

陕西省杨树溃疡病菌地理种群研究

姜自如, 张刚龙, 曹支敏*, 周 丽

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:对陕西省不同地区杨树溃疡病病原菌研究显示,在关中地区,杨树溃疡病病原菌包括聚生小穴壳(*Dothiorella gregaria* Sacc.)、金黄壳囊孢(*Cytospora chrysosperma* Fr.)、杨细盾霉(*Coniothyrium populinum* Schulz. et Sacc.)和镰刀菌(*Fusarium* sp.)4种真菌;陕北地区杨树溃疡病主要由*C. populinum* Schulz. et Sacc.及*C. chrysosperma* Fr.所致;陕南杨树溃疡病发生少。接种试验表明,聚生小穴壳和杨细盾霉在各地理菌系之间存在着培养性状与致病性分化,聚生小穴壳致病性较强,杨细盾霉致病性较弱。

关键词:地理分布;杨树溃疡病病原真菌;培养性状;致病性

中图分类号:S763.103 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2012)02-0102-07

Geographical Species of Poplar Canker' Pathogen in Shaanxi Province

JIANG Zi-ru, ZHANG Gang-long, CAO Zhi-min*, ZHOU Li

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

Abstract: The studies showed that poplar canker, caused by pathogenic fungi including *Dothiorella gregaria* Sacc., *Cytospora chrysosperma* Fr., *Coniothyrium populinum* Schulz. et Sacc. and a few *Fusarium* sp., mainly distributed in middle Shaanxi, poplar canker mainly caused by *C. populinum* Schulz. et Sacc. and *C. chrysosperma* Fr. in northern Shaanxi, and there were few poplar canker caused by *D. gregaria* Sacc. in southern Shaanxi. Inoculating tests proved that *D. gregaria* Sacc. showed stronger pathogenicity, *C. populinum* Schulz. et Sacc. Had weaker pathogenicity, and both showed culture character and pathogenic differentiation in geographical isolates.

Key words: geographical distribution; poplar canker pathogenic fungus; culture character; pathogenicity

杨树溃疡病是杨树重要枝干病害,世界上报道的树木溃疡病病原菌有 10 余种^[1-3],在我国,造成杨树溃疡病的真菌类群主要包括茶藨子葡萄座腔菌(*Botryosphaeria ribis* Grossenb. et Duggar,无性型:*Dothiorella gregaria* Sacc.)、污黑腐皮壳(*Valsa sordida* Nit.,无性型:*Cytospora chrysosperma* Fr.)、杨壳孢(*Dothichiza populea* Sacc. et Br.)和壳梭孢(*Fusicoccum leucostomum* Sacc.)等^[4-5],其中以茶藨子葡萄座腔菌所致的水泡型溃疡病和污黑腐皮壳所致的烂皮型溃疡病为常见。近几年有关于茄镰刀菌(*Fusarium solani* (Mart.) Sacc.)所致的欧美杨溃疡病的报

道^[6],国内外学者对杨树溃疡病的病原学、发生发展规律和防治学进行了深入研究,表明杨树溃疡病的发生存在地理分化^[7-9]。陕西省地处我国南北 3 个气候带,是我国杨树主要栽植区和溃疡病重灾区之一^[10-11]。目前对于陕西省杨树溃疡病地理类群分布的系统研究报道甚少^[12],为深入了解陕西省杨树溃疡病病原真菌地理分布与致病性情况,笔者对陕西省不同地区、不同种类病原真菌形态学、生物学特性及其致病性进行了初步研究,这对于掌握病原菌地理分化及多样性具有重要意义,同时为杨树抗病育种和溃疡病的可持续控制提供理论依据。

收稿日期:2011-04-27 修回日期:2011-06-06

基金项目:国家林业公益性行业科研专项(200804023)。

作者简介:姜自如,男,硕士研究生,研究方向:森林病理学。

* 通讯作者:曹支敏,男,教授,主要从事菌物学与森林病理学研究。E-mail:zmcao@nwsuaf.edu.cn

1 材料与方法

1.1 病原真菌分离与纯化

分别于 2009 年 10—11 月、2010 年 5—6 月和 9—10 月在陕西省榆林市、延安市、铜川市、西安市、宝鸡市、渭南市、商洛市、咸阳市和汉中市 9 个市采用随机抽样法对各杨树品种的溃疡病进行野外调查,记录为害症状,并采集具有典型症状的溃疡病组织,采用组织分离法在 PDA 培养基上进行病原菌分离,25℃恒温培养,菌落纯化后对各分离物进行归类、菌系编号并转管保存。

1.2 病原菌培养性状与形态学鉴定

参照方中达^[13]方法,分别配制 PDA、PSA、CMA 和杨树树皮煎汁等 4 种培养基,分装三角瓶中,高压蒸汽灭菌 30 min 后备用。

将分离培养保存的各菌种分别接种到 PDA、PSA、CMA 和杨树树皮煎汁平板培养基上,在 25℃温箱中培养。分别于接种后第 3 天和第 7 天观察记录各菌落生长速度、形状、颜色和繁殖体产生情况。对不易产生孢子的菌系采用接种环刮伤表面菌丝、近紫外光(约 360 nm)照射与 12 h 黑暗交替培养等培养方式诱导其产生子实体^[14-16]。并在 Olympus 生物显微镜(配置 DP-25 数字摄像系统)下观察、测量各病原菌培养物繁殖体及其分生孢子的形态大小,对病原真菌种类进行鉴定^[17-19]。

1.3 病菌致病性测定

1.3.1 病原菌材料 将调查中保存的各菌系分别接种在 PDA 培养基上,25℃培养 10 d,用无菌打孔器打直径 5 mm 的菌饼,用于接种。

1.3.2 寄主材料 将采自周至渭河试验林场的 1 年生临夏青杨(*Populus cathayana*)枝条剪成 25 cm 长的小段,用自来水冲洗枝条表面,再用 75%酒精表面消毒后石蜡封顶。

1.3.3 接种 在无菌条件下用尖头镊子在枝条的上中部刺伤直径约为 5 mm 的接种面,用同样大小的菌饼接种在刺伤接种区,包裹脱脂棉和保鲜膜。每个分离菌系接 3 根枝条小段,每根枝条小段上接 2 个点,以未接菌的 PDA 培养基为对照。

1.3.4 培养观察 将接种过的杨树枝条小段插入盛有自来水的烧杯中,置于 25℃温箱培养,从第 10 天开始,每隔 10 d 揭开保鲜膜和保湿脱脂棉,检查、记录发病情况,并测量病斑大小,以第 30 天测得的病斑平均直径大小划分发病级别。接种的临夏青杨枝条小段的发病程度参考黄征宇^[20]等和魏淑花^[21]等的分级标准并作相应修改(表 1)。

表 1 接种试验感病程度分级标准	
Table 1 Pathogenic grade of inoculated poplar stick	
发病等级	发病程度(病斑平均直径/mm)
I	不发病(对照 5.0~6.0)
II	轻微发病(病斑平均直径 6.1~8.0)
III	中度发病(病斑平均直径 8.1~10.0)
IV	明显发病(病斑平均直径>10.0)

1.3.5 数据处理 采用 SPSS 19.0 软件根据病原菌接种第 30 天所致的病斑直径进行方差分析,分析各种病原真菌地理菌系间致病力差异。

2 结果与分析

2.1 杨树溃疡病症状类型

通过对陕西省不同杨树种植区进行调查发现,陕西省杨树溃疡病的症状主要有以下 3 种类型。

类型 I 水泡型 树干或枝条表皮形成圆形水泡,压之有无色液体流出,遇空气氧化为红褐色,后期病斑失水稍凹陷,呈灰色至灰褐色近圆形病斑,病斑处内皮层变为褐色,病斑后期长出许多小黑点,多为病原菌的无性型子实体。当病斑相互联结环绕枝干后,致枝干枯死。在粗皮杨树皮上仅出现红褐色液体流出状的病斑,而不表现典型的水泡状病状。由镰刀菌(*Fusarium* sp.)所致的溃疡斑也表现为红褐色液体病状。在延安、铜川、渭南、宝鸡、西安、汉中以及商洛等地调查均发现该类型症状溃疡病。

类型 II 烂皮型 树干树皮出现长形灰褐色病斑,病皮组织腐烂变软,有酒精味,随后失水下陷,病斑有明显黑褐色边缘,病皮表面常出现黑色小点或桔红色丝状的病原菌分生孢子角。病斑后期不断扩大,皮层纤维分离如麻状,易剥离。当腐烂病斑环绕枝干 1 周,造成枝枯型病状。榆林及关中地区多出现烂皮型溃疡症状。

类型 III 圆斑型 病斑大小与水泡型相似,但不表现为明显的水泡状。初为浅褐色、近圆形,后期病斑表皮死亡、淡色,边缘呈褐色或开裂。在榆林、延安及关中地区均有该类型症状溃疡病。

2.2 杨树溃疡病病原菌种类

根据菌落培养性状及无性型繁殖体镜检情况(表 2、图 1),并结合田间症状调查,陕西省不同地区杨树溃疡病菌病原菌基本可以分为以下 4 种。

2.2.1 聚生小穴壳菌(*Dothiorella gregaria* Sacc.) 病原菌在 PDA 培养基上生长较快,以灰色、喷泉状菌落为鉴别特征,生长速率为 12.8 mm·d⁻¹。该类群各菌系在 PDA 和杨树树皮煎汁培养基上不易产生子实体,菌系 D1 在 PSA 培养基上 15 d 左右产生灰色子实体,菌系 D9、D10 和 D12 在

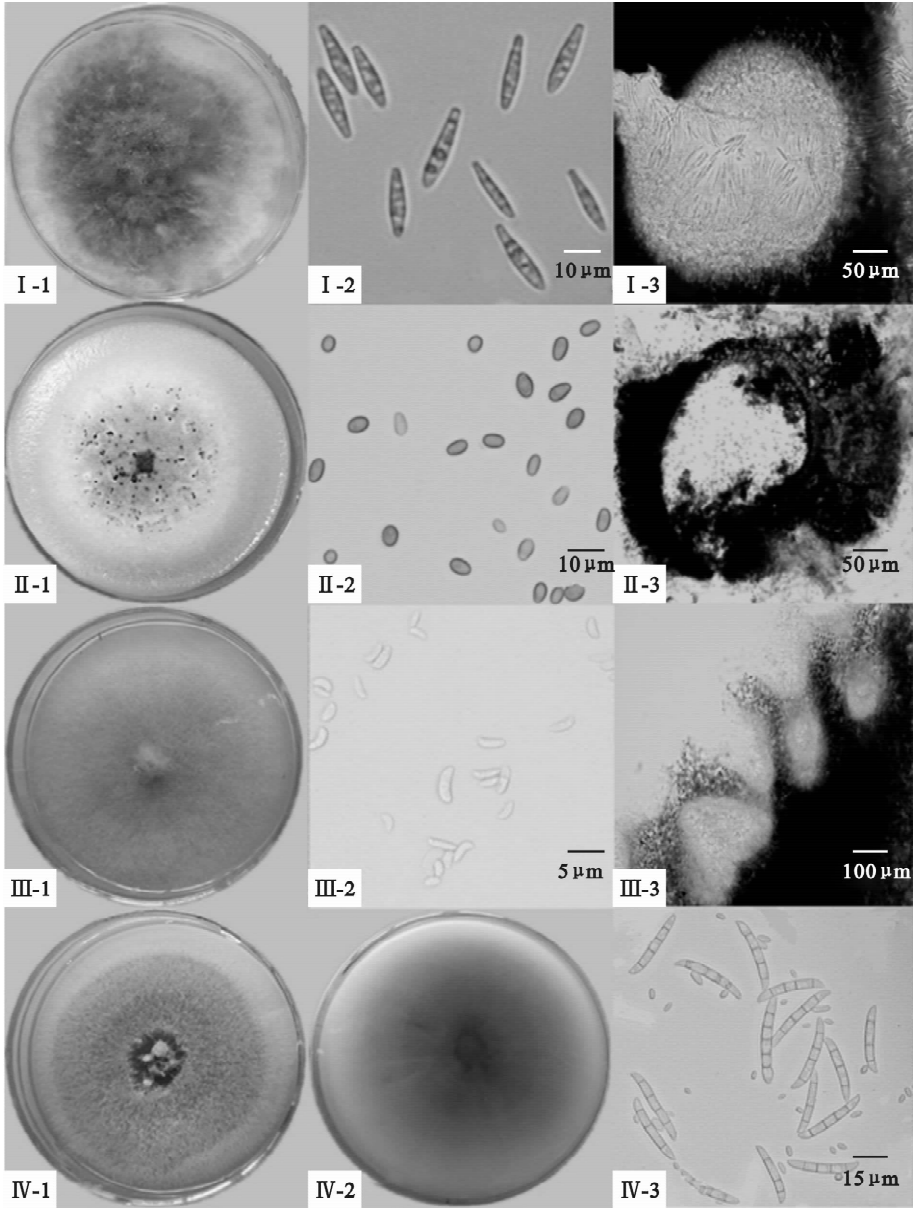
玉米培养基(CMA)30 d 左右产生灰白色颗粒状无性子实体。

2. 2. 2 杨细盾霉 (*Coniothyrium populinum* Schulz. et Sacc.) 菌落在 PDA 培养基上呈绒毛状,灰褐色,生长速率为 $9.2\text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。菌系 Co3、Co4、Co5、Co7 和 Co9 在 PDA 培养基上 7~15 d 产孢,菌系 Co2、Co3、Co6 和 Co8 在 PSA 培养基上 7~12 d 产孢,菌系 Co1、Co3 和 Co4 在 CMA 培养基上 4~10 d 产孢,菌系 Co1、Co2、Co4 和 Co5 在杨树树皮煎汁培养基上 7~20 d 产孢,其中 Co4 在 CMA 培养基上最快 4 d 产生黑色颗粒状无性繁殖体。

2. 2. 3 金黄壳囊孢 (*Cytospora chrysosperma* (Pers.) Fr.) 菌落在 PDA 培养基上为绒毛状,污

白色至灰白色,生长速率为 $9.3\text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。菌系 Cy1、Cy2、Cy3、Cy4 和 Cy5 均在 PDA 培养基上 7 d 左右产生灰色颗粒状子实体,在 30 d 观察期内,各菌系在 PSA、CMA、杨树树皮煎汁培养基上均未产生繁殖体。

2. 2. 4 镰刀菌之一种 (*Fusarium* sp.) 菌落在 PDA 培养基上为绒毛状,浅粉色至浅紫色,生长速率为 $7.6\text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$,而在 PSA 培养基上为短绒毛状,污白色至浅黄色。菌系 F1 和 F2 在 PDA 和 CMA 培养基上 7 d 左右产生孢子。在 30 d 观察期内,两菌系在 PSA、杨树树皮煎汁培养基上均未产生孢子。



I-1、I-2、I-3: *D. gregaria* (isolate D10); II-1、II-2、II-3: *C. populinum* (isolate Co3); III-1、III-2、III-3: *C. chrysosperma* (isolate Cy2); IV-1、IV-2、IV-3: *Fusarium* sp. (isolate F2)

图 1 4 种杨树溃疡病菌在 PDA 上的培养性状及其无性型形态

Fig. 1 Colonial and anamorph morphological characters of four species of poplar canker' pathogen on PDA medium

表 2 不同溃疡病菌在各种培养基上的培养性状

Table 2 Colonial characters of four species canker' pathogenic fungi on various culture media						
病原菌种类	来源(菌系编号)	PDA	PSA	CMA	杨树树皮煎汁	分生孢子器及分生孢子形态
<i>Dothiorella gregaria</i>	铜川耀州区(D2)、大荔县(D4)、宝鸡虢镇(D13)、凤县黄牛铺(D3)、凤县凤州(D9)*、长安南五台(D11)、周至渭河林场(D1)*、周至终南镇(D6)、户县尚庄(D10)*、蓝田县城(D12)*、蓝田高堡(D8)、勉县(D5)、商洛二龙山(D7)	菌落繁茂、初期灰白色、后期黑褐色、棉絮状、中部菌落呈喷泉状	菌落灰白色或后期墨绿色、棉絮状、某些菌系可形成灰色至黑色颗粒状子座	菌落绒毛状、初灰白色、后期变为灰色、某些菌系可产生灰白色颗粒状子座及分生孢子器	菌落绒毛状或平伏状、灰色至黑色、辐射状	球形分生孢子器生于黑色子座中、具孔口、器壁由致密、厚壁多角形细胞构成。分生孢子无色、单胞、纺锤形、大小为 15.0~27.5 μm×3.8~7.5 μm
<i>Coniothyrium populinum</i>	横山县(Co2)、定边县(Co3)、靖边县(Co4)、延安宝塔区(Co1)、长安南五台(Co5)、合阳县(Co6)、周至县终南镇(Co7)、杨陵区下北杨(Co8)、宝鸡虢镇(Co9)	菌落初为绒毛状、较致密、白色、后期灰白色或灰褐色、产生黑色颗粒状无性繁殖体	菌落短绒毛状、灰白色或淡褐色、后期产生颗粒状无性子实体	菌落短绒毛状、灰白色、灰色至褐色。多数菌系后期产生黑色颗粒状无性繁殖体	菌落短绒毛至绢毛状、灰褐色或褐色、后期可形成黑色颗粒状无性子实体	分生孢子器黑色、亚球状、有孔口。分生孢子单胞、椭圆形或卵圆形、浅褐色至褐色、大小为 4.4~6.7 μm×2.6~4.7 μm
<i>Cytospora chrysosperma</i>	榆林榆阳区(Cy2)、华阴县(Cy1)、眉县首善镇(Cy3)、岐山北吴段(Cy4)、户县尚庄(Cy5)	菌落污白色至灰白色、绒毛状至棉絮状、较致密、后期形成灰色颗粒状无性子实体	菌落短棉絮状、污白色至灰白色	菌落短棉絮状、灰白色至浅褐色	菌落短棉絮状、近平伏、白色或灰色	分生孢子器黑褐色、多室、不规则状、分生孢子无色、单胞、腊肠状、大小为 2.9~5.2 μm×1.0~2.1 μm
<i>Fusarium</i> sp.	华县(F1)、岐山蔡家坡(F2)	菌落绒毛状、致密、较薄、浅粉色或浅紫色、后期产生粉状无性繁殖体	菌落短绒毛状、污白色至浅黄色	菌落短绒毛、白色至浅紫褐色	菌落短绒毛状、近平伏、白色至浅紫色	大型分生孢子镰刀形、3个隔膜大小为 15.3~37.0 μm×3.6~5.0 μm、4~5个隔膜 27.5~57.4 mm×4.0~5.8 mm、小型分生孢子无色、单胞、椭圆形或卵圆形、大小为 3.1~10.0 μm×1.5~5.8 μm

注：* 指能在 CMA 或 PSA 培养基上产生无性子实体的菌系。

2.3 溃疡病种群地理分布及其致病性

2.3.1 各种群的地理分布 调查结果初步表明,陕西省杨树溃疡病主要由 *D. gregaria*、*C. populinum*、*C. chrysosperma* 和 *Fusarium* sp. 4 种真菌引起。其中,在杨树种植较多的关中平原溃疡病菌复杂多样,4 种病原真菌均有分布,并且以水泡型溃疡病病原菌 *D. gregaria* 为优势种;而在温度低且干旱的陕北地区主要有 *C. populinum* 引起圆斑型溃疡病,其次有 *C. chrysosperma* 所致的腐烂型溃疡病;陕南地区(汉中、商洛)仅有水泡型溃疡病零星分布(图 2)。

2.3.2 各菌系的致病性 从表 3 总体可以看出, *D. gregaria* (菌系 D1~D13)接种后第 30 天所致的病斑平均直径明显大于其他种群 的病斑平均直径,致病性最强,其次是 *Fusarium* sp. (菌系 F1~F2),再次是 *C. chrysosperma* (菌系 Cy1~Cy5), *C. populinum*(菌系 Co1~Co9)致病性最弱。通过 SPSS 1 9 . 0 对 *D . gregaria* 、 *C . populinum* 和

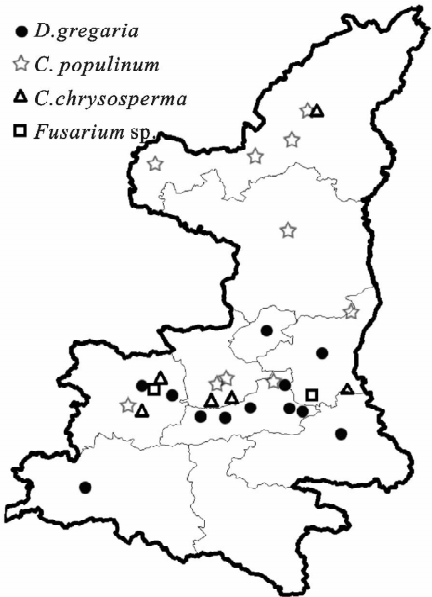


图 2 陕西省杨树溃疡病菌地理分布

Fig. 2 Geographical distribution of poplar canker' pathogenic fungi in Shaanxi Province

C. chrysosperma 不同菌系接种后第 30 天所致的病斑直径进行 χ^2 检验结果表明,*D. gregaria* 不同菌系间致病力达到极显著性差异水平($p=0.000\ 7<0.01$),*C. populinum* 不同菌系间致病力亦达到极显著性差异水平($p=0.000\ 2<0.01$),*Fusarium* sp. 两菌系间致病力差异极显著($p\approx0<0.01$),*C. chrysosperma* 不同菌系间致病力差异不显著($p=0.283\ 3>0.05$)。在聚生小穴壳(*D. gregaria*)诸菌系中,西安蓝田菌系(D12)平均发病等级为Ⅳ,其次平均发病等级为Ⅲ的有商洛二龙山菌系(D7)、户县尚庄菌系(D10)、蓝田高堡菌系(D8)和凤县黄牛铺菌系(D3),长安南五台菌系(D11)、勉县菌系(D5)、

铜川耀州区菌系(D2)、凤县凤州菌系(D9)、宝鸡虢镇菌系(D13)、周至渭河林场菌系(D1)和大荔菌系(D4)平均发病等级为Ⅱ,致病性较弱。总体上看聚生小穴壳的致病力有从南向北逐渐减弱的趋势。在镰刀菌(*Fusarium* sp.)两菌系中,华县菌系(F1)的平均发病等级为Ⅳ,其致病性较强。供试金黄壳囊孢菌(*C. chrysosperma*)各菌系的平均发病等级为Ⅱ,致病性并不强。在杨细盾霉(*C. populinum*)诸菌系中,除周至终南镇菌系(Co7)平均发病等级为Ⅳ级外,其余各菌系的平均发病等级为Ⅱ,大部分菌系致病性弱,个别菌系所致病斑大小接近对照。

表 3 杨树溃疡病菌 29 菌系对临夏青杨的致病性比较

Table 3 Pathogenicity of twenty-nine strains of poplar canker' pathogen to *P. cathayana*

病原菌种类	菌系来源 (编号)	病斑直径大小/mm						平均值
		重复Ⅰ	重复Ⅱ	重复Ⅲ	重复Ⅳ	重复Ⅴ	重复Ⅵ	
<i>D. gregaria</i>	蓝田县城(D12)	12	13	13	7	13	12	11.7Aa* *
	商洛二龙山(D7)	12	9	9	9	7	10	9.3ABb
	户县尚庄(D10)	8	10	7	8	11	11	9.2ABCb
	蓝田县高堡(D8)	13	11	9	7	7	7	9.0ABCb
	凤县黄牛铺(D3)	7	12	6	9	10	10	9.0ABCb
	长安南五台(D11)	8	12	6	7	8	7	8.0BCb _c
	勉县(D5)	6	6	7	8	8	12	7.8BCb _c
	铜川耀州区(D2)	9	11	7	6	6	6	7.5BCb _c
	凤县凤州(D9)	8	8	6	6	6	11	7.5BCb _c
	宝鸡市虢镇(D13)	11	7	6	7	7	7	7.5BCb _c
	周至县渭河林场(D1)	6	7	7	8	8	8	7.3BCb _c
	大荔县(D4)	8	8	7	6	7	7	7.2BCb _c
	周至终南镇(D6)	8	8	6	6	9	6	7.2BCb _c
	CK	6	6	6	6	6	6	6.0Cc
	周至终南镇(Co7)	10	12	13	11	7	12	10.8Aa
	定边县(Co3)	7	7	8	12	6	7	7.8Bb
<i>C. populinum</i>	横山县(Co2)	10	6	6	6	7	7	7.0Bb _c
	靖边县(Co4)	6	6	7	9	7	7	7.0Bb _c
	合阳县(C6)	6	6	8	9	6	7	7.0Bb _c
	杨陵区下北杨(C8)	6	6	7	7	7	7	6.7Bb _c
	延安宝塔区(Co1)	7	6	6	6	6	7	6.3Bb _c
	长安南五台(Co5)	7	7	6	6	6	6	6.3Bb _c
	宝鸡市虢镇(Co9)	6	6	6	7	6	6	6.2B _c
	CK	6	6	6	6	6	6	6.0B _c
	华阴县(Cy1)	8	6	11	8	8	6	7.8Aa
	眉县首善镇(Cy3)	6	8	8	7	8	8	7.5ABa
<i>C. chrysosperma</i>	榆林榆阳区(Cy2)	7	7	7	7	8	8	7.3ABa
	户县尚庄(Cy5)	8	6	7	7	6	7	6.8ABab
	岐山北吴段(Cy4)	7	7	7	6	6	7	6.7ABab
	CK	6	6	6	6	6	6	6.0Bb
	华县(F1)	8	11	12	13	1	12	11.0Aa
<i>Fusarium</i> sp.	岐山蔡家坡(F2)	7	8	7	8	8	8	7.7Bb
	CK	6	6	6	6	6	6	6.0B _c

注:表中不同大写字母表示差异极显著($P\leqslant0.01$),不同小写字母表示差异显著($P\leqslant0.05$)。

3 结论与讨论

研究发现,陕西省杨树溃疡病病原菌可以分为聚生小穴壳(*D. gregaria*)、杨细盾霉(*C. populi-*

num)、金黄壳囊孢(*C. chrysosperma*)和镰刀菌(*Fusarium* sp.)4种,其结果与张星耀^[22]等研究基本一致。其中,*D. gregaria* 主要分布于气候温暖湿润的关中地区,进一步证明杨树水泡型溃疡病具

有温度依赖性及地理分化^[9-23],并且致病力有从南向北逐渐减弱的趋势^[12-23]。调查发现 *D. gregaria* 在榆林地区没有分布,这与景耀^[10]等对榆林地区杨树溃疡病研究结果有所不同,这可能与本次采样点数量较少有关。另外,按 *C. chrysosperma* 的生物学特性^[5-25],此种病原菌应在陕北广泛分布,但本研究实际发现并不多,而以致病性较弱的 *Coniothyrium populinum* 居多,其原因是否与气候变暖有关,有待进一步研究。本研究首次证明镰刀菌(*Fusarium* sp.)在陕西对杨树具有致病性,但其形态学与贺伟^[6]等报道的茄镰孢菌(*Fusarium solani*)有明显差异,仍需深入研究。

E. M. Hildebrand^[26] 等曾在茶藨子(*Ribes* spp.)上的研究认为树木溃疡病菌(*Botryosphaeria ribis* Grossenb. et Duggar, 无性型: *Dothiorella gregaria* Sacc.)具有毒力强弱不同的致病菌系。R. D. Milholland^[27] 也曾报道过乌饭树(*Vaccinium* spp.)上该溃疡病菌的致病力差异。本试验根据培养性状和在临夏青杨枝段上的接种试验,同样证明了 *Dothiorella gregaria* 在陕西省不同地区之间存在着明显的生物学与致病性分化现象。

参考文献:

[1] 李传道. 树木的溃疡病[J]. 南京林业大学学报, 1979, 1(2): 22-35.
LI C D. The tree cankers[J]. Journal of Nanjing Forestry University, 1979, 1(2): 22-35. (in Chinese)

[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: 93-139.

[3] PHILLIPS A J L. *Botryosphaeria populi* sp. nov. and its *Fusicoccum* anamorph from poplar trees in Portugal[J]. Mycotaxon, 2000, 76: 135-140.

[4] 景耀, 杨俊秀, 王培新. 杨树病害[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1988.

[5] 杨旺. 森林病理学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996: 132-144.

[6] 贺伟, 任飞娟, 郭利民, 等. 欧美杨溃疡病的病原鉴定[J]. 林业科学, 2009, 45(6): 104-109.
HE W, REN F J, GUO L M, et al. Pathogen identification of *Populus × euramericana* canker disease [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2009, 45(6): 104-109. (in Chinese)

[7] 刘会香, 景耀, 赵仕光, 等. 杨树溃疡病菌三菌系形态和生理学特性的研究[J]. 西北林学院学报, 1997, 12(3): 18-23.
LIU H X, JING Y, ZHAO S G, et al. Studies on three of strains *Dothiorella gregaria* morphological characteristics and physiology[J]. Journal of Northwest Forestry University, 1997, 12(3): 18-23. (in Chinese)

[8] 刘会香, 胡景江, 朱玮, 等. 杨树溃疡病菌三菌系酯酶同工酶、可溶解蛋白质及致病性的研究[J]. 西北林学院学报, 1997, 12(3): 24-28.

LIU H X, HU J J, ZHU W, et al. Studies on esterase isozymes, soluble protein and pathogenicity of three *Dothiorella gregaria* strains[J]. Journal of Northwest Forestry University, 1997, 12(3): 24-28. (in Chinese)

[9] 余仲东, 曹支敏. 杨树溃疡病菌 3 菌株营养体亲和性的研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(2): 93-94.
YU Z D, CAO Z M. VCG of 3 isolations causing poplar canker [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2004, 19(2): 93-94. (in Chinese)

[10] 景耀, 赵仕光, 高智辉, 等. 杨树对溃疡病区抗性试验研究[J]. 西北林学院学报, 1997, 12(3): 41-44
JING Y, ZHAO S G, GAO Z H, et al. A study on the regional resistance to poplar canker[J]. Journal of Northwest Forestry University, 1997, 12(3): 41-44. (in Chinese)

[11] 张星耀, 赵仕光, 吕全, 等. 树木溃疡病病原真菌类群分子遗传多样性研究 II——*Botryosphaeria* 属 28S rDNA-PCR-RFLP 和 RAPD 解析[J]. 林业科学, 2000, 33(2): 75-81.
ZHANG X Y, ZHAO S G, LV Q, et al. Molecular genetic diversity of pathogenic fungal group causing tree canker II——28S rDNA-PCR-RFLP and RAPD analysis of *Botryosphaeria* spp. [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2000, 33(2): 75-81. (in Chinese)

[12] 田呈明, 张星耀, 景耀, 等. 陕西省杨树溃疡病生态地理分布[J]. 森林昆虫通讯, 1992(2): 5-7.

[13] 方中达. 植病研究方法[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 1998.

[14] 郭春秋, 罗永兰, 张志元. 几种真菌的诱导产孢试验[J]. 海南大学学报: 自然科学版, 2003, 21(1): 74-77.
GUO C Q, LUO Y L, ZHANG Z Y. Experiment on inducing sporogenesis of several fungi[J]. Natural Science Journal of Hainan University, 2003, 21(1): 74-77. (in Chinese)

[15] 冷伟锋, 李保华, 国立耘, 等. 苹果轮纹病菌诱导产孢方法[J]. 植物病理学报, 2009, 39(5): 88-91.
LENG W F, LI B H, GUO L Y, et al. Method to promote sporulation of *Botryosphaeria berengeriana* f. sp. *Piricola* [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2009, 39(5): 88-91. (in Chinese)

[16] 王英, 师校欣, 杜国强. 苹果轮纹病病菌分生孢子离体人工诱导技术研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(01): 194-197.
WANG Y, SHI X X, DU G Q. Studied on techniques of conidiophores inducing culture *in vitro* in apple ring spot[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(01): 194-197. (in Chinese)

[17] 邵力平, 沈瑞祥, 张素轩, 等. 真菌分类学[M]. 中国林业出版社, 1984.

[18] 钟兆康. 几种杨树溃疡病的识别与防治[J]. 林业科技通讯, 1985(6): 28-31.

[19] 向玉英, 花晓梅, 赵经周, 等. 杨树水泡型溃疡病的发生及病原菌生物学特性的研究[J]. 植物病理学报, 1981, 11(4): 27-34.
XIANG Y Y, HUA X M, ZHAO J Z, et al. On the occurrence and biological characters of a poplar blister canker[J]. Acta Phytopathologica Sinica, 1981, 11(4): 27-34. (in Chinese)

[20] 黄征宇, 李传道. 杨树溃疡病菌致病力分化及杨树抗病性研

究[J]. 南京林业大学学报, 1987, 11(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, 11(1):25-34. (in Chinese)

[21] 魏淑花, 张星耀, 叶建仁, 等. 树木溃疡病菌 *Botryosphaeria dothidea* 不同菌株致病力分化与产毒强弱的关系[J]. 浙江林学院学报, 2009, 26(5):613-619.

WEI S H, ZHANG X Y, YE J R, *et al.* Relationship between pathogenicity differentiation and toxin-producing capability of different strains of *Botryosphaeria dothidea* [J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2009, 26(5):613-619. (in Chinese)

[22] 张星耀, 赵仕光, 朴春根, 等. 树木溃疡病病原真菌类群分子遗传多样性研究 I——小穴壳菌属、疡壳孢属、壳囊孢属、盾壳霉属分类地位的分子证明[J]. 林业科学, 1999, 35(3):34-40.

ZHANG X Y, ZHAO S G, PIAO C G, *et al.* Molecular genetic diversity of pathogenic fungal group causing tree canker I——evidence of Taxa for *Dothiorella*, *Dothichiza*, *Cytospora* and *Coniothyrium* in molecular level[J]. Scientia Silvae Sinicae, 1999, 35(3):34-40. (in Chinese)

[23] 余仲东, 曹支敏, 张星耀. 杨树溃疡病菌温度依赖性的研究[J]. 西北林学院学报, 2002, 17(2):52-53.

YU Z D, CAO Z M, ZHANG X Y. Temperature dependence of poplar canker pathogen[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2002, 17(2):52-53. (in Chinese)

[24] 张星耀, 赵嘉平, 梁军, 等. 树木枝干溃疡病菌致病力分化研究[J]. 中国森林病虫, 2008, 27(1):1-4.

ZHANG X Y, ZHAO J P, LIANG J, *et al.* Pathogenicity differentiation of tree stem canker pathogenic fungi[J]. Forest Pest and Disease, 2008, 27(1):1-4. (in Chinese)

[25] 向玉英, 陈国贤. 杨树烂皮病发病诱因的研究[J]. 植物保护学报, 1981, 8(2):137-142

XIANG Y Y, CHEN G X. A study on the induced factors of *Cytospora* canker on poplars[J]. Journal of Plant Protection, 1981, 8(2):137-142. (in Chinese)

[26] HILDEBRANDE M, WEBER P V. Varietal susceptibility of currants to the cane blight organism and to currant mosaic virus[J]. Plant Dis. Rep., 1944, 28(34):1031-1034.

[27] MILHOLLAND R D. Histopathology and pathogenicity of *Botryosphaeria dothidea* on blueberry stems[J]. Phytopathology, 1972, 62(2):654-660.

(上接第 65 页)

[11] 董娟娥, 杜红岩, 张康健, 等. 观赏与药用杜仲无性系的选择[J]. 林业科学, 2008, 44(5):165-170.

DONG J E, DU H Y, ZHANG K J, *et al.* Selection of ornamental and officinal clones of *Eucommia ulmoide* [J]. Scientia Silvae Sinica, 2008, 44(5):165-170. (in Chinese)

[12] 杜红岩. 我国杜仲变异类型的研究[J]. 经济林研究, 1997, 15(3):34-36.

DU H Y. Variant cultivar types of *Eucommia* in China[J]. Economic Forest Researches, 1997, 15(3):34-36. (in Chinese)

[13] 尉芹, 王冬梅, 马希汉, 等. 杜仲叶总黄酮含量测定方法研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2002, 29(5):119-123.

WEI Q, WANG D M, MA X H, *et al.* A study on the measurement of flavonoids in the leaves of *Eucommia ulmoides* [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat. Sci. Ed., 2002, 29(5):119-123. (in Chinese)

[14] 王宏, 赵辉, 李周岐. 杜仲 RAPD 反应体系的优化[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(4):86-89.

WANG H, ZHAO H, LI Z Q, *et al.* Optimization of RAPD reaetion system in *Eucommia ulmoides* Oliv. [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(4):86-89. (in Chinese)

[15] VOS P, HOGER R, BLECKER M, *et al.* AFLP: a new technique for DNA fingerprinting [J]. Nucl. Acids Res., 1995, 23(21):4407.

[16] 王大玮, 李煜, 周玮, 等. 杜仲 AFLP 反应体系的建立及优化[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2010, 38(6):88-94.

WANG D W, LI Y, ZHOU W, *et al.* Establishment and optimization of AFLP reaction system in *Eucommia ulmoides* Oliv. [J]. Journal of Northwest A & F University: Nat. Sci. Ed., 2010, 38(6):88-94. (in Chinese)

[17] BASSAM B J, CAETANO-ANOLLES G, GRESSHOFF P M. Fast and sensitive silver staining of DNA in polyacrylamide gels [J]. Annal. Bio. Chem., 1991, 196(1):80-83.

[18] 张德强, 张志毅, 宋婉, 等. 毛白杨遗传作图最适分离群体的选择[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(4):21-24.

ZHANG D Q, ZHANG Z Y, SONG W, *et al.* Optimizing segregation population selection for genetic linkage maps in *Populus tomentosa* [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2003, 25(4):21-24. (in Chinese)

[19] ZHANG D Q, ZHANG Z Y, YANG K. QTL analysis of growth and wood chemical content traits in an interspecific backcross family of white poplar (*Populus tomentosa* × *P. bolleana*) × *P. tomentosa* [J]. Can. J. Fro. Res., 2006, 36(8):2015-2024.

[20] JIANG T B, ZHOU B R, GAO F L, *et al.* Genetic linkage maps of white birches (*Betula platyphylla* Suk. and *B. pendula* Roth) based on RAPD and AFLP markers [J]. Mol. Breeding, 2011, 27(3):347-356.

[21] 张博, 杜生明, 黄敏仁. 林木遗传图谱研究现状及发展趋势[J]. 中国生物工程杂志, 2003, 23(4):14-18.

ZHANG B, DU S M, HUANG M R. Status quo and tendency in construction of forest trees' genetic linkage maps [J]. China Biotechnology, 2003, 23(4):14-18. (in Chinese)