

14 个杨树无性系对黑斑病和叶枯病的抗性调查

王烟霞,樊军锋*,余永玮,高建社,周永学

(西北农林科技大学 林学院,陕西 杨陵 712100)

摘要:对 14 个 1 年生杨树无性系(La、Pa、Ta、Qg、Ti、中林 46、I-107、A23、A39、A46、A50、A54、84K、I-101)感染黑斑病和叶枯病进行了调查,并分析比较各个无性系的感病率、感病指数和相对感病指数。结果表明,白杨派 A23、A46 和 A50 对黑斑病抗病,黑杨派 Pa 和 Ti 对黑斑病抗病;白杨派 A23、A39 和 A50 对叶枯病高抗,A46 和 A54 对叶枯病抗病,黑杨派 Pa、Ti、Qg、La、Ta 均对叶枯病高抗。其中无性系 A23、A50、Pa 和 Ti 有较好的抗黑斑病和抗叶枯病能力,可以用作速生抗病性好的杨树新品种推广。

关键词:欧美杨;银白杨;抗病性

中图分类号:S792.11

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2021)05-0094-05

An Investigation on the Black Spot Disease and Leaf Blight Disease Resistance of 14 Poplar Clones in Seedling Stage

WANG Yan-xia, FAN Jun-feng*, YU Yong-wei, GAO Jian-she, ZHOU Yong-xue

(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: An investigation was carried out on the disease resistance of 14 poplar clones(clone La, Pa, Ta, Qg, Ti, Zhonglin46, I-107, A23, A39, A46, A50, A54, 84K, and I-101) to black spot and leaf blight at seedling stage. The infection rate, index, relative infection index of different clones tested were analyzed and compared. The results showed that clone A23, A46, A50 and Pa, and Ti were resistant to black spot disease, clone A23, A39 and A50 were highly resistant to leaf blight, and clone Pa, Ti, Qg, La, and Ta were highly resistant to leaf blight. Clone A23, A50, Pa, and Ti had good resistance to black spot and leaf blight, and could be used to popularize as new poplar varieties with good rapid growth and disease resistance.

Key words: *Populus nigra* × *P. deltoides* (Italy); *P. alba* (Italy); resistance

杨树(*Populus* spp.)是杨柳科(Salicaceae)、杨属(*Populus*)的植物统称,其栽培和利用的历史悠久,具有分布广、品种多、生长迅速、适应性强、成材快、成材率高等特点,作为我国重要的纸浆/胶合板等工业用材及西北地区“三北”防护林体系的主栽树种,为地区经济发展和生态建设带来了可观的投资效益及防护效益^[1-3]。随着杨树造林面积的不断扩大,杨树病害问题日趋严重;尤其是叶部病害,影响树体生长,严重时会造成树木枯死。杨树黑斑病(*Marssonina populi*)是杨树主要病害之一,主要发

病部位在叶片、嫩枝和幼茎上,在苗木期受害最重^[4]。此病害的特点是病叶上病斑细小,近圆形、多角形,初呈黑褐色或褐色,后变灰白色,小斑常汇合成较大的黑色,故称为黑斑病,病叶会提早 1~2 个月脱落,形成枯梢,枯梢率>65%,严重威胁苗木生长^[5]。叶枯病(*Alternaria alternata*)又名轮斑病、穿孔症,发病严重者可使叶片枯焦,提前脱落。叶片初期呈褐色,扩展成近圆或不规则状,病斑有明显同心轮纹,当天气潮湿可长霉状物,病斑在干燥的时候易开裂,病斑在中央容易开裂,后期斑纹常脱落^[6-7]。

收稿日期:2020-10-15 修回日期:2020-12-13

基金项目:“十三五”国家重点研发计划项目(SQ2016YFNC030041)。

作者简介:王烟霞。研究方向:林木遗传育种与林业生物技术。E-mail:939114883@qq.com

*通信作者:樊军锋,博士,教授。研究方向:杨树新品种选育及油松遗传改良。E-mail:fanjf28@163.com

因此选育出抗病性强的杨树无性系具有重要意义^[8]。

余仲东等^[9]研究发现,欧洲黑杨对落叶松-杨栅锈菌抗性中等,但对黑斑病、花叶病等抗性较差;周永学等^[10]对 59 个引进欧洲黑杨无性系苗期抗病性进行测定,选育出几个对黑斑病和叶枯病均具有高抗性的无性系;选育了欧洲黑杨抗病新品种,并对新无性系进行苗期抗病性测定,发现其对黑斑病和叶枯病均具有高抗性;银白杨抗旱、抗寒及抗病害能力强,多年的杂交育种实践证明,银白杨是很好的杂交母本,赵淑芳等^[11]研究发现,银白杨×84K 杨杂交苗的抗黑斑病和叶枯病的能力较强,可以从子代中选育出抗病性强的优良杂种无性系。杂交育种是选育抗病能力强的无性系和控制病害的有效措施。

本研究选择了抗性较好的意大利欧美杨和银白杨的 10 个杂交无性系(La、Pa、Ta、Qg、Ti、A23、A39、A46、A50、A54)及其近缘无性系,共 14 个无

性系进行苗期田间抗病性调查,以期为杨树新无性系的杂交选育及品种推广利用提供一定的依据。

1 材料与方法

1.1 材料

所用供试无性系均来源于西北农林科技大学渭河试验站种质资源库^[12]。其中欧美杨无性系 La、Pa、Ta、Qg、Ti、I-107 及银白杨无性系 A23、A39、A46、A50、A54、I-101 均为意大利引进无性系;84K 杨由韩国引进;中林 46 为中国林业科学研究院选育的优良杂交子代。试验材料为 1 年生扦插苗,种条源自同一地方,3 月中旬扦插育苗,株行距为 30 cm×40 cm,平均树高和胸径见表 1。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,多集中于 7—9 月,年平均相对湿度 72%^[13]。2020 年降水充沛,空气湿度较大,利于病害的发生。

表 1 14 份杨树无性系及其遗传背景

Table 1 Fourteen poplar clones and their genetic backgrounds

编号	无性系	遗传背景	平均树高/m	平均胸径/cm
1	La	欧美杨无性系(意大利) <i>P. nigra</i> × <i>P. deltoides</i>	3.53	23.59
2	Pa	欧美杨无性系(意大利) <i>P. nigra</i> × <i>P. deltoides</i>	2.96	19.40
3	Ta	欧美杨无性系(意大利) <i>P. nigra</i> × <i>P. deltoides</i>	3.17	20.52
4	Qg	欧美杨无性系(意大利) <i>P. nigra</i> × <i>P. deltoides</i>	2.70	18.07
5	Ti	欧美杨无性系(意大利) <i>P. nigra</i> × <i>P. deltoides</i>	2.82	18.63
6	I-107	欧美杨无性系(意大利) <i>P. euramiercana</i>	2.91	20.77
7	中林 46	欧亚黑杨×I-69 <i>P. nigra</i> × <i>P. deltoides</i>	2.89	22.96
8	A23	银白杨(意大利) <i>P. alba</i>	3.12	21.20
9	A39	银白杨(意大利) <i>P. alba</i>	3.08	19.10
10	A46	银白杨(意大利) <i>P. alba</i>	2.46	15.07
11	A50	银白杨(意大利) <i>P. alba</i>	2.69	18.54
12	A54	银白杨(意大利) <i>P. alba</i>	2.63	18.84
13	I-101	银白杨(意大利) <i>P. alba</i>	2.53	15.57
14	84K	银白杨×腺毛杨(韩国) <i>P. alba</i> × <i>P. glandulosa</i>	2.40	14.90

1.2 调查方法

于 2020 年 8 月下旬—9 月上旬调查黑斑病和叶枯病自然发病情况,除去四周保护行,每个无性系随机抽取 10 株长势一致的苗木,每株苗木取 3 片叶片,共 30 片。取样部位在距地面 1、1.5、2 m 高度的西南方向,以 I-107、中林 46、I-101 和 84K 杨为对照品种,计算各杨树无性系的感病率。

1.3 病害与杨树抗病性分级标准

参照杨俊秀等^[14]和曹支敏等^[15]的分级标准,并据实际调查情况,对杨树发病程度进行分级(表 2),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 2 病害等级划分

Table 2 Severity grade of poplar disease

病害名称	级别	病害分级依据	代表值
黑斑病	I	叶面无病斑	0
	II	叶面病斑数 1~20 个	1
	III	叶面病斑数 21~50 个	2
	IV	叶面病斑数 50 个以上	3
叶枯病	I	叶面无病斑	0
	II	病斑面积<10%叶面积	1
	III	病斑面积占 10%~30%叶面积	2
	IV	病斑面积>30%叶面积	3
锈病	I	叶面干净,无锈孢子堆	0
	II	孢子堆 1~20 个	1
	III	孢子堆 21~50 个	2
	IV	孢子堆>50 个	3

$$\text{感病指数} = \frac{\sum(\text{各受害级代表值} \times \text{该级叶片数}) \times 100}{\text{最高受害级代表值} \times \text{抽样叶片总数}} \quad (1)$$

$$\text{相对抗病指数} = 100 - \text{感病指数} \quad (2)$$

1.4 杨树抗病性分类

参考周永学等^[10]的杨树抗病类型划分方法,结合计算结果,将相对抗病指数转化为抗病性(表3)。

表3 杨树抗病性分级

Table 3 Severity grade of poplar disease resistance

病害	相对抗病指数	抗病性	抗病性代表符号
黑斑病	90.1~100.0	高抗	++
	70.1~90.0	抗病	+
	50.1~70.0	感病	-
	0.0~50.0	高感	---
叶枯病	90.1~100.0	高抗	++
	75.1~90.0	抗病	+
	60.1~75.0	感病	-
	0.0~60.0	高感	---

表4 不同无性系黑斑病病害指标

Table 4 Indicators of black spot disease in different clones

无性系	感病率 均值/%	感病指数 均值	感病指数差异显著性		相对抗病 指数均值	相对抗病指数差异显著性		符号
			0.05	0.01		0.05	0.01	
84K	100±0	23.33±0.88	d	D	76.67±0.88	a	A	+
I-101	100±0	23.33±0.46	d	D	76.67±0.46	a	A	+
A23	100±0	20.33±0.58	d	D	79.67±0.58	a	A	+
A39	100±0	36.66±0.58	cd	CD	63.34±0.58	ab	AB	-
A46	100±0	23.33±0.58	d	D	76.67±0.58	a	A	+
A50	100±0	23.33±0.58	d	D	76.67±0.58	a	A	+
A54	100±0	93.33±0.58	b	B	6.67±0.58	c	C	---
I-107	100±0	60±0.29	bc	BC	40±0.29	bc	BC	---
中林 46	100±0	99.9±0.06	a	A	0.01±0.01	d	D	---
La	100±0	99.9±0.06	a	A	0.01±0.01	d	D	---
Pa	100±0	27.78±0.57	c	C	72.22±0.57	ab	AB	+
Ta	100±0	97.78±0.58	ab	AB	2.22±0.58	cd	CD	---
Ti	100±0	28.89±0.58	c	C	71.11±0.58	b	B	+
Qg	100±0	99.9±0.06	a	A	0.01±0.01	d	D	---

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。下同。

2.2 杨树无性系对叶枯病的抗性分析

由表5可知,14个无性系在抵抗叶枯病中,白杨派A23、A39、A50、84K和I-101均为高抗无性系,平均相对抗病指数最高达到96.67±0.12,A46和A54为抗病无性系;黑杨派Pa、Ti、Qg、La、Ta和I-107均为高抗无性系,平均相对抗病指数最高达到100±0,中林46为抗病无性系。

3 结论与讨论

在抗黑斑病中,无性系84K、I-101、A23、A46、A50、Pa、Ti属于抗病无性系,A39为感病无性系,A54、La、Ta、Qg、I-107和中林46均为高感无性系;

1.5 杨树无性系抗病性差异的检验

用SPSS.20软件进行Kruskal-Wallis检验,分析各杨树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

2.1 杨树无性系对黑斑病的抗性分析

通过Kruskal-Wallis检验可知,各无性系除黑斑病感染率外,其余指标的渐进显著性为0.000,远 <0.05 ,说明各无性系抗病性差异显著,分级合理。由表4可得,14个无性系在抵抗黑斑病中,白杨派84K、I-101、A23、A46和A50为抗病无性系,平均相对抗病指数最高达到79.67±0.58,A39为感病无性系,A54为高感无性系;黑杨派Pa、Ti为抗病无性系,平均相对抗病指数最高达到72.67±0.57,I-107、La、Ta、Qg和中林46均为高感无性系。

14个无性系在抵抗叶枯病中,A23、A39、A50、84K、I-101、La、Pa、Ta、Qg、Ti和I-107均为高抗无性系,A46、A54和中林46为抗病无性系。其中无性系A23、A50、Pa和Ti有较好的抗黑斑病和抗叶枯病能力,可以用作速生抗病性好的杨树新品种推广。

杨树黑斑病和叶枯病均属于杨树叶部真菌类病害,杨树在生长过程中不仅会受到各类病原物的侵害,立地条件 and 环境因素也能诱发疾病^[16-19]。杨树黑斑病于6月下旬开始发生,7—8月为发病盛期,9月中下旬停止发展,一般苗圃地留苗过密、地势低洼、积水及排水不良的更易发病,叶枯病分生孢子萌发的适宜温度为26~28℃、相对湿度 $>90\%$,是一

表 5 不同无性系叶枯病病害指标
Table 5 Indicators of leaf blight in different clones

无性系	感病率 均值/%	感病指数 均值	感病指数差异显著性		相对抗病 指数均值	相对抗病指数差异显著性		符号
			0.05	0.01		0.05	0.01	
84K	23.3±0.58	7.78±1.15	b	B	92.22±1.15	c	BC	++
I-101	13.3±0.58	5.59±0.15	bc	B	94.41±0.15	bc	B	++
A23	10±0.29	4.44±1.15	bc	BC	95.56±1.15	b	AB	++
A39	6.7±0.58	3.33±0.12	c	BC	96.67±0.12	ab	AB	++
A46	36.7±0.58	12.22±0.12	ab	A	87.78±0.12	cd	C	+
A50	16.7±0.58	5.56±1.15	bc	B	94.44±1.15	bc	B	++
A54	16.7±0.58	11.11±0.58	ab	AB	88.89±0.58	cd	C	+
I-107	6.7±0.58	2.22±0.58	cd	C	97.78±0.58	ab	A	++
中林 46	33.3±0.58	14.44±0.23	a	A	85.56±0.23	d	D	+
La	16.7±0.58	5.56±0.58	bc	B	94.44±0.58	bc	B	++
Pa	0±0	0±0	d	D	100±0	a	A	++
Ta	13.3±0.58	5.56±0.12	bc	B	94.44±0.12	bc	B	++
Ti	0±0	0±0	d	D	100±0	a	A	++
Qg	0±0	0±0	d	D	100±0	a	A	++

种喜高温、高湿的病害,一般在多雨的夏季发生严重^[7,20-22]。本次调查的所有林木均种植于西北农林科技大学渭河试验站,立地条件基本一致,当年 8 月的雨水较多可能是导致黑斑病和叶枯病严重的原因之一。徐梅卿等^[23]统计了 5 大派杨树病原真菌种类数量和出现频次,发现白杨派树种上的病原物种类最多,其次为青杨派和黑杨派。而在本次调查中,白杨派 A23、A46、A50 和黑杨派 Pa、Ti 均为抗病无性系,其中白杨派树种的抗黑斑病能力明显优于黑杨派,说明这批白杨派无性系抗黑斑病能力更强。其中在抵抗叶枯病中,白杨派 A23、A39、A50 和黑杨派 La、Pa、Ta、Qg、Ti 均为高抗,14 个无性系抗叶枯病的能力强于抗黑斑病的能力。张月等^[24]的研究表明,叶枯病的胁迫引起了编码转移酶和转运蛋白的基因数量的显著增加,说明叶枯病胁迫能引起杨树细胞膜反应变化。同时计红芳等^[25]研究也发现,绒毛乳菇发酵液提取物对杨树叶枯病菌生长具有较强的抑制活性,并且该提取物对叶枯病菌菌体的膜系统有破坏作用。杨树抗叶枯病是杨树体内各类酶类、α-亚麻酸、戊糖和亚油酸等代谢途径以及 bZIP 家族、WRKY 家族、ERF 家族等转录因子共同作用的结果,因此选育抗病杨树新品种显得尤为重要。

本次研究中 A23、A50、Pa、Ti 与其他无性系相比有较好的抗黑斑病和抗叶枯病能力,可以作为速生抗病性好的杨树新品种。

参考文献:

[1] 黄国伟,苏晓华,黄秦军.美洲黑杨不同生长势无性系生长和生

理特征的差异[J].林业科学,2012,48(4):27-34.
HUANG G W,SU X H,HUANG Q J. Differences in growth and physiological characteristics in different growth vigor clones of *Populus deltoides* [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2012, 48(4): 27-34. (in Chinese)
[2] 卢孟柱,胡建军.我国转基因杨树的研究及应用现状[J].林业科技开发,2006(6):1-4.
[3] 贾黎明,刘诗琦,祝令辉,等.我国杨树林的碳储量和碳密度[J].南京林业大学学报:自然科学版,2013,37(2):1-7.
JIA L M,LIU S Q,ZHU L H,et al. Carbon storage and density of poplars in china[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2013, 37(2): 1-7. (in Chinese)
[4] 茹官文.杨树黑斑病发生规律与防治试验[J].现代农村科技,2020(5):63.
[5] 袁嗣令.法国及意大利的杨树病害——中国杨树考察组赴意、法等国考察简介(二)[J].林业科技通讯,1981(4):30-33.
[6] 张宏.杨树叶部病害和防治[J].农民致富之友,2014(9):65.
[7] 刘振坤,左维新.银白杨锈病及其防治[J].新疆农业科学,1981(2):26-27.
[8] 唐庆国.北方杨树叶部病害防治要点[J].农民致富之友,2017(5):216.
[9] 余仲东,高爱琴,曹支敏.杨树抗锈性研究现状[J].西北植物学报,2004,24(6):1160-1164.
YU Z D,GAO A Q,CAO Z M. Poplar rust resistance study [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2004, 24(6): 1160-1164. (in Chinese)
[10] 周永学,樊军锋,高建社,等.欧洲黑杨无性系苗期抗病性测定[J].西北林学院学报,2005,20(1):43-45,64.
ZHOU Y X,FAN J F,GAO J S,et al. A study on the disease resistance of *Populus nigra* in seeding stage[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2005, 20(1): 43-45, 64. (in Chinese)
[11] 赵淑芳,樊军锋,高建社,等.银白杨与 84K 杨、毛白杨杂交及苗期测定[J].东北林业大学学报,2009,37(1):4-5.
ZHAO S F,FAN J F,GAO J S,et al. Seeding measurement

- of *P. alba* and *P. alba* × *P. glandoulsa*、*Populus tomentosa* [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2009, 37(1): 4-5. (in Chinese)
- [12] 张海燕, 樊军锋, 郑涛. 18 份杨树资源的遗传多样性分析[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2020, 48(12): 1-9. ZHANG H Y, FAN J F, ZHENG T. Genetic diversity analysis of 18 poplar resources[J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2020, 48(12): 1-9. (in Chinese)
- [13] 史禹博, 樊军锋, 梁军, 等. 几个黑杨新无性系的田间溃疡病抗性研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2014, 42(2): 77-80. SHI Y B, FAN J F, LIANG J, et al. Field ulcerative resistance of several new clones of *Populus nigrum* [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2014, 42(2): 77-80. (in Chinese)
- [14] 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. YANG J X, LI W H, FU Y Q, et al. Investigation of poplar species against ulcer disease[J]. Journal of Northwest Forestry University, 1990, 5(4): 1-10. (in Chinese)
- [15] 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. CAO Z M, ZHOU F, YANG J X, et al. Study on the prevalence of poplar ulcer disease and its monitoring report[J]. Forest Pest Communication, 1991(3): 5-9. (in Chinese)
- [16] 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, 132. WANG M C, LIANG J, FAN J F, et al. Investigation on resistance of main poplar varieties to ulcerative disease in field [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(5): 122-123, 132. (in Chinese)
- [17] 李清恩, 张迎平, 徐衍武. 杨树叶部常见几种病害与防治[J]. 中国林副特产, 2012(4): 73-74.
- [18] 赵仕光, 景耀, 杨陵. 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): 36-41. ZHAO S G, JING Y, YANG L. A study on the resistance of poplar to ulcer disease——tree age, morphological characteristics and disease resistance[J]. Journal of Northwest Forestry University, 1997, 12(3): 36-41. (in Chinese)
- [19] 张月, 韩雅婷, 胡号东, 等. 小黑杨应答叶枯病胁迫基因差异表达[J]. 东北林业大学学报, 2019, 47(7): 113-117. ZHANG Y, HAN Y T, HU H D, et al. Differential expression analysis of stress genes in response to leaf blight of *Populus* [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2019, 47(7): 113-117. (in Chinese)
- [20] 冯连荣, 宋立志, 张兴芬, 等. 杨树叶锈病研究进展及控制策略探讨[J]. 防护林科技, 2012(1): 117-119, 123. FENG L R, SONG L Z, ZHANG X F, et al. Research progress and control strategy of poplar leaf rust[J]. Protection Forest Science and Technology, 2012(1): 117-119, 123. (in Chinese)
- [21] 姚玉峰, 刘美爽. 杨树育苗灰斑病及透翅蛾病防治方法[J]. 森林工程, 2010, 26(4): 44-45. YAO Y F, LIU M S. Prevention and control method on gray leaf spot and tabaniformis disease of poplar breeding[J]. Forest Engineering, 2010, 26(4): 44-45. (in Chinese)
- [22] 杜骏, 曹其明, 李莉华, 等. 杨树叶部主要病害及防治[J]. 江西植保, 2009, 32(4): 177-178.
- [23] 徐梅卿, 周旭东, 朴春根. 中国不同栽培区杨树品系及其病害种类[J]. 林业科学研究, 2009, 22(5): 705-714. XU M Q, ZHOU X D, PIAO C G. Poplar strains and disease types in different cultivated areas of China[J]. Forest Research, 2009, 22(5): 705-714. (in Chinese)
- [24] 张月, 韩雅婷, 胡号东, 等. 小黑杨应答叶枯病胁迫基因差异表达[J]. 东北林业大学学报, 2019, 47(7): 113-117. ZHANG Y, HAN Y T, HU H D, et al. Differential expression analysis of stress genes in response to leaf blight of *Populus* [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2019, 47(7): 113-117. (in Chinese)
- [25] 计红芳, 张令文, 宋瑞清. 绒白乳菇发酵液提取物对杨树叶枯病菌抑菌机理的初步研究[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(4): 146-149. JI H F, ZHANG L W, SONG R Q. Inhibiting mechanism of the extraction of *Lactarius vellereus* fermenting liquid on *Alternaria alternata* in poplar[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2008, 30(4): 146-149. (in Chinese)