

我国榆树死亡原因探讨

—兼析是否发生荷兰榆病*

刘惠珍

(中国林业科学研究院林业研究所)

摘 要

60年代以来,新疆、内蒙、河南等地的白榆人工林和次生林陆续出现成群或成片死亡。1982—1985年,作者曾先后对其死亡情况进行了大量调查,并对病榆木质部变色条纹和危害榆树的小蠹虫做了分离培养和接种试验。从榆木枯萎症状,病菌形态及接种后无死亡现象的结果表明,均与世界流行的荷兰榆病无相似之处。初步认为齐腹小蠹是导致榆树死亡的直接原因,而干旱为小蠹虫的滋生创造了有利条件。

关键词 白榆; 齐腹小蠹; 荷兰榆病

我国的白榆 (*Ulmus pumila*) 材质优良, 抗病性强, 特别是对世界流行的毁灭性病害——荷兰榆病 (Dutch Elm Disease 简称 DED) 具有高度抗病性。但近几十年来, 我国新疆、内蒙、山西、河南等地, 大面积白榆人工林和次生林出现零星或成片死亡。这种情况引起了国内外有关林病学家的关注。因为60年代后 DED 从欧洲向亚洲发展, 一旦传入我国, 社会影响及经济损失将是很严重的。为此, 国内外林病学家曾多次进行实地考察。本文是作者数年来对我国榆树死亡情况进行的野外调查、实验室和温室工作的总结。

一、材料和方法

(一) 调查时间、地点

1982年—1985年7月, 在新疆乌鲁木齐、玛纳斯、石河子、伊犁地区, 河南武陟县, 内蒙镶黄旗, 山西文水县等地, 设置50多块标准地, 对榆树次生林、人工林、防护林、行道树和“四旁”树进行多次死亡情况调查。

(二) 取样方法

采集270个试样, 观察木质部的变色特点。其中包括健康株、衰弱株、枯死株等标准木

本文于1988年2月11日收到。

- 1. 本试验得到新疆林业厅、林科所和河南武陟县林业局大力协助。2. 试验中承谌谟美先生帮助, 汪跃、杨瑞萍同志参加部分工作, 施锦林先生1984年参加部分接种工作。3. 承中国科学院动物研究所殷惠芬先生鉴定小蠹虫学名, 微生物研究所刘锡进先生审定部分真菌学名。在此一并致谢。

的树干和枯枝；在80多个树干和枝条横截面上，观察边材年轮处有无DED的典型症状——褐色环等。

(三) 小蠹虫和病榆组织的分离培养

1. 材料来源 采自新疆、河南、内蒙、辽宁、北京等省(区)市20多处榆树上的小蠹虫和木质部变色病组织。

2. 培养基种类 培养基种类主要有：2%水洋葱、PDA、麦芽浸膏蛋白胨琼脂培养基、Tchernoff改订的Zentmyer培养液(葡萄糖20g、L-天冬素2g、 KH_2PO_4 1.5g、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1g、 ZnSO_4 20mg、 FeCl_3 10mg、 VB_1 、 B_2 各1mg，蒸馏水1000ml)、榆枝粉末洋葱培养基和选择性培养基(即在上述固体培养基中加入100—200ppm/l放线菌酮和10ppm链霉素，其浓度分别为0.01—0.02%和0.1%)。

3. 分离方法

(1) 小蠹虫 采用稀释分离法。将虫子磨碎后，加灭菌水稀释，取不同浓度的稀释液或虫子碎块，放到培养基表面，置20—25℃下培养，1—4周后观察。

(2) 虫道和木屑 直接挑取虫道、树皮内皮层的菌丝体和束梗，或分离虫道组织及内皮层，在22—25℃下培养。

(3) 病枝、干 用75%酒精或10%漂白粉进行表面消毒，用消毒快刀削去树皮，露出木质部变色部分，切成小块置培养基上，在22—25℃下培养。

(四) 接种试验

在北京中国林业科学研究院试验苗圃内，进行两次接种，时间分别为1984年和1985年的5—7月。

1. 树种及菌种 接种试材有3种榆树苗木：中国白榆(*U. pumila*，又称河南白榆、新疆白榆)、北美榆(*U. americana*)、新疆大叶榆(*U. laevis*)。菌种采用*Fusarium sp.*、*Graphium penicillioides*、*G. putredinis* 3种。

2. 接种体制备 将各分离物提前培养在麦芽浸膏蛋白胨琼脂培养基上，置25℃下培养，7—10d后，取小块菌落，移入Tchernoff液体培养基中振荡培养2—3d，最后使其孢子浓度达 2.5×10^6 个/ml备用。

3. 接种方法

(1) 在榆苗的茎基、主茎、主梢或幼嫩枝上，用消毒小刀向下斜切至木质部，保持刀面不动。再用注射器或滴管吸孢子悬浮液2—3滴，滴入刀口处(或放菌块于伤口内)，然后轻轻移动刀面，使悬浮液进入伤口内，用湿棉球保湿培养。

(2) 用消毒快刀，按水平方向切入木质部内，使悬浮液随蒸腾流吸入植物体内。

(3) 钻孔到木质部，接种后保湿培养。

二、试验结果

(一) 调查结果

1. 榆树死亡特点 自60年代以来，我国白榆逐年发生死亡，由于立地条件、林分组成等不同，榆树死亡特点各异(表1)。

表 1 榆树死亡特点调查

调查地点	林分	树龄 (a)	高度 (m)	胸径 (cm)	立地条件	枯死特点	
新疆	玛纳斯林场	人工林	20	7—10	10—15	一般林地	成片
	玛纳斯林场	次生林	—	5—7	7—10	半戈壁	成片、顶枯
	玛纳斯林场	次生林	—	10—15	15—20	沙滩	成片、成群
	红山沟坡	人工林	20	5—10	10—15	卵石	成片
	石河子农八师	人工林	20	10	22	农田防护林	健康
新疆	阜康林场	次生林	—	10—20	20以上	水沟边	健康
	伊犁县	人工林	10	10—15	5—20	行道树	成群
	金泉公社	人工林	20	12	20	庭园四周	成群
	霍城治沙站	人工林	8	—	—	防风林	成片、成群
伊犁公园	人工林	20	7—13	8—20	绿化树	零星	
河南	武陟	人工林	10	8—10以上	7—15	河堤上	成群、零星
内蒙	镶黄林场	人工林	20	3—6	3—8	防风林	成群、零星

(1) 成片枯死 约有20—30株集中死亡。玛纳斯林场受害面积达50%左右。受害范围内成片枯死率为45.4%，枯死株高达95%以上，多数由次生林逐渐危及人工林，迫使该场改种其它树种。

(2) 成群枯死 约有5—20株集中枯死。人工林发生较严重，林中可形成枯死中心，并逐渐向四周发展。

(3) 单株零星死亡 在人工林、行道树、农田防护林和公园等地普遍发生，单株死亡是中心发病株。

(4) 枝条枯死 从顶枝或侧枝开始枯死，逐渐向全株发展。乌鲁木齐红山卵石沟的榆树，经1982年调查，枝枯率为42.3%，1984年调查，枝枯株几乎全部死亡。

2. 病株症状

(1) 外部症状 树冠顶端嫩枝受害，叶变黄绿色；主侧枝干枯或顶枯。严重时，整株叶萎蔫干枯卷缩，逐渐脱落。

(2) 内部症状 剥开病榆树皮后，在小蠹虫道的纵向，产生明显的黑褐色条纹或条块(图版 I-1,2)，但嫩枝却很少发生。据调查，277株病树上有37.5%以上枝、干内部有变色条纹。84株病树上，有63.1%的边材年轮处有褐色小斑点，但未连接成环(图版 I-4)。

在罹DED的病榆横断面的边材上，出现明显的褐色短条纹，并在几道年轮上连接成褐色环^[9](图版 I-3)。但在本项研究中，此典型症状未发现。

3. 有关因子对榆树生长的影响

(1) 小蠹虫 经调查发现，小蠹虫的危害是导致榆树枯萎的主要因子，出现不同的榆树死亡特点(表2)。幼树受害后，由于树液流出过多，生长衰弱，也易引起枯死。

DED主要通过小蠹虫传播。在欧洲有欧洲榆小蠹(*Scolytus multistriatus*，又称波纹棘胫小蠹)、大榆棘胫小蠹(*S. scolytus*)。北美有欧洲榆小蠹和北美榆小蠹(*Hylurgopinus rufipes*，又称榆绒根小蠹)，另外还有一些地方种^[9]。本研究中所采集到的小蠹虫主要有齐腹小

表 2

小蠹虫危害情况调查

调查地点	林分	调查地(块)	危害程度	危害特点
阜康林场、石河子农八师等	次生人工林	4	无虫	健康
新疆 玛纳斯林场、乌鲁木齐等	次生人工林	20	绕枝、干一周	枝枯至成片死亡
玛纳斯林场沙滩和半戈壁	次生林	2	虫少	生长良好或有生理枯枝
玛纳斯林场	人工林	2	虫多, 未绕一周	单株衰弱
新疆 伊犁、霍城察布察尔	人工林幼树	5	绕枝、干一周 虫多, 未绕一周	枝枯至成群死亡 单株衰弱至成群死亡
伊犁林科所	人工林	1	虫极少	健康
河南 武陟县	人工林	3	绕枝、干一周	枝枯至成群死亡
内蒙 镶黄旗	人工林	4	绕枝、干一周 虫多, 未绕一周	枝枯至成群死亡 单株衰弱

蠹(*S. scheryrewi*)和*S. phygmaeus*(为我国新记录)。到目前为止,尚未发现传播DED的欧美小蠹虫种。

(2) 干旱 这是使榆树衰弱或死亡的另一主要因子。新疆的榆树林,每年需浇灌5—6次水才能正常生长。玛纳斯林场的榆树林,因灌溉明显减少,地下水位降低,树势逐年衰弱,引起生理干旱而枯死。水肥条件较好的石河子农八师、阜康林场的榆树,生长健壮,而在伊犁地区,因雨量、土质等条件较好,榆树很少成片死亡。

(3) 腐烂病(*Cytospora ambiens*、*Cytospora pulchella*) 树皮内皮层解体似麻,木质部变褐腐烂引起枝枯或单株死亡。玛纳斯林场的次生林,察布察尔的人工林均有此病危害。山西文县农机厂的榆树主要为腐烂病致死。

(4) 虫害 木蠹蛾(*Cossus mongolicus*)、光肩星天牛(*Anoplopophora glabripennis*)、红足壮异蝽(*Urochela quadrinotata*)^[2]、糖槭蚧(*Parthemolecanium corni*)等害虫危害榆树,造成枯枝或单株死亡。食叶害虫也能引起榆树生长衰弱和死亡。

(5) 碱害 察布察尔平原林场的榆树,因受碱害,叶片边缘及枝干韧皮部变成红褐色,树势衰弱,并逐渐死亡。

综上所述,影响榆树生长的因素虽然很多,但小蠹虫的直接危害和干旱是导致榆树死亡的主要因子。19块林地的调查表明,以小蠹虫为主危害榆树的占63.2%,以干旱为主的占10.5%,其余因子均在5.2—10.5%。

(二) 分离培养试验结果

1. 分离菌株 从小蠹虫、虫道组织和病榆组织中分离的菌株,有粘束孢属的*Graphium putredinis*、*G. penicilliodes*(系按Corda在1937年和Huges在1958年的报道初步鉴定)^[6],还有镰刀菌(*Fusarium spp.*)、青霉菌(*Penicillium sp.*)和茅菌属(*Doratomyces*)等真菌。而从完全健康的榆树组织上,一般分离不出真菌(表3)。

从表3中可以看出,小蠹虫、虫道和木屑分离物上所获真菌多数是*G. putredinis*,而从

表 3 小蠹虫、虫道、病榆、健榆组织分离培养结果

分离物	来源	分离组织 (块)	菌落数							
			<i>F. spp.</i>	(%)	<i>G. putredinis</i>	(%)	<i>G. penicilliodes</i>	(%)	<i>Penicillium sp.</i>	(%)
小蠹虫	新疆伊犁	104	44	42.3	5	4.8	2	1.9	5	4.8
	新疆玛纳斯、乌鲁木齐	234	96	41	6	2.6	0	0	22	9.4
	河南武陟	117	50	42.7	25	21.4	0	0	15	12.8
	总计	455	180	39.6	36	7.9	2	0.4	42	9.2
虫道和木屑	新疆	247	100	40.5	29	11.7	0	0	20	8.1
	内蒙古	45	3	6.7	0	0	0	0	23	51.1
	河南	36	18	50	5	13.9	1	2.8	0	0
	总计	328	121	36.9	34	10.4	1	0.3	43	13.1
病榆组织	新疆	235	70	29.8	2	0.9	12	5.1	6	2.6
	内蒙古	90	15	16.7	0	0	0	0	37	41.1
	河南	126	102	81	5	4	8	6.3	0	0
	总计	451	187	41.5	7	1.6	20	4.4	43	9.5
健榆组织	新疆	24	0	0	0	0	0	0	0	0
	新疆阜康林场	54	0	0	0	0	0	0	0	0
	内蒙古	20	0	0	0	0	0	0	0	0
	河南	80	5	6.3	0	0	0	0	6	7.5
	总计	178	5	2.8	0	0	0	0	6	3.4

病组织上分离的多为 *G. penicilliodes*。试验还进一步表明, 虽地区不同, 但分离结果仍然一致。

2. 病原菌形态特征

(1) DED 病原菌特征 据文献记载^[9], 引起 DED 的病原真菌是属于子囊菌纲, 球壳菌目, 长喙霉属, 榆长喙壳菌 (*Ceratocystis ulmi*, 异名为 *Ceratostomalla ulmi*、*Ophiostoma ulmi*), 该菌有四种孢子类型:

发簇孢属 (*Sporothrix*), 直接由菌丝长出分生孢子梗或短侧枝, 并在顶端的短小锯齿上长出分生孢子, 即合轴孢子。

粘束孢属 (*Graphium*), 孢梗束黑褐色, 分生孢子梗着生在其顶端, 分生孢子群集中于乳白色的粘液团中。1973年, Grane 和 Schoknocht 将 *Sporothrix* 和 *Graphium* 合并为 *Pestrum ulmi*^[7], 其无色分生孢子梗顶端有短小舌齿产生合轴孢子, 楔形、倒卵形、基部平截或圆形, 孢子大小 $2-5 \times 0.8-1.2 \mu\text{m}$ 。文献中对 *Pestrum* 和 *Graphium* 孢子梗特点明显加以区别 (图版 I-5-6), 但在目前资料中 DED 的无性世代仍用 *Graphium* 属名。

其他两种类型为拟酵母孢子和子囊孢子。

(2) 分离菌株形态特征 在 PDA 培养基上, *G. putredinis* 为黑褐色同心圆菌落, 菌丝极少, 平铺, 基质上长出的褐黑色束梗, 长 $268-737 \mu\text{m}$ 。分生孢子梗着生在其顶端, 有环痕 (图版 II-10-12), 分生孢子群集中于头部液滴内, 呈黑色。分生孢子楔形或椭圆形, 顶圆基部平截、无色、单胞、大小 $4.4-9.6 \times 2.9-3.8 \mu\text{m}$ 。 *G. penicilliodes* 菌落淡黄绿色, 后期气生菌丝呈根状菌索, 上面布满黑褐色束梗, 一般从基质上长出。束梗长 $166-465 \mu\text{m}$, 有明

显青霉状分枝(图版 I 7)。分生孢子梗有环痕(图版 I-8-9),分生孢子群集于乳白色的粘液团中。孢子无色、单胞、肾形、略弯,大小 $3.15-5.25 \times 1.9-2.1 \mu\text{m}$ 。该属主要特征与 DED 病菌 *Pestrum* 极不相似(表 4)。

表 4 分离菌株与荷兰榆病病菌形态特征比较

形态特征	种	<i>G. putredinis</i>	<i>G. penicilliodes</i>	<i>Pestrum ulmi</i>
束梗分枝情况		无青霉状分枝	青霉状分枝	无青霉状分枝
孢子梗特点		有分枝、环痕式结构	青霉状分枝、环痕式结构	有分枝、齿舌状结构
产孢方式		环痕式	环痕式	合轴式

从表 4 中可看出,分离菌株的形态特征与 DED 病原菌有明显的不同。对 *G. penicilliodes*, 魏景超曾记载于榆树的树皮及木材上^[1]。Sutton, B. C. 等也曾报道,发生在美国榆上^[6]。

分离菌株 *Graphium* 在液体培养基中,可产生芽殖孢子,但在病榆上未见有性世代。

根据调查及分离到的菌种情况来看,目前这几种真菌都不是引起 DED 的病原真菌。

(三) 接种试验结果

1982年7月,用在新疆伊犁采集到的齐腹小蠹上分离到的 *F. sp.* 和 *G. penicilliodes* 菌种,在玛纳斯林场和伊犁林科所,进行了少量田间接种 1—2 年生苗木试验,经 4 个月检查,在接种点的边材上出现细条纹,长度可达 2—14 cm 左右,但个别对照株也有少量变色。

1984—1985年,又进行了两次接种试验。第一次采用菌种 *G. putredinis* 和 *G. penicilliodes*, 分别接种在 4—5 年生河南白榆上。经半年后检查表明(表 5)在接种点上下,边材普遍变色,有的直达心材(图版 II-13, 15),变色条纹长约 2—15 cm 左右,各处理的颜色基本相似。横断面上在边材和心材之间有部分褐变,有的呈褐色锥形小块(图版 II-14),而对照一般无变化,有时在个别接种点上也有轻微变色。第二次采用菌种 *G. putredinis*、*G. penicilliodes*、*F. sp.* 和 *F. sp.+G. putredinis*, 接种于 1—2 年生北美榆、新疆白榆、3 年生新疆大叶榆等苗木上。6 个月后检查(表 5),所产生的症状与第一次接种基本相似,(图版 II-17, 18),仅颜色比第一次接种的浅。而接种 *F. sp.* 后,有的接种点出现明显的变色条块(图版 II-16)。

通过田间盆栽苗木的接种试验可以看出:

(1) 不同菌种接种不同的榆树,其边材均可产生变色现象,仅条纹的长度、宽度和颜色深浅不同而已,但都不发生榆树衰弱和枯萎症状。

(2) 即使认为是最感病的北美榆及新疆白榆幼苗(包括新疆大叶榆),接种后,边材变色较浅,苗木生长良好。根据文献报道^[3,4],DED 接种后,一般两星期左右可出现变色或枯萎现象。

为进一步探明接种后榆树边材变色的原因,又将变色组织再分离,从表 6 可见,所得真菌仍然是接种菌。

表 5 接种后榆树边材变色反应

接种年份	榆树名称	菌种	接种株数	接种点数	变色点数	变色率 (%)	边材变色反应
1984	河南白榆	<i>G. putredinis</i>	27	35	35	100	接种点上下黑色条纹多, 浅褐色条块直达心材
		<i>G. penicilliodes</i>	15	26	26	100	同上
		对 照	5	8	1	12.5	极个别点略有变色
1985	北美榆	<i>G. putredinis</i>	39	97	71	73.2	黑褐色条纹或条块长0.5—3cm以上
		<i>G. penicilliodes</i>	20	42	28	66.7	褐色条纹长0.5—3cm以上, 浅褐色条块直达心材
		<i>F. sp.</i>	7	10	10	100	褐色条纹长3cm以上
		<i>F. sp. + G. putredinis</i>	8	8	8	100	黑色条纹或条块1—3cm以上
		对 照	12	19	0	0	无变色, 个别点略淡, 褐色
	新疆白榆	<i>G. putredinis</i>	11	32	27	84.4	褐黑色条纹长0.5—3cm以上
		<i>G. penicilliodes</i>	10	41	37	90.2	褐色条纹长0.5—3cm以上
		<i>F. sp.</i>	5	11	10	90.9	黑褐色条块或条纹长2cm以上
		<i>F. sp. + G. putredinis</i>	5	10	8	80	黑褐色条块或条纹2—3cm以上
		对 照	5	15	0	0	个别点略淡褐色

表 6 接种株分离培养结果

树种名称	接种菌种	分离组织块数	菌落数					
			<i>F. spp.</i>		<i>G. penicilliodes</i>		<i>G. putredinis</i>	
				%		%		%
河南白榆	<i>G. putredinis</i>	144	0		0		39	27.1
	<i>G. penicilliodes</i>	114	17	14.9	21	18.4	0	
	对 照	30	0	0	0		0	0
北美榆	<i>G. putredinis</i>	157	3	1.9	0		19	12.1
	<i>G. penicilliodes</i>	77	3	3.9	5	6.5	0	
	<i>F. sp. + G. putredinis</i>	55	32	58.2	0		16	29.1
	对 照	36	4	11.1	0		0	
新疆白榆	<i>G. putredinis</i>	39	5	12.8	0		12	30.8
	<i>G. penicilliodes</i>	39	13	7.7	2	5.1	0	
	<i>F. sp.</i>	14	6	42.9	0		0	
	<i>F. sp. + G. putredinis</i>	16	7	43.8	0		4	25
	对 照	16	0		0		0	

三、讨 论

本项研究表明, 我国榆树枯萎主要是齐腹小蠹严重危害和干旱所致。病榆上不产生典型的 DED 症状。分离菌株是 *G. putredinis*、*G. penicilliodes*、*F. sp.* 和 *Daratomgces* 等真菌。经接种, 榆树不发生任何枯萎。这类真菌可能是变色菌。但榆树木质部变色, 也可能是植物本身的生理化学反应。对某些现象, 尚需进一步探讨。

据报道 DED 遍及欧美各国, 并有向亚洲发展的趋势。按地理位置及昆虫区系分析,

DED传入中国是有其潜在的危險性。该菌是否以弱菌系存在或处于生态平衡的状态？尚不得而知，但作者至今并未分离到引起DED的病原菌——*Pestrum ulmi*。

从该病在国外造成的危害性来看，应引起注意和重视，要加强对外检疫，以防止病害传入。同时，应加强培育管理，提高榆树的抗病虫能力，预防病害的发生。

参 考 文 献

- [1] 魏景超, 1979, 真菌鉴定手册, 上海科学技术出版社, 601.
- [2] 孟常孝等, 1986, 白榆死亡原因调查, 森林病虫通讯, (3), 33—34.
- [3] Smalley, E. B., 1963, Seasonal fluctuations in susceptibility of young elm seedlings to Dutch elm disease, *Phytopathology*, 53, 846—853.
- [4] Roberts, B. R., 1966, Transpiration of elm seedlings as influenced by inoculation with *Ceratocystis ulmi*, *Forest Science*, 12(1), 44—47.
- [5] Sutton, B. C. et al., 1970, *Graphium penicilliodes* on American elm in Manitoba and Saskatchewan, *Bi-Monthly Res. Notes Can. Forest Serv.*, 26, 25—26.
- [6] Ellis, M. B., 1971, *Graphium*, *Dematiaceous Hyphomycetes*, 333—335.
- [7] Crane, J. L. and Schoknecht, J. D., 1973, Conidiogenesis in *Ceratocystis ulmi*, *Ceratocystis piceae* and *Graphium penicilliodes*, *Amer. J. Bot.*, 60(4), 346—354.
- [8] Sinclair, W. A. et al. (Eds.), 1978, Dutch elm disease Perspectives after 60 years, *Search Agriculture*, 8(5), 1—52.
- [9] Stipes, R. J. et al. (Eds.), 1981, *Compendium of elm disease*, the American Phytopathological Society.

INVESTIGATION ON THE DEATH REASON OF ELMS AS WELL AS DISCUSSION ON THE EXISTANCE OF DUTCH ELM DISEASE IN CHINA

Liu Huizhen

(The Research Institute of Forestry CAF)

Abstract

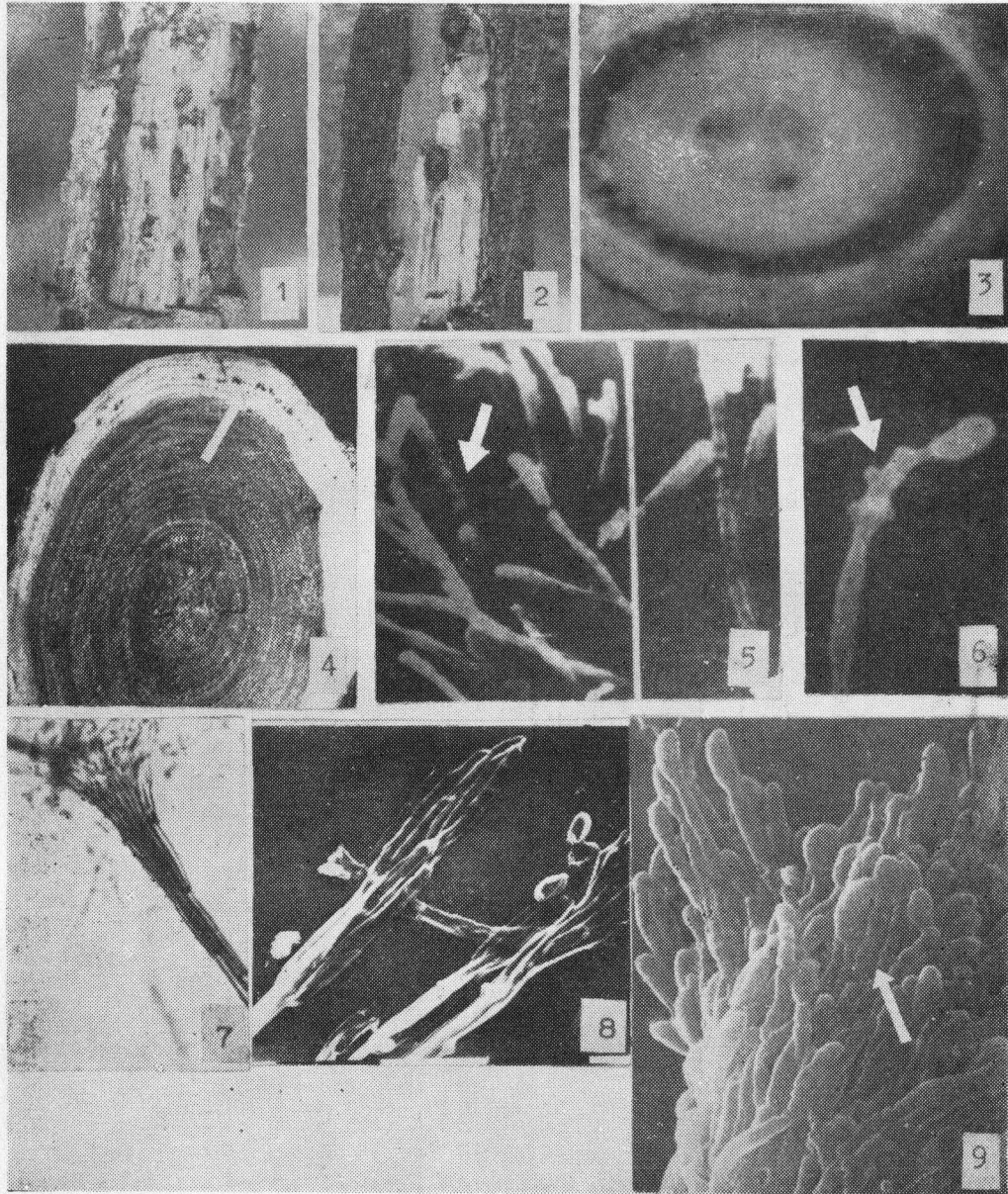
Since the 1960's, a lot of elms, *Ulmus pumila* have been killed in Xing-jiang, Henan, Shanxi, Inner Mongolia and other provinces in China.

During 1982—1985, samples of dead elms were collected from a number of plots in plantations and coppice forests. Repeated isolations of the discolored sapwood tissue and bark beetles (*Scolytus scheryrewi*, *S. pygmaeus*) as well as the inoculations with these isolated fungi were conducted.

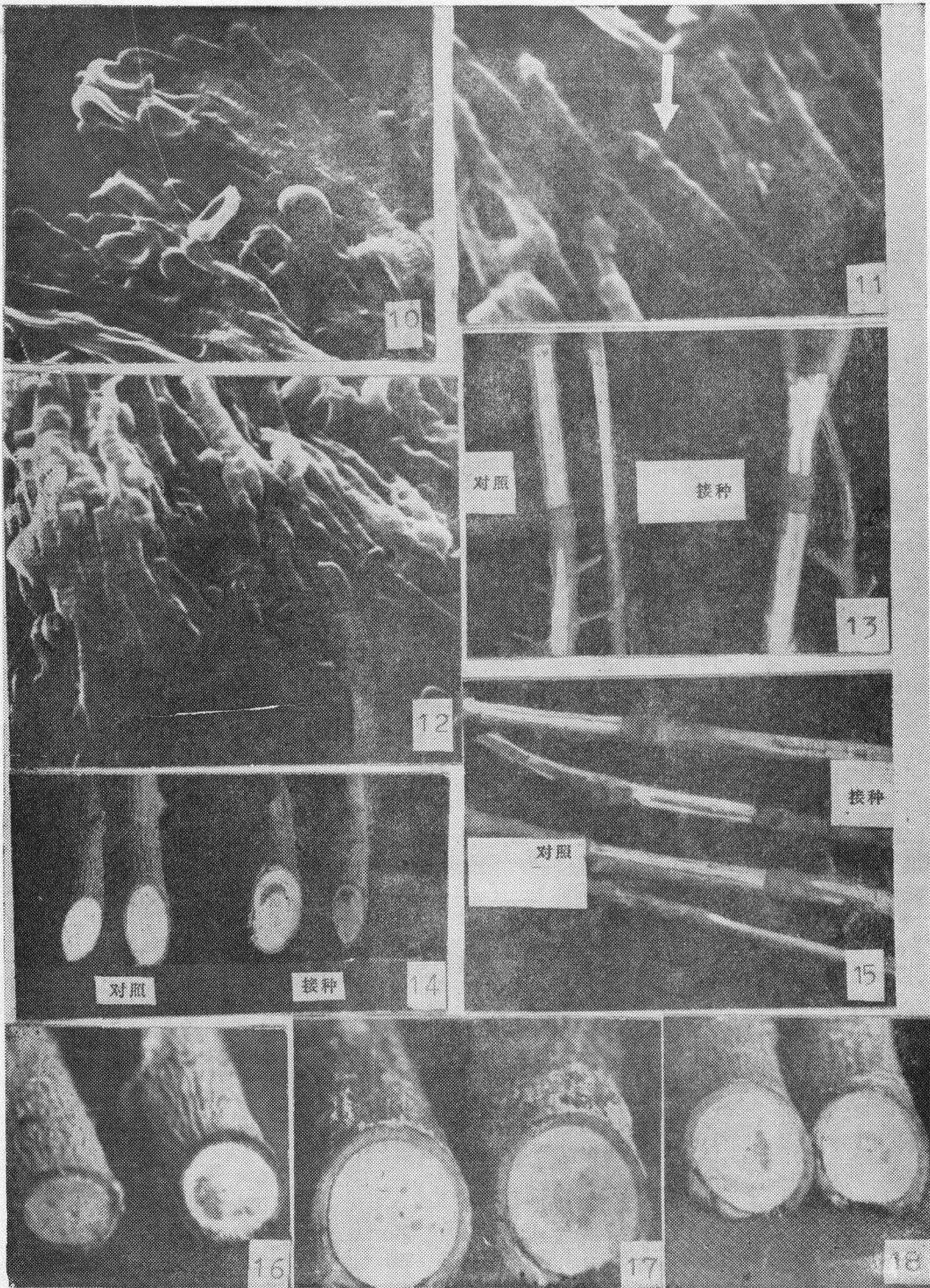
The results showed that not only the symptoms on cross sections of the dead elm wood but also the morphology of the fungi were different from those caused by Dutch elm disease.

Besides, it is supposed that the major reason for the death was the infestation by the bark beetles and drought was favorable for their reproduction.

Key words: *Ulmus pumila*; *Scolytus scheryrewi*; Dutch elm disease



1—2. 病榆外边材变色条纹；3. DED 榆木横截面症状；4. 枯死白榆横截面症状；5. *Graphium Penicillioes* 分生孢子梗环痕状(2199 \times ，电镜)；6. *Pestrum ulmi* 分生孢子梗锯齿状结构(4148 \times ，电镜)；(5—6. 取自参考文献 8)；7. 分离菌株 *G. Penicillioes* 束梗青霉状分枝；8—9. *G. Penicillioes* 分生孢子梗环痕(3100 \times ，电镜)；



10—12. *G. Putredinis* 分生孢子梗环痕(3100×, 7050×, 电镜); 13. *G. Penicilliodes* 接种河南白榆外边材变色症状; 14—15. *G. Putredinis* 接种河南白榆外边材变色症状及横截面症状; 16. *Fusarium sp.* 接种新疆白榆横截面症状; 17. *Fusarium sp.* + *G. Putredinis* 接种北美榆横截面症状; 18. *G. Penicilliodes* 接种北美榆横截面症状。