

编号: 0156

内 部

科学技术成果报告

棉花枯、黄萎病综合防治研究

科学技术文献出版社

目 录

前言	(1)
一、棉花枯、黄萎病在我国的分布、传播和危害	(2)
(一) 分布	(2)
(二) 传播	(3)
(三) 危害	(8)
二、棉花枯、黄萎菌的种和生理型的鉴定研究	(9)
(一) 棉花枯萎病菌的种和生理型	(10)
(二) 棉花黄萎病菌的种和生理型	(17)
三、棉花枯、黄萎病危害消长的因素	(23)
(一) 温度和湿度	(24)
(二) 棉株生育阶段	(25)
(三) 土壤状况与耕作栽培条件	(27)
四、寄主范围	(34)
五、我国棉花抗病育种研究工作及其成就	(37)
(一) 五十年代的抗枯育种研究	(38)
(二) 六十年代的抗枯育种研究	(39)
(三) 七十年代的抗枯育种研究	(42)
(四) 我国棉花抗黄萎病和兼抗枯、黄萎病的育种研究	(47)
(五) 抗病品种的防病效果	(50)
(六) 抗病育种的理论研究	(51)
六、有关棉花枯、黄萎病基础理论的研究	(52)
七、棉花枯、黄萎病的综合防治	(58)
八、讨论	(66)
主要参考文献	(68)

棉花枯、黄萎病综合防治研究

中国农业科学院植物保护研究所 陈其煊

前 言

棉花枯萎病和黄萎病是世界性的危险病害,自1891年美国在亚拉巴马州第一次报道棉花枯萎病,1914年也是美国在弗吉里达州第一次报道棉花黄萎病,半个多世纪以来,这两种病害不仅广泛蔓延至整个美国棉花带,也在世界各主要植棉国相继发生危害。棉花枯萎病曾经在埃及和印度猖獗,摧毁过一些棉区;苏联中亚各植棉共和国由于棉花黄萎病的危害,已导致五次棉花品种大更换。美国每年因棉枯萎病损失皮棉在210万担以上,苏联也因黄萎病危害每年损失皮棉达320万担。在国外,棉花枯萎病发生在亚洲的印度、巴基斯坦、缅甸、伊拉克、老挝和日本;非洲的埃及、刚果(布)、扎伊尔、埃塞俄比亚、加蓬、乍得、中非、乌干达、南非、苏丹和坦桑尼亚;北美洲的美国和加拿大;南美洲的阿根廷、巴西、秘鲁、乌拉圭、委内瑞拉、圣文森特岛以及欧洲的英国、法国、希腊、意大利、南斯拉夫和苏联等。棉花黄萎病则遍布于秘鲁、巴西、乌干达、刚果(布)、希腊、保加利亚、苏联、土耳其等国,而在苏联的危害最重。关于棉花枯、黄萎病在全世界所造成的损失,未见统计数字,估计是相当可观的,到目前为止,许多国家都把棉枯萎病和黄萎病列为检疫对象,并每年都投入大量人力和经费从事这两病害的研究,寻求有效的防治方法和对策,因为它们对于棉花生产的威胁远远没有解除。

我国的棉花枯、黄萎病发生情况,在三十年代已有报道。由于引种美棉未经检疫和消毒处理,在国内逐年蔓延扩展,1931年冯肇传首先报告华北地区有棉花枯萎病,1934年黄方仁在江苏南通报道发现棉花枯萎病,1936年沈其益也报告在南京、上海有棉花枯萎病,这是我国棉花枯萎病危害的最早资料。棉花黄萎病是因1935年自美国南罗加林那州购进斯字棉4B棉种42000磅,未经种子处理即分发给陕西、泾阳、三原、山西运城、临汾、山东高密、河南安阳,河北定县各地种植,随即在这些地区发现棉花黄萎病,以后又随着这些种子的繁殖、调运,逐步扩展到全国各主要棉区,成为我国棉花生产中的严重问题之一。

我国科学工作者及广大贫下中农,在解放前就对这两种棉花病害开展了防治和研究工作,但作为棉花生产中的重要问题,有组织的进行研究,是在建国以后,尤其是1972年全国棉花枯、黄萎病综合防治研究协作组成立以后,在中央农业部,中国农业科学院及各有关省(市、自治区)领导部门的领导和支持下,组织广大棉区的230多个科研、教学、生产单位,分工合作,大力协同,统一计划,协作攻关,取得了可喜的成绩。1978年这一研究曾获得全国科学大会的奖励。本文是全国棉花枯、黄萎病综合防治研究协作组多年辛勤劳动的初步总结,引用了各协作单位的主要成果,并相应的参考了解放前和国外一些有关资料,因此,如果这份材料对于读者有所启发和帮助,首先应该归功于热心参与棉花枯、黄萎病综合防治研究协作的领导干部、广大科技工作者和贫下中农。

在撰写过程中，中国农科院棉花研究所孙善康、项显林同志提供有关抗病良种的资料与株型照片，四川省射洪县农业局植保植检站杨荣生同志借阅有关早期研究资料，中国农科院棉花研究所李成葆同志和姚耀文同志、北京农业大学李庆基同志以及本所棉病组同志提出不少宝贵意见，统在此说明并致谢忱。

由于作者思想和业务水平不高，而协作研究的内容又是这样丰富，加以成稿时间仓卒，缺点错误在所难免，殷切盼望读者给予批评、指正。

一、棉花枯、黄萎病在我国的分布、传播和危害

(一) 分 布

三十年代至四十年代棉花枯、黄萎病传入我国初期，还只局限于引种美棉的局部地区。如江苏的南通、启东、南京，上海，陕西的泾阳、三原、渭南，山西的运城、临汾以及河

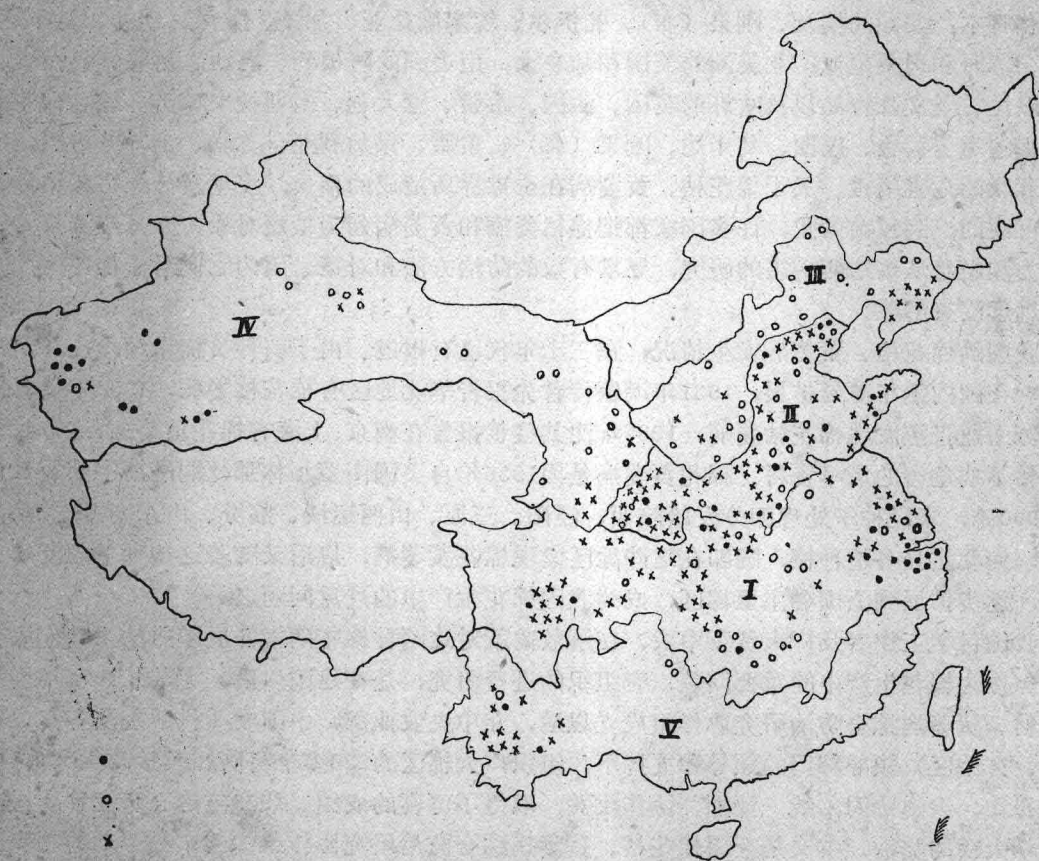


图1 我国棉花枯、黄萎病分布示意图

I. 长江流域棉区，II. 黄河流域棉区，III. 特早熟棉区，IV. 西北内陆棉区，V. 华南棉区。图中·示枯萎病区，○示黄萎病区，×示混生病区。

南、河北、山东、四川、云南的少数地区。以后随着这些棉种的繁殖、调运和推广，病区逐步扩大，发病也日趋严重，至解放初期调查，棉枯萎病已扩展及9个省，其中有陕西渭惠灌区由兴平至咸阳一线和泾惠灌区的局部地区，山西曲沃、临汾一线，四川涪江流域两岸的射洪、三台等县，江苏的南京、南通、启东，上海，辽河流域的盖平、营口以及河南栾川，安徽肖县，浙江慈溪，云南宾川，河北正定等地。棉花黄萎病发病达12个省，主要分布于我国北部各棉区的灌溉地与河滩地，旱地较少。黄河流域棉区以陕西关中一带发病普遍而严重，河北省主要集中于唐山地区各县，山西沿汾河流域北起太原、南至芮城大部分县都有不同程度的发生。河南、山东局部地区发病，辽河流域则以辽阳、盖平、海城、黑山等县较重。西北内陆棉区主要发生在甘肃局部地区 and 新疆北疆各植棉县。长江流域棉区则有四川的仁寿，安徽的宿松、东至、和县，江苏的射阳、睢宁、丰县、沛县、东台、大丰、丹阳等地，华南棉区主要分布在云南宾川等县。

解放后30年来，随着我国棉区的不断扩大，棉种调动频繁以及耕作制度的改革，检疫和种子处理、防治工作没有跟上等原因，棉花枯、黄萎病的蔓延加快了，危害也加深了，截至1978年历年的调查统计，棉花枯、黄萎病已遍及辽宁、河北、山西、陕西、甘肃、新疆、宁夏、四川、云南、贵州、河南、湖北、湖南、山东、安徽、江苏、浙江、江西、北京、天津、上海等21个省（市、自治区）、除江西、浙江为枯萎病区，甘肃、贵州为黄萎病区外，其他17个省（市、自治区）都是枯、黄萎病混生区，发病面积达858万亩以上，占调查统计面积的12%（见图1）。

（二）传 播

棉花枯、黄萎病远距离的传播，是借助于附着在种子上的病原体。据调查，四川省于1942年棉枯萎病仅在三台县东山乡有发病棉田0.45亩，以后逐年向涪江下游各县扩展，至1952年，发病面积已达24,000余亩，10年间扩大5万倍。1950年在四川射洪县紫云乡天元桥附近，发现有枯萎病棉田约3亩，1957年全县扩展达17,000余亩，5年间扩大5600余倍，发病面积占当年全县棉田面积的10.8%，损失皮棉67,800斤。江苏常熟县1963年全县仅在碧溪公社12大队第3生产队发现棉枯萎病株7株，1965年发展达112亩，1973年又扩展达64,500亩，占全县植棉面积的31.16%，1974年的病田面积又猛增为棉田总面积的61.2%，仅12年的时间，即由零星病田变为重病田。北京市1965年前未见棉枯萎病，1965年自山西曲沃调入徐州209棉种50万斤，传入枯萎病，1966年即有4个生产队发病，当时面积不足100亩，到1973年调查，发病面积已达36,420亩，占北京市棉田总面积的12.6%，其中重病田有17,166亩，轻者减产10%，重者减产50%，成为棉花生产的严重威胁。

棉花黄萎病主要发生在黄河流域棉区、特早熟棉区及西北内陆棉区。在长江流域，只有四川的仁寿、云南的宾川、开原及江苏丹阳、沛县等少数地区发生。北方棉区以唐山地区为重，1953年调查，发病率为60%左右，最重的达100%，唐山地区以丰南、丰润尤为严重，仅丰南一县损失即达23%以上。河北省的邯郸地区、石家庄地区、保定地区1951年只有零星病株发现，以后都逐年扩大。前华北农科所于1951年在山西太原调查了22个县，发病很少，1962年已扩展达36个县，发病率平均为20—30%。据1953—1954年前华东农科所在山东高密等县调查，1953年只在辛庄、大屯以及蓼南县的亭口、塔西坡等地发现棉黄萎病田18块，合计为38.96亩，1954年增至137.2亩，一年间扩展了3.5倍。

关中棉区是个很好的棉区，产量高，品质好，素有“棉花宝库”之称，1952年调查，在

400亩棉田中发病达120亩，占30%，至1954年调查，在关中灌溉区及渭河两岸冲积地的棉田发病率达60%以上，发病面积90%以上，损失约达三分之一。

东北特早熟棉区，南至旅大、北至朝阳的15个县（市）都有发生，其中以辽阳、盖平、黑山等老棉区发病最重。

新疆棉区历史很久，但黄萎病的发生调查、记载不详，据1957—1963年在南、北疆及吐鲁番、鄯善、托克逊盆地调查，发现有黄萎病，1964年进行普查，黄萎病发病面积达90,810亩，占调查面积的44.64%，以北疆的乌苏、沙湾及玛纳斯河流域发病最重，吐、鄯、托盆地次之，南疆棉区发病较轻。

我国棉花枯、黄萎病的发展，大致经过了三个阶段，以陕西为例：1955年以前，棉田以棉黄萎病危害为主，当时黄萎病田块占发生棉枯、黄萎病总面积的66%，枯、黄萎病混生田块，占发病总面积的21%，枯萎病发病面积，只是少数。1956—1960年，病田逐步转变为枯、黄萎混生为主，枯萎病逐渐多于黄萎病。至1973年调查，枯萎病已上升为主要病害。如咸阳地区14个县都普遍发病，面积达786,000亩，其中枯萎病496,000亩，占发病面积的63%，黄萎病74,000亩，占9%，枯、黄萎混生面积为215,000亩，占27%，与五十年代枯、黄萎病的发生情况，成为明显的对比。这一情况在全国是有代表性的，河北、河南、山东等省，也都有类似情况。

就各地枯、黄萎病的分布情况，是很不平衡的，从省（市、自治区）的范围来看，发病地区仍然是属于局部的；从县、市来看，也不是病害普及全县、全市，而是集中在一些公社或生产队，其他社、队则属零星发生或无此病。但总的有这样一个趋势，即老棉区的病田多、发病重；集中种植的棉田发病多，发病重；灌溉棉田的病情又较一般棉田发病多，发病重，这同棉枯、黄萎病菌的土壤习居习性有密切关系。而新棉区则发展速度快，种子传病控制不严，是造成这些棉区发病的主要原因。

1. 种子带菌的传播

在自然情况下，新棉区的土壤中没有棉枯萎菌和黄萎菌，从病区调入种子或使用带菌的棉籽饼和带菌肥料等，是病菌传播的来源。例如陕西宝鸡新棉区是自山东调种后，枯萎病逐年发展严重的；河南淇县棉花枯萎病是由于1969年大量调入岱字棉15号棉种后发生的。据尹莘耘调查，棉花黄萎病远距离的传播，证明是由种子调运所致。如河北省的南宫、晋县等老棉区，有几十年种植棉花的历史，但从未发现黄萎病，只是在引种美棉以后，黄萎病开始蔓延危害，说明种子传病的事实。河南洛阳有一百余年的植棉历史，而发生黄萎病的历史只有30多年，也是由于引进棉种传入的。

棉花种子携带枯、黄萎菌的研究，国内外都有报道。关于棉种带枯萎病菌的最早研究，是1923年Elliot证实的，其后Taubenhaus等在1929年至1931年逐年分离研究了感染枯萎病棉株上的种子，也证明种子可以携带枯萎病菌，其平均率为5.01%，并指出各不同的品种和不同的年份，所带菌量不同。苏联学者所作的解剖试验，认为枯萎病株的种子带菌只是种皮部分，种仁（胚）不能带菌，因为种皮的导管与植株输导系统直接连通，病菌在植株内形成的裂殖子（或分裂子）其体积小于小型分生孢子，量度不超过2微米，因此，裂殖子可以通过输导系统进入种皮而不能进入胚部，因为胚是单独形成的闭塞的输水系统，与母体相分离。但事实上，在种子外部短绒上，种壳组织内以及内种皮组织中带有枯菌病菌的事实是不容忽视的。1972年江苏省农科院分离了南通三余棉花原种场二、三级病株棉种带菌的结果，发现在种壳，子叶和胚根都带有枯萎菌（见表1），其中以子叶部分带菌率较高，肯定了棉种子

表 1 棉种各部分携带枯萎病菌情况

棉 种 各 部 分	二、三级病株的棉花种子	
	供试种子数(粒)	带菌率(%)
种 壳	1423	0.28
子 叶	1355	0.59
胚 根	1291	0.31

内部带枯萎菌的事实。

中国农科院植保所1964年自辽宁棉麻所采收棉枯萎病株种子720粒,播后出现病株1株,发病率为0.14%;1971年江苏农科院对常熟碧溪公社12大队第3生产队4,740粒种子做分离,带菌率为0.101%;1975年中国农科院植保所分离河南新乡王屯大队病株棉籽3160粒,带菌率为0.15—2.68%;1978年分离陕西泾阳三渠大队病籽150粒,带菌率为6.6%。中国农科院棉花所1973年主持的全国棉花种子消毒联合试验,在9个地区无病地里种植病株棉籽,无例外的都发现了枯萎病株,发病率达0.5—3%。

从1974年开始,中国农科院植保所进一步研究了棉种带菌问题,据对8350粒种子分离结果,仅镰刀菌即有8种,出现频率较多的有半裸镰刀菌(*Fusarium semitectum* Berk. & Rav.),木贼镰刀菌(*F. equiseti* (Carda.) Sacc.),串珠镰刀菌(*F. moniliforme* Sheldon),茄病镰刀菌(*F. solani* (Mart.) Sacc.),尖孢镰刀菌(*F. oxysporum* schl. f. sp. vasinfectum (Atk.) Synder & Hansen.) (作者称为类型I)及尖孢镰刀菌芬

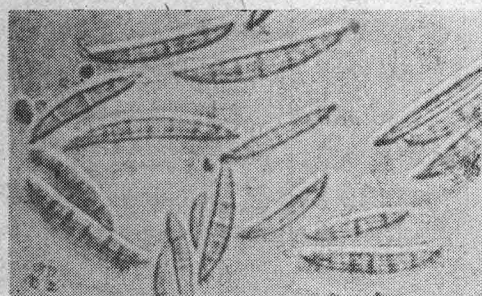


图2—1 半裸镰刀菌显微照相

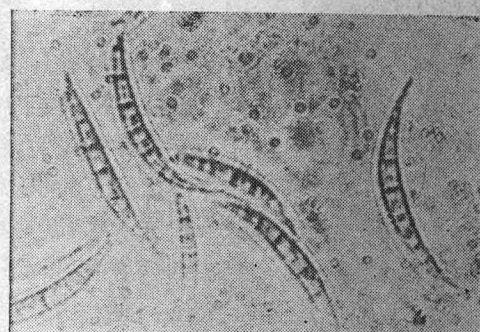


图2—2 木贼镰刀菌显微照相



图2—3 串珠镰刀菌显微照相

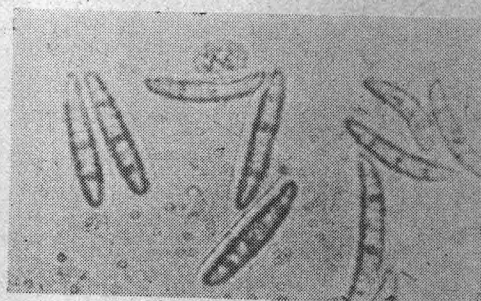


图2—4 茄病镰刀菌显微照相



图2—5 尖孢镰刀菌显微照相



图2—6 尖孢镰刀菌芬芳变种显微照相

芳变种 (*F. oxysporum* schl. var. *redolens* Gordon.) (作者称为类型Ⅱ)。见图2, 照片1—6。

有时, 在棉籽上也带有拟枝孢镰刀菌 (*F. sporotrichioides* sherb.)、禾谷镰刀菌 (*F. graminearum* Schwabe.)、以及燕麦镰刀菌 [*F. avenaceum* (Corda ex Fr.) Sacc.] 等, 但数量不多, 出现的频率也不高。

1976年和1977年在湿室中以6种镰刀菌作棉株接种试验, 证明除尖孢镰刀菌 [*Fusarium oxysporum* schl. f. sp. *vasinfectum* (Atk.) Snyder & Hansen] 和尖孢镰刀菌芬芳变种 [*F. oxysporum* Schl. *redolens* (Wr.) Gordon] 两种外, 其他各菌均不能侵染棉花。

根据以上调查研究资料, 棉花种子内、外部均可携带枯萎菌, 但各地、各年棉籽带菌数量不同, 其幅度自0.01%至6.6%不等, 但总的看来带菌率不高, 一般生产种子的带菌率不超过0.2%。曾有资料报道棉花种籽带枯萎菌的带菌率高达17.8—46.8%, 可能没有仔细鉴定这些镰刀菌是否全系致病菌? 因此, 这一结果还颇值得商榷。

棉花种子携带黄萎病菌的问题, 也是肯定的, 一般情况下, 在病株的铃柄、花托及囊轴部分都容易分离到黄萎菌, 而从种子内部分离病菌孢子则很难, 但使用切片方法, 可以观察到维管束及胚轴内均有孢子存在。切片的方法是用5% KOH 将组织处理后放在乳酸内软化, 然后夹在通草中作徒手切片, 把切下的组织放在3% KOH 中加热, 用水冲洗5—7次, 用苯胺兰染色2—5分钟, 再以清水漂洗, 在乳酸中加热以除去组织中的颜色, 则可以见到其中的孢子, 在幼嫩棉铃中也可分离到黄萎病菌孢子, 但百分率不高, 在成熟的棉铃中则更少, 一般不超过0.3%。

据陈吉棣等研究: 1964—1966年自严重病株第1—3果枝, 第1—2果节处选收铃柄基部维管束显著变褐的成铃共362个, 仅在1966年155个铃内5063粒种子中, 有3粒长出微菌核, 带菌率为0.06%, 3年共分离种子11,505粒, 平均内部带菌率不大于0.026%。

在田间及室内青铃注射接种和初裂铃灌注接种, 成受害严重程度, 种子内部带菌率幅度为0.91—70.4%。作者认为: 棉花黄萎病菌主要附着在棉种外部短绒上, 外部带菌率的高低, 取决于絮期雨水多少和田间病原及混入种子的病原残体数量。

使用病田返回的带菌冷榨棉籽饼做肥料, 也是种子传病的又一方式, 在棉枯萎病方面发现的例证不少。在国外, 坦桑尼亚的Wickens, G. M. 于1964年提出, 当地棉花种子枯萎菌带菌率高达11—46%, 即使限制这些带病种子调运而由于没有限制榨油用的病区种子的棉子壳和冷榨加工后的棉籽饼作为肥料外运, 从而造成棉花枯萎病的扩展蔓延。我国也有相同事例, 河南安阳张家庄大队以及安阳中国农科院棉花研究所南场, 因自陕西运进冷榨加工的带

菌棉籽饼做肥料而传入枯萎病，与前所述属于同一类型。

2. 粪肥带菌的传播

棉花枯萎菌可以通过猪、牛的消化道而不丧失其致病力，因此，用带菌的棉花病叶、病秆喂猪，或以带菌的棉籽壳喂牛，再将这些粪肥施于棉田，仍然可以导致棉花枯萎病的发生。北京市1975年的试验证实了这一点，数据见表2。

表2 施用棉枯萎病叶、病秆喂猪的猪粪，棉枯萎病发病情况

试 验 处 理		用 量	调 查 日 期	调查株数	发病株数	发 病 率 (%)
盆 栽	施带菌猪粪	10斤/盆	8月12日	31	1	3.23
			9月25日	31	4	12.90
	未施带菌猪粪 (对照)	10斤/盆	8月12日	14	0	0
			9月25日	14	0	0
大 田	施带菌猪粪	10000斤/亩	8月12日	50	2	4.00
			9月25日	50	7	14.00
	未施带菌猪粪 (对照)	10000斤/亩	8月12日	40	0	0
			9月25日	40	0	0

又据山东高密县田家庄科学试验队1974年试验，用带枯萎菌的棉子壳喂牛，将这种牛粪加水沤5天，施于无病棉田，播种无病棉种，苗期发病率为3.6%，后期劈秆检查，发病率为12.8%（表3），证明棉籽壳所带的枯萎病菌经过牛的消化道之后，其粪便如不充分腐熟，其中所带菌原仍然保有致病力。

表3 棉枯萎病株棉籽壳喂牛的牛粪传病试验

处 理	苗 期 (7月25日)		剖 秆 期 (9月28日)	
	调 查 苗 数	病苗率(%)	调 查 株 数	病株率(%)
病壳牛粪	169	3.6	169	12.8
病种对照	168	0.8	168	4.2

利用病株的病叶、病秆、病铃或其他植株残体沤肥，施用后也往往造成发病中心，并迅速扩大，山东高密和北京平谷的另一组试验证明了这个问题的，情况如表4。

表4 用病残体沤肥造成棉枯萎病的传播

地 区	处 理	用 量	调 查 日 期	调查株数	发病率 (%)	剖秆调查 (1974年9月28日)	
						调查株数	发病率(%)
北京平谷县	病叶、病秆沤肥	10000斤/亩	1974年7月25日	44	68.20		
	未施病体沤肥	10000斤/亩	1974年7月25日	50	0		
山东高密县	病壳沤肥	7000斤/亩	1975年8月25日	179	7.2	179	16.7

3. 其他传病途径

除上述病菌传播途径外,病区的棉柴,灌溉地区的流水串灌,以及风雨、牲畜、农具等,也可以传病,虽无精确试验数据,仍是值得注意的问题。辽宁省棉麻研究所观察每年7、8月间阴雨过后,黄萎病株叶片边缘往往出现一层白色霉状物,证明是黄萎病菌,并有大量分生孢子。中国农科院植保所与河北农科院粮食作物研究所对大田病株落叶的传病试验,证明在棉花生育期,于6、7月间发生黄萎病的病株,叶片脱落,可以增加土壤菌源,传染健株造成当年再度发病。

(三) 危 害

棉花枯、黄萎病一旦传入棉田,当年只出现零星病株,不易为人们所重视,由于病菌逐年在土壤中累积量增加,逐步发展成为轻病田和重病田,以致不能种植棉花。

棉花枯萎病早在苗期即可发病,严重时造成大片死苗绝产,现蕾期出现发病高峰,棉株急剧枯死。发病较轻时,棉株虽能带菌存活,但半边枯死,结铃稀疏,产量锐减,品质变劣,成熟度,衣分,子指都明显降低。据四川省射洪县1952年至1953年调查,枯萎病株结铃数下降17.3—72.4%;1964年调查发病率12%者减产7.9%;发病率为30%者减产20—35%;发病率70—90%者,减产约为50—80%。据中国农科院棉花研究所在陕西定株观察的结果,枯萎病株较健株显著矮小,蕾铃脱落数增加一倍,铃重减轻30%左右,单株结铃率减少34.27%,纤维强度降低0.27—0.37克,纤维短1.5毫米。江苏省南通三余病区1957—1959年对健株和病株的调查结果,在株高、果枝数,营养枝数、结铃数及铃重几项指标都有明显差异,结果如表5—1,2。

表5—1 不同受病棉株与健株生育性状比较

棉 株 类 型	株高(厘米)	果 枝 数	营 养 枝 数	结 铃 数	铃 重 (克)
健 株	80.6	17.8	1.5	18.9	5.4
I 级病株	77.0	16.9	1.1	15.2	4.4
II 级病株	64.5	13.9	0.7	10.7	4.5
III 级病株	48.9	9.3	0.6	5.1	3.9

表5—2 不同级别的黄萎病株对棉花产量的影响

病株级别	铃 数 (个/株)	脱 落 数 (个/株)	脱 落 率 (%)	皮棉测产 (斤/亩)	减 产 率 (%)	备 注
健 株	10.8	4.7	24.8	126.0	—	此表据1975年8月全国棉花枯黄萎病综合防治研究协作组北方四省(市)棉花黄萎病考查组报告中在辽阳市小屯公社高城子大队的调查总结
I 级病株	8.6	6.3	31.6	110.1	12.6	
II 级病株	8.1	8.3	41.5	94.5	25.0	
III 级病株	6.6	10.1	52.8	77.0	38.9	
IV 级病株	0.9	9.9	90.8	10.5	91.6	

棉花黄萎病的危害,主要表现在棉株生长的中后期,受病棉株叶片变黄、干枯、脱落,落蕾落铃多,结铃稀少,因而产量降低,品质变坏。中国农科院植物保护研究所和陕西省棉

花研究所在陕西泾阳定株观察，黄萎病株的棉铃脱落率平均为44.92%，健株为23.88%，病株棉铃脱落率较健株几乎增加一倍。病株棉铃的重量减轻为10.09—20.11%。1962年在云南宾川和陕西泾阳的调查，表明病株产量平均降低22.3%，并且发病愈重的植株，其减产数量也就愈大，结果如表6。

表6 棉花黄萎病各级病株情况调查

病株级别	云南宾川*		陕西泾阳**			
	单株结铃数减少(%)	单株籽棉产量减少(%)	平均脱落率(%)	单铃重量(克)	单株籽棉产量(克)	产量比对照降低(%)
I级	29.4	25.5	40.5	5.4	80.1	13.5
II级	45.9	55.6	45.1	5.3	86.0	7.3
III级	69.7	79.2	46.7	5.0	57.3	38.1
IV级	84.4	94.7	52.9	4.8	53.7	42.1
平均	—	—	44.9	5.1	72.0	22.3
健株对照	—	—	23.9	5.7	92.7	—

* 云南宾川棉作试验站调查材料

** 中国农业科学院植物保护研究所及陕西省棉花研究所泾阳定株观察材料

各地因棉花枯、黄萎病所造成损失的调查材料和报道，是不胜枚举的。局部地区的危害更为突出，据初步统计估算，全国每年因枯、黄萎病损失皮棉约为200万担，这是一个十分惊人的数字。

二、棉花枯、黄萎菌的种和生理型的鉴定研究

棉花枯、黄萎病的种及其生理型的鉴定研究，是综合防治棉花枯、黄萎病的前提和基础，是培育抗病品种和抗病品种合理布局使用的依据，不研究清楚这些问题，是难以收到有效防治成果的，因此，我国在集中力量研究棉花枯、黄萎病综合防治的同时，也开展了对棉花枯、黄萎病菌种及其生理型的鉴定研究，无疑这是十分必要的。

在分类学上，棉花枯萎病菌和黄萎病菌都属于半知菌类 (Fungi Imperfecti) 丛梗孢目 (Moniliales, Hyphomycetales) 淡色菌科 (Moniliaceae)，但隶属于不同的属；棉枯萎菌属于镰刀菌属 (Fusarium)，而棉黄萎菌则属于轮枝菌属 (Verticillium)。

国外对两类病原菌种及生理型 (小种) 的研究较多。如自1892年Atkinson将棉花枯萎病菌定名为Fusarium Vasinfectum Atk. 以来，大多沿用这一名称，也认为导致棉花枯萎病的镰刀菌，就是这一个种；在此基础上，1958、1960年Armstrong描述过棉枯萎菌的1—4号小种。1966年，苏丹的Ibrahim描述了第5号小种，1978年Armstrong又描述了巴西的新小种，定名为第6号小种。

1号和2号小种分布于美国，3号小种分布于埃及，4号小种分布于印度，5号小种分布于苏丹，6号小种分布于巴西。这些小种的分布具有明显的地理区别。1971年，英国的Booth在其《镰刀菌属》一书中，将导致棉花枯萎病菌的病原划为尖孢镰刀菌萎蔫专化型，即Fusarium oxysporum schl.f.sp.vasinfectum(Atk.) Snyder & Hansen，同时，在同一种内又分出一个尖孢镰刀菌芬芳变种，即Fusarium oxysporum Schl.var. redolens (Wr.)

Gordon, 据接种试验, 也可以浸染棉花并导致棉枯萎病。1974年, 以色列的 Joffe 在他的镰刀菌分类系统中, 将棉枯萎菌定名为尖孢镰刀菌, 即 *Fusarium oxysporum* Schlecht, 但也保留了尖孢镰刀菌芬芳变种, 即 *Fusarium oxysporum* Schlecht var. *redolens* (Wr.) Gordon, 而在此以前, Wollenweber、Lailo、Bilai 等则列为芬芳镰刀菌, 即 *Fusarium redolens* Wr. 这就使得问题变得复杂化了。比如, 小种的研究又与这些种或变种是什么关系呢? 如系不同的种, 其小种又如何区分? 它们之间又有什么内在联系? 这还是亟待进一步研究解决的课题。

棉花黄萎病的种的问题, 在国际上争论了一百多年, 即究竟是一个种还是两个种? Schnathorst 等人, 通过对黑白轮枝菌, 即 *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berth 和大丽轮枝菌, 即 *Verticillium dahliae* Kleb. 对温度与生长的影响, 温度对致病力的影响, 培养基酸碱度对生长的影响, 碳源对生长的影响, 氮源对生长的影响, 寄主范围与致病力, 对棉花致病力的异同以及血清学、形态学等多方面的比较研究, 确认这是两个种, 从而澄清了长期的争论。

关于棉黄萎菌生理小种的研究, 苏联做过大量工作, 苏联棉黄萎菌种为单一的大丽轮枝菌 (*Verticillium dahliae* Kleb.), 在这一前提下, 在中细亚棉区分离有三个生理小种, 即微菌核型小种 1, 微菌核型小种 2 和菌丝型小种 3。美国研究者由黑白轮枝菌中分离出两个生理小种, T_1 和 SS_4 , 其中 T_1 是一个具有强毒力的小种, 可以侵染所有陆地棉或杂交品种。由大丽轮枝菌中分离出生理小种 T_9 (落叶型) 和 SS_4 (非落叶型); T_9 菌株耐高温、侵染棉株时植株内产生脱落酸和乙烯比 SS_4 侵染时超过一倍, 从而加速了叶片的脱落。

我国关于棉花枯、黄萎菌种和生理型的工作, 过去有过一些调查研究, 也明确了一些问题, 但多嫌零散, 1972 年全国棉花枯、黄萎病综合防治研究协作组成立以后, 又组织全国力量, 做了大量工作, 这些研究目前仍在继续。

(一) 棉花枯萎病菌的种和生理型

1. 棉花枯萎病菌的种

中国农科院植物保护研究所和中国科学院微生物研究所在棉籽带枯萎病菌问题协作研究中发现, 侵染棉花、导致棉枯萎病的病原菌并非一个类型, 依照 Booth 的分类系统, 应属于尖孢镰刀菌萎蔫专化型, 即 *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *vasinfectum* (Atk.) Sny-

表 7 棉花枯萎镰刀菌在两种不同培养基上的培养性状

菌 名	在改订 Nash-Snyder 选择性培养基上	在马铃薯、葡萄糖洋菜培养基上
尖孢镰刀菌萎蔫专化型 <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>vasinfectum</i>	菌落初为丁香红色, 絮状、后变暗栗紫色, 菌丝平贴伸展, 边缘整齐。	菌落初为白色, 后变为紫罗兰色, 菌丝絮状或编结成绳状。
尖孢镰刀菌芬芳变种 <i>F. oxysporum</i> var. <i>redolens</i>	菌落初为浅赤茶色, 渐变为浅紫色, 底部淡红葡萄酒色, 菌丝绒状, 茂密, 边缘整齐	菌落白色, 菌丝绒状, 后中央有的略现淡紫色。

注: 颜色的描述参照 Ridgway: Color standards and nomenclature, 1912.

der & Hansen及尖孢镰刀菌芬芳变种, (*F. oxysporum* Schl. var. *redolens* (Wr.) Gordon) 在改订的Nash-Snyder PCNB腴选择性培养基, 即91号培养基上和马铃薯、葡萄糖洋葱培养基上的培养性状表现如表7。

改订Nash和Snyder PCNB腴选择性培养基的配制为: $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5克, 蛋白腴5克, NH_4NO_3 0.3克, KH_2PO_4 1克, KCl 0.6克, $K_2S_2O_5$ 0.2克, PCNB (五氯硝基苯) 0.1克, 蔗糖20克, 琼脂25克, 蒸馏水1000毫升, 链霉素0.1克, 甲基纤维素1克 (链霉素与甲基纤维素均在灭菌后加入, 天热污染严重时还可加入少量制霉素约200单位)。

Fusarium oxysporum f. sp. *vasinfectum* 小型分生孢子生于气生菌丝上, 聚成假头状, 很多, 卵形、椭圆形、柱形, 直或弯曲; 大型分生孢子壁薄, 纺锤形或镰刀形、镰状弯曲、椭圆形弯曲、近新月形或稍直, 顶端细胞较窄细, 足细胞明显。多3隔, 量度为27.8—38.4×2.6—4.1微米。

厚垣孢子壁光滑或粗糙, 很多, 顶生和间生, 单个或串生。

Fusarium oxysporum var. *redolens* 小型分生孢子卵形、柱形、稍弯, 大型分生孢子镰形或纺锤形, 顶端细胞稍钝, 基部细胞渐变窄, 足细胞有时不明显, 多数为3个分隔, 量度为22.7—37.6×3.6—4.1微米。在一般培养基上形成甚少。

厚垣孢子顶生和间生, 球形至卵圆形。

两种病原菌的形态如图3所示。

中国农科院植物保护研究所石磊岩等于1976—1977年在温室条件下对于两菌对棉花的致病力做了测定, 供测棉种为中棉所3号和徐州142号, 棉籽用浓硫酸脱绒, 402抗菌剂2000倍液在55—60℃条件下处理30分钟, 取未种过棉花的土壤, 用0.2% 甲醛喷洒堆烟4天, 摊开散除余药, 或在20磅压力下蒸汽灭菌1小时, 然后按2:1麦粒砂培养基培养的菌物, 按土重2%或5%比例, 与灭菌土壤混合, 装入花盆内播种, 每一处理重复4次, 其结果如表8。

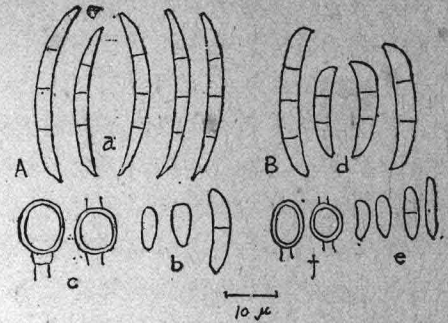


图3 A. 尖孢镰刀菌萎蔫专化型形态:
a. 大型分生孢子, b. 小型分生孢子, c. 厚垣孢子。
B. 尖孢镰刀菌芬芳变种形态:
d. 大型分生孢子, e. 小型分生孢子, f. 厚垣孢子。

表8 两种棉枯萎菌对棉花致病力的测定

年 份	所用棉种	接 菌	接菌量	病 苗 调 查				剖 杆 调 查			
				调查株数	发病株数	发病率 (%)	病 指	调查株数	发病株数	发病率 (%)	病 指
1976	中3棉所号	光孢*	2 %	130	6	4.6	2.3	123	37	38.2	23.2
		芬芳**		131	66	50.3	25.7	127	101	79.4	69.1
1977	徐州142号	尖孢	5 %	89	8	7.2	5.3	89	20	22.4	13.8
		芬芳		93	78	83.8	68.8	93	90	96.7	95.7

* 尖孢, 指尖孢镰刀菌萎蔫专化型

** 芬芳, 指尖孢镰刀菌芬芳变种

从两年的试验可以看出, 尖孢镰刀菌芬芳变种两年的平均发病率为67.05%, 平均病情

指数为47.25, 而尖孢镰刀菌萎蔫专化型两年的平均发病率为5.9%, 平均病情指数为3.9。十分明显, 前者是一个致病力强的病原菌。

国内近年的研究, 倾向于把两个病原菌分别建立成为独立的种, 即把尖孢镰刀菌萎蔫专化型作为隶属于美丽组 (*Elegans*) 的一个种, 按Snyder & Hansen的命名为尖孢镰刀菌, 即 *Fusarium oxysporum* (Schl) Snyder & Hansen; 而把尖孢镰刀菌芬芳变种置于马特组 (*Martiella*), 作为一个独立的种, 恢复Wollenweber的命名为芬芳镰刀菌, 即 *Fusarium redolens* Wr.。当然, 这种分法可能仍有争议, 但至少说明, 我国的棉花枯萎病原菌已不可能用 *Fusarium vasinfectum* Atk. 一种病原来概括了。这一工作的深入研究, 正在继续。在最后结论作出之前, 我们仍先沿用Booth的分类系统。

2. 棉花枯萎病菌的生理型

植物病原菌在不同环境条件、营养条件以及寄主植物的影响等外界因素作用下, 也由于病菌本身的遗传和变异, 其致病力不断发生变异, 在长期演变过程中, 可以逐步形成一些比较稳定的类型, 即所谓的生理型。这些病原菌的毒力不同, 因而对不同的品种的致病力也不同, 从棉花枯萎病菌来说, 不同地区的病菌, 其生理型不同, 所以, 同一品种对于不同地区的病菌的抵抗力也就不同, 因此, 研究、鉴定清楚我国棉花枯萎病菌的生理型种类及其地理分布, 对于指导抗病育种, 和对使用抗病品种的合理布局, 都具有重要意义。

1957年, 江苏省农科院对南京和启东采集的棉枯萎病菌菌株的研究, 发现它们大型分生孢子的顶细胞都是逐渐而均匀的变窄, 厚垣孢子形状相同, 在不同培养基上所产生的大型分生孢子和小型分生孢子的量度大小一致, 因此认为它们是同一个种; 但在病原菌的专化性及培养性状上, 它们之间又有明显差别。在致病性上, 南京的菌系盆栽接种和田间接种试验证明, 它主要危害陆地棉, 轻度感染海岛棉, 不侵染中棉, 而启东的菌系致病力较强, 它不仅危害海岛棉, 而且也危害陆地棉及中棉, 从而划分了两个不同的生理型, 即南京型和启东型, 这是我国研究棉枯萎病生理型的早期研究 (表9)。

表9 南京型及启东型不同型系对不同棉花
品种致病力的比较

供试品种	棉种	南 京 型			启 东 型			对 照		
		总株数	发病 (%)	死株 (%)	总株数	发病 (%)	死株 (%)	总株数	发 病 (%)	死 株 (%)
长绒3号	海岛棉	23	12.2	0	22	27.3	63.6	10	0	0
5416H	海岛棉	23	0	0	23	34.8	56.6	12	0	0
长绒1号	海岛棉	23	30.4	0	21	95.2	4.8	10	0	0
醴 县	陆地棉	24	16.0	0	22	100	0	13	0	0
岱字 15 号	陆地棉	25	20	0	23	95.7	0	13	0	0
中印杂交种	中 棉	24	0	0	23	34.8	0	13	0	0
白花鸡脚亚铃果	中 棉	28	0	0	24	20.8	0	15	0	0

1961年, 西北农学院对陕西14个县21个菌系进行了研究, 根据它们对海岛棉、陆地棉和中棉的致病力强弱, 区分为强、中、弱三个生理型, 它们均不危害中棉筒中1号, 而对海陆

杂交的长绒棉长绒3号的致病力强弱不一，对3个陆地棉品种分别为不侵害至强烈发病。

1972年至1973年，全国棉花枯、黄萎病综合防治研究协作组组织全国棉区16个省（市、自治区），包括西北农学院、北京农业大学、中国农科院植保所、中国农科院棉花所、陕西省农林科学院、江苏省农科院、上海市农科院土肥植保所、浙江省农科院、北京市农科院、河北省植保土肥研究所、河北省师范大学农基系、山东省昌潍地区农科所、山西省农科院、山西省运城地区农科所、西南农学院、云南宾川棉作站、新疆维吾尔自治区农科院农科所、新疆喀什动植物检疫所、新疆吐鲁番农技站、甘肃省农科院农科所、湖北枝江县农业科、安徽池州地区农科所、四川绵阳地区农科所等23个单位，在江苏农科院和西北农学院研究的基础上，在陕西武功西北农学院和陕西省农科院对全国收集的76个菌系，用9个棉花品种进行了棉枯萎菌生理型的鉴定。这次工作量大，选择鉴别寄主较严格，采集棉枯萎菌系代表性也较广泛，是我国第一次大规模地联合试验研究。

（1）鉴别寄主的选择：

中棉、海岛棉及陆地棉是鉴定棉枯萎病菌生理型的三大棉种，1972年冬曾对2个中棉品种、1个海岛棉品种及7个陆地棉品种用76个菌系进行接种，因中棉受苗病干扰，未能据以区分病菌生理型，当时只根据各菌系在海岛棉、陆地棉品种川52—128、中棉所3号及岱字棉15号上的致病力，划分为5个致病类型。

1973年春，在上述工作基础上继续用8个中棉品种，11个海岛棉品种及6个陆地棉品种进行接菌试验：

为了便于区别病情的轻重，设计用符号表示棉花品种的抗病性和病菌的致病力。即：用以表示病情指数时，则○=无病，+=0.1—10.0，++=10.1—25.0，+++ =25.1—50.0，++++ =50.1—100.0。各级之间的差距用不等分法，愈接近无病的等级其差距愈小，愈接近于重病的等级其差距愈大。

用这些符号说明棉花品种抗性时，则○=无病，+=抗病，++=耐病，+++ =感病，++++ =高度感病。

用这些符号说明病菌致病力，则○=不侵染，+=弱，++ =中，+++ =次强，++++ =强。

供试品种共25个：

中棉8个：石系亚1号、简中1号、百万棉、浙江绍兴绿树（以上来自河南安阳中国农科院棉花所）、辽宁中棉（辽阳市农科所）、中印杂交、普集中棉、常紫1号（武功西北农学院）。

海岛棉11个：8763-II、海872（05022）（以上来自新疆吐鲁番棉试站）、66—170（新疆农科院）、中海865、吉札45（安阳中国农科院棉花所）、605（上海市农科院）、74—652、63—64—74、抗67—71、长米5909、长米1581/16（武功西北农学院）。

陆地棉6个：岱字棉15号、中棉所3号、珂字4104（安阳中国农科院棉花所）、徐州1818（北京市农科院繁殖）、67—294（山西运城地区农科所选系，陕西省棉花所繁殖）、晋68—389（山西运城地区农科所）。

供试菌种共9个，它们是：

南京型及启东型菌系（江苏省农科院）、新F₁₋₂（新疆吐鲁番）、陕F₁₃₋₁（陕西棉花所）、浙F₂（浙江慈溪）、川F₅（四川射洪）、豫F₁（河南陕县）、鲁F₂（山东高密）、冀F₁（河北正定）。这些菌系都曾于1972年测定过，代表着各种不同致病力的菌系。

全部鉴别寄主的选择工作，在温室内，用麦粒砂培养10天后的各菌系，在纸制营养钵中播种。

三大棉种对各菌的反应很不一致，供试的8个中棉品种中，对于新F₁₋₂、鲁F₂、陕F₁₃₋₁、川F₅、豫F₁、南京型及启东型等7个菌系一般为不感染或轻度感染，但对浙F₂的感染一般均在+++级，个别为+及++级。这批中棉中受一个菌系侵染的有简中1号、百万棉、中印杂交及常紫1号共4个品种；受两个菌系侵染的有石系亚1号、辽宁中棉及普集中棉等3个品种；受5个菌系侵染的有浙江绍兴绿树1个品种，因此，选择简中1号、石系亚1号及浙江绍兴绿树等中棉品种做为鉴别寄主是可取的。

根据同一原则，选定对冀F₁菌系有3种不同程度反应的8763—II、66—170及中海865等3个品种为代表，作为海岛棉对枯萎病菌的鉴别寄主；在陆地棉中选定抗病力最强的67—294、川52—128，耐病的中棉所3号及珂字4104，及感病的岱字棉15号和徐州1818可为鉴别寄主。具体数据见表10。

在1973年温室试验鉴别寄主选择试验基础上，确定用9个有区分致病能力的棉花品种作

表10 棉花枯萎病菌生理型鉴别寄主选择试验

鉴别寄主	菌 号									CK
	浙F ₂	川F ₅	豫F ₁	陕F ₁₃₋₁	鲁F ₂	新F ₁₋₂	南京型	启东型	冀F ₁	
岱字棉15号	++++	+++	+++	+++	+++	○	○	+++	○	○
中棉所3号	+++	++++	+++	+++	+++	○	○	++	○	○
67—294	++	+++	+	+	++	○	○	+	○	○
珂字4104	+++	+++	+++	+++	++++	○	○	++	○	○
徐州1818	++++	+++	+++	+++	+++	○	○	++	○	○
晋68—398	+	++	+	○	++	○	○	+	○	○
中海865	++++	++++	++++	++++	+++	+++	○	+++	+	○
74—652	++++	++++	++++	++++	++++	++++	○	++++	+++	○
66—652	++++	+++	++++	++++	++++	++++	+	++	++	○
吉札45	++++	++++	++++	++++	++++	++++	○	++++	+	○
8763—II	++++	++++	++++	++++	++++	++++	○	++++	+++	○
605	++++	++++	++++	++++	++++	++++	○	++++	+++	○
中海872	++++	++++	++++	++++	++++	++++	○	++++	++	○
63—64—74	++++	++++	++++	++++	++++	++++	○	++++	++	○
抗67—71	++++	++++	++++	++++	++++	++++	○	++++	++	○
长米5909	++++	++++	++++	++++	++++	++++	○	++++	+++	○
长米1581/16	++++	++++	++++	++++	++++	++++	○	++++	+++	○
辽宁中棉	+	○	○	+	○	○	○	○	○	○
石系亚1号	+++	○	○	○	○	○	+	○	○	○
百万棉	+++	○	○	○	○	○	○	○	○	○
简中1号	+++	○	○	○	○	○	○	○	○	○
绍兴绿树	+++	+	○	+	++	○	○	+	○	○
中印杂交	+++	○	○	○	○	○	○	○	○	○
普集中棉	++	○	○	○	○	○	○	+	○	○
常紫1号	++	○	○	○	○	○	○	-	○	○

为鉴别寄主，它们是：

中棉三个：石系亚1号、绍兴绿树(安阳中国农科院棉花所)、辽中六号(辽阳市农科所)。

陆地棉四个：川52—128(陕西省棉花所)、岱字棉15号(山西运城地区农科所)、中棉所3号(安阳中国农科院棉花所)、徐州1818(陕西省农科院农场)。

海岛棉二个：8763—II(新疆吐鲁番棉作站)、C—6022(新疆莎车试验站)。

(2) 供试菌系的选择：

供试菌系来源于各植棉省(市、自治区)新、老病区的棉花病株分离物，包括辽宁省3个，山东省4个，河北省4个，河南省3个，陕西省4个，山西省4个，北京市3个，上海市3个，江苏省3个，云南省4个，湖北省4个，新疆维吾尔自治区5个，四川省4个，浙江省4个，总共为52个菌系。

试验表明：新F₁、F₆在海岛棉8763—II子叶期最早发现黄色网纹症状，病情迅速加剧，逐渐枯死。浙F₂在陆地棉感病的岱字棉15号的子叶边缘开始呈现青枯萎垂症状，子叶青枯而植株直立不倒，幼茎内部大都有维管束变褐的病状，少数变色不明显。云F₀₀₁、云F₅₀₁、苏F₂等在中棉的绍兴绿树、石系亚1号、辽中六号等品种上出现症状较早。

参加试验的菌系在不同鉴别寄主上的反应有明显差异，反映出不同的生理型之间的致病力强弱是不相同的。

在9个鉴别寄主中，海岛棉8763—II感病最重，全部菌系都能感染；中棉石系亚1号、绍兴绿树两个品种抗病力较强，部分菌系可以侵染；陆地棉的抗病能力依次为川52—128，中棉所3号，徐州1818，岱字棉15号。

3. 棉枯萎菌生理型的确定：

据全部试验材料分析，除有3个菌系材料暂难应用外，对49个菌系在三大棉种，9个鉴

表11—1 棉枯萎菌生理型 I 表

菌系	川52— 128	中棉所 3号	徐 州 1818	岱字棉 15号	C—6022	8763—II	绍 兴 绿 树	石系亚 1号	辽 中 六 号
云F ₀₀₁	+++	++++	++++	++++	++++	++++	+++	++	++
云F ₅₀₁	+++	++++	+++	++++	++++	++++	-	++	+
苏F ₂	+++	++++	+++	++++	+++	++++	+++	+++	++
辽F ₅	+++	+++	++	+++	++++	++++	+	+++	++
陕F ₉	+++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+
川F ₅	+++	-	++	+++	++++	++++	++	+	-
云F ₂₀₃	++	++++	+++	++++	++++	++++	+++	++	++
云F ₁₀₂	++	+++	++++	+++	++++	++++	+++	++	++++
苏F ₃	++	+++	++	+++	+++	++++	++	++	+++
陕F ₃	++	++	++	++++	+++	++++	++	○	+
豫F ₄	++	++	++	++++	++	+++	+	++	+
川F ₈	++	++	++	+++	++++	++++	++	+	+
沪F ₉	++	++	++	+++	+++	++++	○	-	+++
沪F ₈	++	++	++	++	++	++++	○	-	++
京F ₁	++	++	++	++	++	++++	+	○	+++