病指数结果相比大部分呈现下降趋势的原因是,2013 年的夏季降水较往年偏多,相对湿度增加,引发了溃疡病的爆发。王静^[24]等研究发现林分内不同个体的竞争越激烈,从而影响植株的生长势,植株被溃疡病侵染的概率越大,这可能是各无性系相对抗病指数出现相反变化的原因,即各无性系的相对抗病指数的变化与其立地条件有关。本次调查以银白杨和 84K 杨人工杂交初选良种 28 个无性系为对象,结果是 02-09-22、02-11-10、毛-30、101 杨、02-08-21 和河北杨属于高度抗病无性系,中度抗病无性系分别为 02-12-29、02-14-26、02-05-09 和 02-04-22,抗病无性系分别为

02-08-30、02-08-26、02-13-26、02-04-32、02-04-05、02-04-36 和 02-10-20,02-15-05、02-20-24、02-21-30、02-07-23、02-15-18、02-21-11、02-06-02、02-21-33、02-05-22、02-06-26、02-03-20 和 02-12-26 属于中度感病无性系,2 个高度感病无性系是 02-12-33 和 02-07-22。虽然 02-09-22、毛-30、101 杨、02-11-10、02-08-21 和河北杨相对抗病指数最高,但是从对比试验林中的生长情况来看,02-09-22、02-11-10 和 02-08-21 的生长量要优于对照杨树品种,可以成为抗病性好速生的杨树新品种。

致谢:西北农林科技大学林学院杨俊秀教授给予悉心指导和帮助,深表感谢!

参考文献:

- [1] 焦一杰,黄逢龙,丁辉,等. 杨树林分的胸径特征与溃疡病感病指数的关系[J]. 林业科学研究,2010,23(3):342-348.
- [2] 杨旺,沈瑞祥,刘红霞. 杨树溃疡病可持续控制技术的研究[J]. 北京林业大学学报,1999,21(4):13-17.
YANG W, SHEN R X, LIU H X. On the sustainable management of the poplar canker (*Dothiorella gregaria* Sacc.) [J]. Journal of Beijing Forestry University, 1999, 21(4): 13-17. (in Chinese)
- [3] 理永霞,吕全,梁军,等. 杨树接种溃疡病菌 *Botryosphaeria dothidea* 后蛋白质表达差异分析[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2011,35(4):1-6.
LI Y X, L Q, LIANG J, et al. Differential analysis of two-dimensional gel electrophoresis profiles of protein in poplars after inoculation with *Botryosphaeria dothidea* [J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2011, 35(4): 1-6. (in Chinese)
- [4] 张桂艳,刘海泉. 三倍体毛白杨溃疡病发生及防治[J]. 中国农业信息,2003(6):28.
- [5] 湛金锁,何军. 机场高速路毛白杨病虫害及防治技术[J]. 北京园林,2006,22(3):48-50.
- [6] 景耀,杨俊秀. 杨树溃疡病的发生发展规律[J]. 林业科学,1981,17(2):183-188.
JING Y, YANG J X. Studies on the development of *Dothiorella canker* of poplar [J]. Scientia Silvae Sinicae, 1981, 17(2): 183-188. (in Chinese)
- [7] 刘会香,甲秀贞,吕全,等. 中国杨树溃疡病的发生与防治[J]. 世界林业研究,2005,18(4):60-63.
- [8] 杜建玲,刘红霞,于淑平. 杨树不同种(品种)间抗溃疡病差异的比较[J]. 河北林果研究,2000,15(1):55-60.
- [9] 黄征宇,李传道. 杨树溃疡病菌致病力分化及杨树抗病性评价[J]. 南京林业大学学报,1987(1):25-34.
HUANG Z Y, LI C D. Differentiation of pathogenicity of *Botryosphaeria dothidea* and estimation of diseases resistance of poplars [J]. Journal of Nanjing Forestry University, 1987(1): 25-34. (in Chinese)

(下转第 154 页)

- [5] DU J, HAN Y, LINTON R H. Efficacy of chlorine dioxide gas in reducing *Escherichia coli* O157: H7 on apple surfaces[J]. Food Microbiology, 2003, 20(5): 583-591.
- [6] 吴斌, 郭芹, 陈维信, 等. 固体 ClO_2 保鲜剂安全性的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 32(3): 340-342, 346.
- [7] 胡双启, 晋日亚. 气体二氧化氯对水果的杀菌作用及其应用前景展望[J]. 中国安全科学学报, 2007, 17(3): 153-155.
- [8] HU S Q, JIN R Y. Research on sterilization of chlorine dioxide gas on fruits and its application perspective[J]. China Safety Science Journal, 2007, 17(3): 153-155. (in Chinese)
- [9] 龚宇同, 宗文. 复合型二氧化氯保鲜剂对大久保桃采后生理的影响[J]. 食品工业科技, 2004 (9): 126-128.
- [10] 李成, 章文霞. 稳定性二氧化氯处理对杏保鲜的影响研究[J]. 太原科技, 2007(7): 82-83.
- [11] HAR Y, FLOROS J D, LINTONI R H, *et al.* Response surface modeling for the inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 on green peppers by chlorine dioxide gas treatments[J]. Journal of Food Protection, 2001, 64(8): 1128-1133.
- [12] 潘燕. ClO_2 在菠菜贮藏保鲜安全质量控制中的应用[D]. 济南: 山东农业大学, 2006.
- [13] 陈巧林, 孙晓春. 二氧化氯对肉制品保鲜的研究[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(4): 67-69.
- [14] CHEN Q L, SUN X C. Research on the preservative effect of chlorine dioxide on spiced ducks[J]. Food and Fermentation Industries, 2003, 29(4): 67-69. (in Chinese)
- [15] 傅茂润, 杜金华, 谭伟, 等. ClO_2 对葡萄贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(4): 154-157.
- [16] FU M R, DU J H, TAN W, *et al.* Effects of chlorine dioxide treatment on storage quality of grape[J]. Food and Fermentation Industries, 2005, 31(4): 154-157. (in Chinese)
- [17] GB 2760-2011. 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [18] GB/T 5009. 86-2003. 蔬菜、水果及其制品中总抗坏血酸的测定方法(荧光法和 2,4-二硝基苯肼法)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- (上接第 139 页)
- [19] 张立钦, 李传道, 黄敏仁. 杨树组织培养愈伤组织对水泡型溃疡病的抗性[J]. 南京林业大学学报, 1989, 13(4): 9-15.
- [20] ZHANG L Q, LI C D, HUANG M R. A study of the resistance to *Botryosphaeria dothidea* in callus tissues of poplar clones[J]. Journal of Nanjing Forestry University, 1989, 13(4): 9-15. (in Chinese)
- [21] 王勇, 吴小芹, 叶建仁. 不同定植处理对杨树溃疡病发生发展的影响[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2009, 33(1): 11-14.
- [22] WANG Y, WU X Q, YE J R. The effect of different planting methods on occurrence and development of poplar canker disease[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2009, 33(1): 11-14. (in Chinese)
- [23] 张艳刚, 张小龙, 李虎群. 白洋淀地区杨树溃疡病发生危害特点及综合防治措施[J]. 农药科学与管理, 2012, 33(8): 54-55.
- [24] 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.
- [25] 刘巍, 蔺胜军, 纪纯阳, 等. 我国杨树枝干病害研究进展[J]. 林业科技开发, 2013, 27(1): 1-4.
- [26] 黄烈健, 苏晓华. 我国杨树溃疡病研究进展[J]. 世界林业研究, 2003, 16(4): 49-53.
- [27] 符毓秦, 刘玉媛, 李均安, 等. 抗溃疡病杨树的无性选育[J]. 西北林学院学报, 1992, 7(1): 26-35.
- [28] FU Y Q, LIU Y Y, LI J A, *et al.* Clonal selective breeding of canker-resistant poplars[J]. Journal of Northwest Forestry University, 1992, 7(1): 26-35. (in Chinese)
- [29] 陈鸿雕. 抗溃疡病速生杨树无性系[J]. 新农业, 1990(9): 30.
- [30] 潘成良, 刘志成, 孙运清, 等. 杨树抗溃疡病选择育种研究[J]. 辽宁林业科技, 1997(5): 5-14.
- [31] 杨俊秀, 李武汉, 符毓秦, 等. 抗溃疡病杨树种类的调查研究[J]. 西北林学院学报, 1990, 5(4): 1-10.
- [32] YANG J X, LI W H, FU Y Q, *et al.* Investigation on the resistance of poplar species to canker[J]. Journal of Northwest Forestry University, 1990, 5(4): 1-10. (in Chinese)
- [33] 王孟昌, 梁军, 樊军锋, 等. 主要杨树生产品种对溃疡病田间抗性的调查[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(5): 122-123.
- [34] WANG M C, LIANG J, FAN J F, *et al.* Field investigation on resistance of canker of poplar variety[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(5): 122-123. (in Chinese)
- [35] 曹支敏, 周芳, 杨俊秀, 等. 杨树溃疡病流行规律与测报研究[J]. 森林病虫通讯, 1991(3): 5-9.
- [36] 赵仕光, 景耀. 杨树对溃疡病的抗性研究-I 树龄及形态特征与抗病性[J]. 西北林学院学报, 1997, 12(3): 35-40.
- [37] ZHAO S G, JING Y. The resistance of poplar to *Dothiorella gregaria*: (I) relationship between tree-age, formal characters and resistance[J]. Journal of Northwest Forestry University, 1997, 12(3): 35-40. (in Chinese)
- [38] 张福丽, 景天忠, 王志英, 等. 基于气象因素的杨树溃疡病统计分析[J]. 林业实用技术, 2012(3): 33-34.
- [39] 王静, 梁军, 焦一杰, 等. 杨树人工林林木个体大小比数与溃疡病发生程度的关系[J]. 林业科学, 2012, 48(11): 57-62.
- [40] WANG J, LIANG J, JIAO Y J, *et al.* Relationship between neighborhood comparison of short-rotation poplar plantations and canker disease incidence[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2012, 48(11): 57-62. (in Chinese)