

小陇山林区林木病原菌物区系及评价

石 锐¹, 吴佳徽¹, 郭怀林², 田呈明^{1*}

(1. 北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 甘肃林业职业技术学院, 甘肃 天水 741020)

摘 要:通过对小陇山林区主要林型内林木病原菌物的广泛调查, 利用形态学和分子生物学技术鉴定并记述了该林区的病原菌物 154 种, 隶属 71 属、41 科; 其中葡萄座腔菌科(Botryosphaeriaceae)、叶点霉属(*Phyllosticta*)分别为该林区病原菌物的优势科和优势属; 在该林区的 7 个林型中, 油松-锐齿栎林和华山松-栓皮栎林的病原菌物种类最多, 云杉林的最少, 并根据该林区的发病特点提出了防治建议。

关键词:小陇山林区; 森林病原; 区系

中图分类号: S763.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-7461(2011)05-0139-06

Flora and Evaluation of Forest Pathogens in Xiaolongshan Forest Area

SHI Rui¹, WU Jia-hui¹, GUO Huai-lin², TIAN Cheng-ming^{1*}

(1. Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Gansu Forestry Professional Technology College, Tianshui, Gansu 741020, China)

Abstract: Investigation was carried out on forest pathogens in Xiaolongshan forest area, more than 290 specimens were collected and 154 species of 71 genera in 41 families were identified by morphology and 18S rDNA-ITS. The results showed that Botryosphaeriaceae was the dominant family, and *Phyllosticta* was the dominant genera. Among the 7 forest types, *Pinus tabulaeformis*-*Quercus aliena* var. *acuteserrata* forest and *Pinus armandii*-*Quercus variabilis* forest had the most diversified pathogenic fungi species, but *Picea asperata* forest had the least. Related control measures were suggested.

Key words: Xiaolongshan forest area; forest pathogens; flora

小陇山林区属于秦岭山脉西段, 系秦岭-祁连-昆仑构造带与贺兰-川滇南北构造带的交接复合部位, 形成了独特的自然地理和地质地貌, 也处于长江水系嘉陵江与黄河水系渭河的分水岭, 森林植物既有横断山区植被特征, 也包含有中国-日本植物区系成分, 生物物种极为丰富。

近年来, 许多学者对秦岭其他地区的乔灌木病原菌物以及食药用真菌区系、分布特点等进行了深入细致的调查研究^[1-5]。但关于小陇山林区林木病原菌物的系统研究未见报道, 仅有该地区主要林木有害生物种类和分布面积的宏观阐述^[6]。因此查清该区的林木病原菌物种类、寄主及分布, 对研究小陇山林区林木病原菌物的区系特点以及森林健康培育

与管理具有重要意义。

1 研究区自然概况

小陇山林区位于 33°31'—34°41'N、104°23'—106°43'E, 海拔 700~3 200 m, 一般在 1 500~2 000 m 之间。以秦岭为界, 分属渭河、嘉陵江流域。该林区自南向北地跨亚热带北缘、暖温带和温带。渭河以北属温带半干旱区, 秦岭北坡属温带半湿润气候, 秦岭以南属暖温带湿润气候, 林区南缘嘉陵江河谷属北亚热带湿润气候。林区年均温 10℃左右, 极端最高气温 39.2℃, 极端最低气温 24.6℃; 年平均降水量 800 mm, 降雨多集中在 6—8 月, 年平均蒸发量 1 300~1 600 mm, 年平均相对湿度 65%~

收稿日期: 2010-08-24 修回日期: 2010-11-09

基金项目: 科技部“林业微生物菌种资源标准化整理、整合及共享试点”(2005DKA21207-8)。

作者简介: 石 锐, 女, 硕士研究生, 研究方向: 森林病理。

* 通讯作者: 田呈明, 男, 博士生导师。E-mail: chengmt@bjfu.edu.cn

75%。年日照时数 1 520~2 313 h,无霜期 120~280 d。林区内土壤垂直分布明显,由高到低分别是高山草甸土、山地灰棕壤、山地棕壤、山地褐色土、山地黄棕壤、山地黄褐土。

典型植被类型以落叶阔叶林为主,其次为针阔混交林,还有少量零星分布的亚高山灌丛草甸、针叶林、落叶、常绿落叶混交林。木本植物以松科、壳斗科、桦木科、杨柳科、槭树科、蔷薇科为主,草本植物以禾本科、豆科、菊科、毛茛科、兰科、唇形科为主。

2 研究方法

2.1 样本采集

2008 年 8 月对小陇山林区的林木病原菌物进行了较系统的调查,在其下辖的 19 个林场,按照不同的林分和海拔,针对侧柏林、油松-锐齿栎林、华山松-栓皮栎林、油松林、华山松林、落叶松林、云杉林等 7 种林型,以踏查的方法调查、采集各林型内乔、灌木病害标本。同时,记录病害的发生部位、生态环境、海拔、采集地点、采集时间、危害程度、寄主等信息。

2.2 病原菌物鉴定

形态学鉴定:根据各病原菌的子实体特征,参考有关资料进行鉴定^[7-9]。对于只有病斑,没有形成子

实体的,通过培养物的菌落颜色、产孢特征、形状等表型特征鉴定。

分子生物学鉴定:对于采集的各种标本的分离物,采用天根生化科技(北京)有限公司 DP320-03 离心柱型基因组 DNA 提取试剂盒提取 DNA,然后对 ITS-rDNA(包括 5.8S)区域进行 PCR 扩增(引物 ITS1F: CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA 和 ITS4: TCCTCCGCTTATTGATATGC),扩增产物由上海英俊生物技术有限公司测序。序列经 Chromas、Genetyx 软件处理后,在 NCBI 基因库进行同源性比对分析(<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)。采用《真菌词典》^[10]第 10 版分类系统,根据病原菌形态特征并结合其序列分析,确定林木病原菌物的分类地位。

3 结果与分析

3.1 病原菌物种类组成

通过外业采集、室内培养鉴定、ITS 基因序列比对分析,运用基本的统计方法,共鉴定 154 种病原菌物,隶属于 71 属、47 科(含 5 个未确定科)。其中叶部病害病原菌物 113 种,枝干病害病原菌物 38 种,幼苗病原菌物 4 种,果实病原菌物 1 种(表 1)。

表 1 小陇山林区森林病原菌科、属、种统计
Table1 Families, genus and species of pathogens in Xiaolongshan forest area

门	纲	目	科名	属数	种数
卵菌门	卵菌纲	霜霉目	霜霉科(Peronosporaceae)	1	1
		白粉菌目	白粉菌科(Erysiphaceae)	6	11
	锤舌菌纲	斑痣盘菌目	斑痣盘菌科(Rhytismataceae)	6	18
		柔膜菌目	皮盘菌科(Dermateaceae)	1	3
			黑腐皮壳菌科(Valsaceae)	1	4
			黑盘孢科(Melanconidaceae)	1	1
			日规壳科(Gnomoniaceae)	1	2
	粪壳菌纲	间座菌目	间座菌科(Diaporthaceae)	1	2
			假腐皮壳科(Pseudovalsaceae)	1	2
		黑痣菌目	Incertae sedis	1	1
			黑痣菌科(Phyllachoraceae)	1	1
			丛赤壳科(Nectriaceae)	1	5
			Incertae sedis	2	3
		炭角菌目	炭角菌科(Xylariaceae)	1	3
			圆孔壳科(Amphisphaeriaceae)	2	2
子囊菌门	座囊菌纲	Incertae sedis	小丛壳科(Glomerellaceae)	1	2
		多腔菌目	痂囊腔菌科(Elsinoaceae)	1	1
			格孢腔菌科(Pleosporaceae)	1	3
		格孢腔菌目	黑星菌科(Venturiaceae)	1	1
			Phaeosphaeriaceae	1	1
			Incertae sedis	1	5
			煤炱科(Capnodiaceae)	1	1
		煤炱目	球腔菌科(Mycosphaerellaceae)	3	11
			Davidiellaceae	1	1
		小煤炱目	小煤炱科(Meliolaceae)	1	1
	Incertae sedis	葡萄座腔菌目	葡萄座腔菌科(Botryosphaeriaceae)	4	21
		Incertae sedis	Incertae sedis	1	1

续表 1					
门	纲	目	科名	属数	种数
担子菌门	锈菌纲	锈菌目	柄锈菌科(Pucciniaceae)	3	6
			多胞锈菌科(Phragmidiaceae) 1	3	
			鞘锈菌科(Coleosporiaceae)	1	3
			伞锈菌科(Raveneliaceae)	1	1
			栅锈菌科(Melampsoraceae)	1	5
			柱锈菌科(Cronartiaceae)	1	2
			Pileolariaceae	1	1
			Incertae sedis	1	2
		隔担子菌目	隔担子菌科(Septobasidiaceae) 1	1	
	伞菌纲	刺革菌目	刺革菌科(Hymenochaetaceae)	3	5
			白肉迷孔菌科(Fomitopsidaceae)	1	2
		多孔菌目	多孔菌科(Polyporaceae)	4	7
			皱孔菌科(Meruliaceae)	1	1
		革菌目	角担子菌科(Ceratobasidiaceae)	2	2
			伞菌科(Agaricaceae)	1	1
		伞菌目	裂褶菌科(Schizophyllaceae)	1	1
			球盖菇科(Strophariaceae)	1	1
		木耳目	Incertae sedis	1	1

3.2 病原菌物的优势类群

3.2.1 优势科 在小陇山林区采集、鉴定到的 41 科(含 5 个未确定科)病原菌物中,出现频率最多的是葡萄座腔菌科,有 21 种,占总物种数的 13.6%;其次是斑痣盘菌科,18 种,占总物种数的 11.7%;球腔菌科和白粉菌科,各有 11 种,分别占物种总数的 7.1%。其他依次为多孔菌科,7 种;柄锈菌科,6 种;丛赤壳科、栅锈菌科、刺革菌科及一个未确定科(隶属于格孢腔菌目)各有 5 种。上述 10 个科共有病原菌物 94 种,占林区病原菌物总物种数的 61.0%,而仅占总科数的 24.4%(表 2)。从优势科的生物生态学特性分析,以引起叶枯、叶斑、白粉病和落针病等叶部病害的病原菌物居多。

表 2 小陇山林区病原菌优势科的统计		
Table 2 Statistic of dominant families of pathogens in Xiaolongshan forest area		
科名	物种数	占总物种数的比例%
葡萄座腔菌科(Botryosphaeriaceae)	21	13.6
斑痣盘菌科(Rhytismataceae)	18	11.7
球腔菌科(Mycosphaerellaceae)	11	7.1
白粉菌科(Erysiphaceae)	11	7.1
多孔菌科(Polyporaceae)	7	4.5
柄锈菌科(Pucciniaceae)	6	3.9
丛赤壳科(Nectriaceae)	5	3.9
栅锈菌科(Melampsoraceae)	5	3.9
刺革菌科(Hymenochaetaceae)	5	3.9
Incertae sedis(格孢腔菌目)	5	3.9
合计 10 科	94	61.0

3.2.2 优势属 经采集鉴定,记述小陇山林区病原菌物 71 属,其中出现频率最高的是叶点霉属(*Phyllosticta*),达到了 16 种,占总物种数的 10.4%;有 11 个属(占总属数的 15.5%)仅含 1 个种,占全部种数的 7.1%(表 3)。其他地区森林病害调查结果也显示,在阔叶林占优势的林区通常叶点霉属是优势属^[1,11]。

表 3 小陇山林区病原菌优势属的统计		
Table 3 Statistics of dominant genus of pathogens in Xiaolongshan forest area		
属名	物种数	占总物数的比例%
叶点霉属(<i>Phyllosticta</i>)	16	10.4
散斑壳属(<i>Lophodermium</i>)	8	5.2
镰刀菌属(<i>Fusarium</i>)	6	3.4
茎点霉属(<i>Phoma</i>)	5	3.2
壳针孢属(<i>Septoria</i>)	5	3.2
栅锈菌属(<i>Melampsora</i>)	5	3.2

3.3 不同林型病原菌物分布

病原菌物在其发育过程中,与森林植物一起协同进化,并受环境条件的影响,最终在不同的森林类型中发育并产生了各种不同特征的病原菌物。

3.3.1 侧柏林 主要分布于海拔 700~900 m 的陡峭和岩石裸露山地阳坡。林内的乔木以侧柏(*Platycladus orientalis*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)、杨树(*Populus* spp.)、柳树(*Salix* spp.)、榆树(*Ulmus pumila*)、小叶朴(*Celtis bungeana*)等为主,灌木以柔毛绣线菊

(*Spiraea pubescences*)、酸枣(*Ziziphus jujuba*)、卫矛(*Euonymus phellomarnes*)、山楂(*Crataegus shensiensis*)占优势。在该林型采集到 22 种病原菌物,隶属假腐皮壳科、黑痣菌科、葡萄座腔菌科、球腔菌科、白粉菌科、丛赤壳科、格孢腔菌科、小丛壳科、斑痣盘菌科、柄锈菌科、多胞锈菌科、栅锈菌科、皮盘菌科等,其寄主覆盖了 26 种植物。尽管病原菌物寄主广泛,菌物类型较多,但林木病害主要为溃疡病、炭疽病等阔叶树病害,在局部地区发生较严重,而针叶树病害发生较轻。病害防治应以营林措施为主,在病害发生严重地区可施用多菌灵烟剂等进行防治。

3.3.2 油松林 分布于海拔 1 000~1 600 m 之间,油松(*Pinus tabulaeformis*)纯林在小陇山的分布较少,且多为人工林。下木有美丽胡枝子(*Lespedeza formosa*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、柔毛绣线菊、卫矛等,偶尔有其他乔木混生。该林型内,在 31 种寄主上共采集到 26 种病原菌物,隶属球腔菌科、葡萄座腔菌科、黑腐皮壳菌科、斑痣盘菌科、格孢腔菌科、间座菌科、丛赤壳科、多胞锈菌科、柱锈菌科、柄锈菌科、刺革菌科、球盖菇科、Davidiellaceae 等。该林型病害类型以油松落针病(*Lophodermium molitoris*)最为常见,阔叶树枝枯病和叶斑病分布较广,但该林型中林木病害整体发病较轻。应加强营林管护,丰富林内生物多样性,提高林分自身的抗病能力。

3.3.3 油松-锐齿栎林 分布于海拔 1 200~1 900 m,为小陇山的主要林型之一。乔木层以油松和锐齿栎(*Quercus aliena*)为主,常与山杨(*P. tremula*)、青榨槭(*Acer davidii*)、椴树(*Tilia tuan*)、红桦(*Betula albo-sinensis*)、辽东栎(*Q. wutaishanica*)、华山松(*P. armandii*)、槲树(*Q. dentata*)等乔木混生,胡枝子、绣线菊、卫矛、莢蒾(*Viburnum dilatatum*)为常见灌木。采集到的病原菌物隶属霜霉科、外囊菌科、Phaeosphaeriaceae、白粉菌科、斑痣盘菌科、格孢腔菌科、黑腐皮壳菌科、黑盘孢科、黑星菌科、黑痣菌科、痂囊腔菌科、皮盘菌科、日规壳科、炭角菌科、小煤炱科、球腔菌科、圆孔壳科、葡萄座腔菌科、小丛壳科、丛赤壳科、栅锈菌科、柱锈菌科、伞锈菌科、柄锈菌科、鞘锈菌科、多胞锈菌科、刺革菌科、白肉迷孔菌科、多孔菌科共 63 种。其中葡萄座腔菌科、白粉菌科、斑痣盘菌科的种类较多,分别占到该林型病原数的 17.5%、12.7%和 9.5%,覆盖了 46 种寄主植物,主要引起叶部病害。鉴于麦积石窟等

旅游景点位于此林型,生态系统受人为干扰较大,建议科学规划旅游项目,以降低对生态系统的干扰。

3.3.4 华山松林 分布于海拔 1 500 m 左右。乔木层偶尔混有盐肤木、槭树等,灌木以扁刺蔷薇(*Rosa sweginzowii*)、胡枝子、绣线菊、野樱桃(*Prunus tomentosa*)等为主。该林型内采集到 18 种病原菌物,隶属白粉菌科、斑痣盘菌科、丛赤壳科、黑腐皮壳菌科、球腔菌科、小丛壳科、格孢腔菌科、鞘锈菌科、裂褶菌科、角担子菌科、多孔菌科、刺革菌科等。斑痣盘菌科在该林型中占绝对优势,占该林型病原数的 33.3%。该林型内主要病害为由乔松散斑壳(*Lophodermiu pini-excelsa*)引起的华山松落针病。由于该类病原是兼性寄生菌,其引起的病害受环境影响较大,应重视营林措施对该类病的防治,另外,在孢子飞散高峰期前进行硫磺烟剂防治,能取得较好的效果^[12]。

3.3.5 华山松-栓皮栎林 分布于海拔 800~1 500 m。乔木层以华山松和栓皮栎占绝对优势,还有锐齿栎、槲树、盐肤木、华中五味子(*Schisandra sphenanthera*)等,胡颓子(*Elaeagnus umbellate*)、胡枝子、绣线菊、平榛(*Corylus heterophylla*)、忍冬(*Lonicera hispida*)等是灌木层的主要物种。该林型采集到病原菌物 43 种,隶属假腐皮壳科、白粉菌科、斑痣盘菌科、丛赤壳科、黑腐皮壳菌科、皮盘菌科、炭角菌科、小丛壳科、球腔菌科、葡萄座腔菌科、栅锈菌科、鞘锈菌科、柄锈菌科、刺革菌科、皱孔菌科、隔担子菌科、白肉迷孔菌科、多孔菌科等,其中葡萄座腔菌科最多,占该林型病原数的 14.7%。寄主覆盖了 39 种植物。该林型承载了较多的森林游憩功能,应合理规划旅游线路和景点,减少人为干扰。

3.3.6 落叶松林 小陇山林区的日本落叶松林(*Larix kaempferi*)均为人工林,主要分布于海拔 1 400~2 000 m 的深山区和阴坡区。乔木树种除日本落叶松外,还有槭树、山杨、白桦(*Betula platyphylla*)、红桦、油松、华山松等,常见灌木有卫矛、忍冬、蔷薇、胡枝子、箭竹(*Sinarundinaria niti-da*)、黄栌(*Cotinus coggygria*)等。在该林型内的 23 种寄主上采集到病原菌物 21 种,隶属 Pileolariaceae、葡萄座腔菌科、斑痣盘菌科、煤炱科、丛赤壳科、格孢腔菌科、球腔菌科、栅锈菌科、刺革菌科、角担子菌科、伞菌科、多孔菌科。该林型的枝干类病原较多,占该林型病原总数的 38.1%,远高于小陇山林区枝干类病原的整体水平(24.7%)。应加强间伐等营林抚育措施,提高林木自身抗病能力。

3.3.7 云杉林 分布于海拔 2 400~3 100 m 之间,常与青杆(*Picea wilsonii*)、紫果云杉(*P. purpurea*)、山杨、红桦、白桦、冷杉(*Abies fargesii*)等混交,灌木层以高山绣线菊(*Spiraea alpine*)、金露梅(*Potentilla fruticosa*)、忍冬等为主。在该林型内的 8 种寄主植物上采集到病原菌物 8 种,隶属葡萄座腔菌科、白粉菌科、斑痣盘菌科、栅锈菌科、刺革菌科、多孔菌科、伞菌科等。该林型中以木材腐朽病为主要病害,但发病不严重,其健康情况较好,注意保持现有的生态系统状态。

4 结论与讨论

小陇山林区地处秦岭北麓,水、气、植被丰富度等条件不及秦岭南麓优越。因此,菌种数量少于南麓^[1-4],但远多于白龙江、祁连山等林区^[13-14]。另外,病原种类也有一定差异。小陇山林区的森林病原菌物以葡萄座腔菌科、斑痣盘菌科、球腔菌科和白粉菌科为主,而秦岭中段病原菌物以葡萄座腔菌科、柄锈菌科和白粉菌科为主^[1-5]。祁连山林区由于以云杉等针叶树种为主,林型较为单一,病原主要集中在栅锈菌科、白粉菌科、多孔菌科和葡萄座腔菌科等叶部及枝枯类病原^[13],甘南林区的病原类群主要为斑痣盘菌科、球腔菌科和栅锈科真菌^[14],与小陇山最为接近,但区系组成较为简单。这可能是由于地域环境、植被组成等自然资源的不同而影响病原菌物区系的分布与组成。

在小陇山林区,针叶-落叶阔叶混交林的病原种类要明显多于针叶林。寄主植物区系组成在不同的林型中差异较大,油松-锐齿栎林内有寄主植物 63 种,油松纯林分布有 31 种寄主植物;华山松-栓皮栎林内 39 种寄主,华山松林内仅在 12 种植物上采集到病原菌物。尽管这两组林型海拔分布相近,但由于寄主植物的影响,病原菌物的种类差异较大,油松-锐齿栎林的病原种类比油松林多 42.3%,华山松-栓皮栎林比华山松林多 38.9%。

在小陇山的 7 个林型中,油松-锐齿栎林和华山松-栓皮栎林内病原菌种类较丰富,分别占病原总数的 40.9%和 27.9%;云杉林病原菌种类最少,仅占病原总数的 5.2%。导致这一现象的原因除了寄主多寡的因素外还与人为干扰有一定联系,前 2 个林型海拔分布较低,且位于麦积石窟、植物园等旅游景点附近,人为干扰较大;而云杉林海海拔分布最高,鲜有人为活动,因此降低了病害发生和传播的几率。

本次研究结果显示,该林区林木病原菌物的优

势科、属主要是引起叶部病害的病原,而且这些病害在该林区只是零星发病,同时枝干类病害也多发生在侧枝或枯立木上,有利于森林物质循环,因此对林区的生态安全不构成实质性危害。总体而言,小陇山林区多数森林病原都处于森林生态系统的动态平衡范围之内,所致病害也呈现"有病不成灾"的情况;也有小部分为间断型病害,即病害与生态环境之间关系明显,离开其特殊的生态环境或消除生态环境中的某一决定因素,病害则不能发生^[15],如苹果锈病(*Gymnosporangium yamadae*)。对于连续型病害,可以依靠森林生态系统自身进行调节;而间断型病害,应加大防治力度,改变环境条件,以控制该类病原的发生与发展。小陇山林区森林病害防治工作应以加强森林生态系统建设为主。

参考文献:

- [1] 杨俊秀,田呈明,曹支敏. 太白山林木真菌病害的垂直分布[J]. 林业科学, 1992, 28(4): 311-316.
YANG J X, TIAN C M, CAO Z M. The vertical distributional patterns of pathomycetes in the forest of the Mount Taibai. [J]. Scientia Silvae Sinicae, 1992, 28(4): 311-316. (in Chinese)
- [2] 田呈明,曹支敏,杨俊秀,等. 太白山自然保护区乔灌木病原真菌区系初探[J]. 西北林学院学报, 1991, 6(4): 34-39.
TIAN C M, CAO Z M, YANG J X, et al. Preliminary study on pathogenic fungi of forest trees and shrubs in Taibai Natural Protected Area[J]. Journal of Northwest Forestry University, 1991, 6(4): 34-39. (in Chinese)
- [3] 姚拓,杨俊秀,景耀. 秦岭落叶松林真菌病害区系[J]. 西北林学院学报, 1997, 12(2): 57-63.
YAO T, YANG J X, JING Y. Fungus disease flora of larch plantation in the Qinling Mountains[J]. Journal of Northwest Forestry University, 1997, 12(2): 57-63. (in Chinese)
- [4] 袁坤,曹支敏. 秦岭火地塘林区多孔菌区系地理成分初步分析[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(5): 117-121.
YUAN K, CAO Z M. Primary analysis on Polypores flora in Huoditang Forest Farm in Qinling Mountains[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(5): 117-121. (in Chinese)
- [5] 刘淑明,徐青萍,刘海秀,等. 太白山自然保护区环境条件对真菌群落结构的影响[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(6): 66-69.
LIU S M, XU Q P, LIU H X, et al. Effect of environment on fungi community structure in the Natural Reserve of Taibai Mountains[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2006, 21(6): 66-69. (in Chinese)
- [6] 郭惠. 小陇山林区林业有害生物现状及治理对策[J]. 甘肃科技, 2008, 24(3): 145-147.
- [7] 邓叔群. 中国真菌[M]. 北京, 科学出版社, 1964.
- [8] 戴芳澜. 中国真菌总汇[M]. 北京, 科学出版社, 1979.

[9] 魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海, 上海科学技术出版社, 1979.

[10] KIRK P M, CANNON P F, MINTER D W, *et al.* Dictionary of the Fungi (10th edition)[M]. U. K. : CAB International, 2008.

[11] 王桂珍, 裴明浩, 袁志文. 长白山树木小形病原真菌种类及其组成的研究[J]. 林业科学, 1989, 25(5): 425-431.
WANG G Z, PEI M H, YUAN Z W. Studies on the species richness and composition of tree-pathogenic microfungi in Changbai Mountain[J]. Scientia Silvae Sinicae, 1989, 25(5): 425-431. (in Chinese)

[12] 宋玉双, 何秉章, 王福生. 我国松落针病研究的新进展[J]. 森林病虫通讯, 1994(2): 42-46.

[13] 汪有奎, 李晓明, 白志强, 等. 祁连山自然保护区森林病害区系初步研究[J]. 西北林学院学报, 1996, 11(1): 40-46.
WANG Y K, LI X M, BAI Z Q, *et al.* A preliminary study on fauna of forest diseases in the Natural Reserve of Qilian Mountains[J]. Journal of Northwest Forestry University, 1996, 11(1): 40-46. (in Chinese)

[14] 高智辉, 赵龙, 王云果, 等. 白龙江林区森林病害调查[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(5): 124-127.
GAO Z H, ZHAO L, WANG Y G, *et al.* A survey on forest diseases in the Bailongjiang river[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(5): 124-127. (in Chinese)

[15] 吴兴邦. 甘肃木本植物主要病害地理分布型及其防治对策[J]. 甘肃林业科技, 1995(4): 38-42.

(上接第 134 页)

[7] 高华, 鲁玉妙, 袁景军. 粉红女士苹果冷藏与常温贮藏的乙烯代谢及果实品质变化[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(1): 46-48.
GAO H, LU Y M, YUAN J J. Effects of cold and room temperature storage on ethene production and fruit quality of Pink Lady apples[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2005, 20(1): 46-48. (in Chinese)

[8] 庞坤, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 鲜切苹果贮藏期间生理生化变化的影响[J]. 食品与机械, 2008, 24(1): 50-54.
PANG K, HU W Z, JIANG A L, *et al.* Effects of temprature on physio-biochemical changes of fresh-cut apple during storage [J]. Food and Machinery, 2008, 24(1): 50-54. (in Chinese)

[9] GALEAZZI M A, SGARBIERI V C, CONSTANTINIDES S M. Isolation purification and physicochemical characterization of polyphenolox idases (PPO) from a dwarf variety of banana (*Musa cavendishii* L.) [J]. Journal of Food Science, 1981, 46: 150-155.

[10] PUTTER J. Methods of Enzymatic Analysis[M]. New York: Academy Press, 1974: 685-689.

[11] KOUKOL J, CONN E E. Themetabolism of aromatic compounds in higher plants IV. Purification and properties of the phenylalanine deaminase of hordeum vulgare[J]. Journal of Biological Chemistry, 1961, 236(10): 2692-2698.

[12] HEATH R L, PACKER L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation[J]. Archives of Biochemistry and Biophysics, 1968, 125(1): 189-198.

[13] SINGLETON V L, ROSSI J A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16(3): 144-158.

[14] QUN S, FANCHUN K, QUN J W, *et al.* Effect of modified atmosphere packaging on the browning and lignification of bamboo shoots[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 41(6): 1-7.

[15] 寇莉萍, 刘兴华, 薛惠岚. 富士苹果果肉褐变研究现状[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2001, 29(S1): 144-146.
KOU L P, LIU X H, XUE H L. Study on flesh browning of Fuji Apples[J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2001, 29(S1): 144-146. (in Chinese)