

棉花枯萎病菌的寄主范围及其轮作防治^{*}

西北农学院植物保护系

李君彦 杨之为 韩怀礼 张普选 马桂珍

近年来关于棉花枯萎病菌的寄主范围广、狭的问题,在文献上颇多报导。例如伍德(Wood, C. M. 1972)的试验,锦葵科、梧桐科及椴树科的某些种在接种棉枯萎菌以后,明显感染枯萎病,但也有的是受侵染而不表现症状的带菌者。艾伯尔斯(Ebbels, D. L.)甚至列出了棉枯萎病菌的寄主名单,据统计至1972年为止,陆续发表的寄主植物在40种以上,其中半数系野生植物。

阿姆斯特朗等(Armstrong, G. M. et al. 1948, 1975)评述了“致萎镰刀菌的接种反应”。指出,致萎镰刀菌可侵害植株而不引致外部症状。病原在作物和杂草群体之间的交替发生,无症状带菌体的存在和病原的存活问题,都与此有关。

史密斯等(Smith, S. N. and Snyder, W. C. 1975)试验,美国加州枯萎病棉田改种大麦以后,大麦的残根存在着大量的棉枯萎菌群体。棉枯萎菌的非寄主植物如大麦,可能增殖此菌的速度比继续植棉还快些,认为不考虑无症状的带菌者而定出的棉田轮作防病计划是靠不住的。可见,弄清棉田轮作对象在枯萎菌侵染及存活上的问题,在棉枯萎病的综合防治设计上是重要的根据。从轮作防病的角度来说,对于棉田常见的作物或倒茬对象作物是否能受棉枯萎菌的侵染,殊有研究的必要。

1978年阿姆斯特朗(G. M. Armstrong and J. K. Armstrong)在“植物病害报导”(62:421—423),提出从巴西枯萎棉株上分离出一种枯萎菌(*Fusarium*)同过去描述过的5个小种,即美国的1号、2号,埃及的3号,印度的4号和苏丹的5号是不同的。他们区别生理小种除采用了三大棉种外,还使用了秋葵、苜蓿、大豆、烟草及羽扇豆等作物为鉴别寄主。指出来自巴西的一个棉花枯萎病菌新小种6号,它在陆地棉和黄秋葵上的致病性与小种1号、2号相近,不同的是它不能引起“Grimm”苜蓿,“Burley 5号”及“金元”烟草,“Weik III”羽扇豆和“Yelredo”大豆发生枯萎病,而这些作物对小种1号、2号或其中之一是易感染的。由此可见,在进行生理小种研究时,选定棉花以外的作物作为鉴别寄主已经提到日程上来了。本文报导在病圃及温室接种棉枯萎病菌对8科18种作物的69个品种所进行的侵染致病测定的结果,并着重分析了对玉米的侵染问题。

^{*} 本试验承仇元教授指导并审阅了文稿。

一、试验材料和方法

1. 材料 1978年选定的供试作物计有小麦、大麦、玉米、高粱、甘薯、大豆、豌豆、红麻、向日葵、烟草、蕃茄、茄子、辣椒、笋瓜、黄瓜等 15 种, 其中麻类包括三个品种。另加棉花两个品种作为感病及抗病对照, 其来源如下:

作物名称	品 种	来 源	作物名称	品 种	来 源
小麦	丰产三号	本院农场	向日葵	农家品种	本 院
大麦	农家品种	陕西周至楼观台	烟 草	长 勃 黄	陕西武功卜村队
玉米	武206×紫花白24	本院玉米育种组	蕃 茄	列宁格勒	本院园艺站
高粱	高 粱 蔗	西北水保所	茄 子	紫 茄	同 上
甘薯	88—3	本院甘薯育种组	辣 椒	21号线辣子	同 上
大豆	牛 毛 黄	本院农场	笋 瓜	黄皮笋瓜	同 上
豌豆	大勃鸽灰	本院农场	黄 瓜	—	本院农一站
红麻 1	南 选	陕农科院特作所	棉 花	陕401(抗病)	本院棉病组
红麻 2	71—44	同 上	棉 花	1818(感病)	本院棉病组
红麻 3	71—42	同 上			

接种用枯萎菌种, 采用陕西 8 个菌系, 计有陕 F 4—1 (合阳莘野大队), 陕 F 5—1 (长安蒲北大队), 陕 F 6—1 (泾阳三渠大队), 陕 F 7—1 (三原罗李大队), 陕 F 9—5 (高陵东风大队), 陕 F 10—1 (兴平北马大队), 陕 F 12—1 (武功二道原), 陕 F 13—1 (三原棉花所) 等, 混合接种。

2. 方法 除在文内各节列述者外, 主要方法如下:

(1) 接种剂的准备 所用菌系均系 1972 年全国棉枯萎病菌生理型联合试验中经过鉴定和接种确定的, 经用矿油覆盖并在冰箱内保藏的菌种。繁殖时, 一级转入 PDA 斜面, 二级转入改订式里查德氏培养液 (Richards solution)* 于 $24^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 的温度下振荡培养 5 天。三级转入扩大培养基**, 接种量每 1 公斤基质用液体培养物 150 毫升, 于 25°C 下培养三天使用或晾干备用。

(2) 病床的接种 床长 18.5 米, 宽 1.2 米。接种按每平方米 900 克接种剂撒施均匀, 然后耙入表土层, 深度约为 5 厘米。接种剂的含菌量经过镜检, 每克含有大孢子 3×10^5 个, 小孢子 15×10^5 个, 菌丝段 3×10^5 段。全床划分为 25 个小区备用。

(3) 种苗的播种或栽植 4 月 12—17 日分批进行播种或移苗栽植, 棉花种子经用

* 改订式里查德氏培养液成份为: 硝酸钾 10 克, 磷酸二氢钾 5 克, 氯化铁微量, 葡萄糖 34 克, 蒸馏水 1000 毫升。高压灭菌 (1.05 公斤/厘米²) 30 分钟。

** 扩大培养基成份: 麦麸 5 斤, 稻糠 4 斤、油渣 1 斤、加水 13 斤。高压灭菌 45 分钟。

硫酸脱绒，用两千倍的 402 药液在 55~60℃ 下浸种半小时。为了测定病床接种的均匀性，设置有棉花对照 4 组，分布于接种床的不同地段。每一对照组种植 CK₁ (401) 及 CK₂ (1818) 各一小区，每小区播种 3 行。其余供试植物各播种一小区。

3. 1979年供试作物及枯萎菌种

(1) 作物品种

烟草：品种名称：

红花大金元 老汗烟 雪茄烟 黄花烟 白肋21 广香 301 心叶烟

(寄赠单位 陕西省农科院特作所)

许金二号 净叶黄 (河南许昌烟草试验场)

白肋 5 号 (Burley 5) 大金元 (Gold Dollar) (中国农科院山东烟草所)

大豆：品种名称	来源(产地)	品种名称	来源(产地)
群选 1 号	吉林	铁丰 12	辽宁
科黄 8 号	北京	兗黄 1 号	山东
曲沃八月炸	山西	科系 75—16	北京
丰收黄	山东	莒选 23	山东
早熟 3 号	西北农学院	一窝蜂	陕西
临潼黑大豆	陕西	鄂豆 1 号	湖北
黑皮绿肉	江苏	哈罗索伊 63	美国
肯特 74—56	美国	克拉克 63	美国

(陕西省农科院粮作所及我院作物育种教研组)

向日葵：品种名称	来源(产地)	品种名称	来源(产地)
克拉斯诺达子 6540	匈牙利	长岭向日葵	吉林
内蒙向日葵	内蒙	卡曼达	加拿大
米拉索尔	法国	Π—114	保加利亚
赫斯特同轰 1104	英国	赫斯特西罗布	英国
Ns—H—25—RM	南斯拉夫	Ns—H—26—RM	南斯拉夫
Ns—H—62—RM	南斯拉夫		(中国农科院油料研究所)

甘 薯：品种名称	品种名称
武功红	丰收白
209	胜选
栗子香	香 4 (本院作物育种教研组)

注 作者向寄赠试验材料的单位和同志表示感谢

红麻: 71—39 71—57 (陕西省农科院粮作所)

其余供试作物还有: 芝麻, 决明, 蔓陀萝及玉米(黄白单交种)。

(2) 菌种

对烟草品种Burley 5及Gold Dollar的致病性测定, 采用全国枯萎病菌生理型联合试验所测定过的具有代表性的菌种20个。这20个棉枯萎病菌是: 陕F13—1, 陕F12—1, 陕F9—5, 陕F4—1, 陕F3—1, 泾F1(省农科院), 予F2, 予F3, 冀F6, 晋F3, 鲁F2, 京F1, 辽F2, 新F1—1, 新F3—2, 启F1, 沪F4, 浙F2, 川F5及云F4。

其余9个烟草品种及其他供试的作物, 均采用上述陕西省枯萎病菌混合菌种进行病土鉴定。致病性测定所用的对照指示作物, 为感病品种徐州142棉种。

二、试验结果

1. 发病检查

苗期阶段对各供试作物的发病情况进行系统观察记载。1978年4月27日、5月4日及5月9日先后中耕3次, 并于中耕前进行发病记载。其结果除棉花之外, 其余各作物未现萎蔫症状。

5月12日在棉苗出现两片真叶时(即播种后一个月)调查, 陕401及徐州1818的发病率分别为6.4%及9.4%, 症状为黄色网纹型。此时, 其他作物的生育期大, 小麦为7片真叶, 大豆有复叶2片, 红麻4片真叶, 烟草6叶, 辣椒9叶、豌豆10叶、笋瓜、黄瓜、红芋、茄子、高粱蔗、玉米及向日葵为7叶期, 蕃茄开始现蕾。上述作物植株生长正常, 无病株出现。

5月23日及6月12日两次结合分离检查进行了剖茎记载。除棉株外其他供试作物均无维管束变色现象。田间作系统观察的植株一直到9月10日为止, 也未发现有病株症状出现, 成株期的剖茎检查也没有发现茎内有变色现象。

2. 病组织再分离

(1) 分离方法

播种40天后, 即棉苗发病高峰期后, 采苗进行分离。所分离的各种作物的植株包括棉花在内, 均为外表不呈现症状的植株。两次分离日期为5月23日及6月12日。所用培养基为中国农科院植保所棉病组鉴别选择枯萎病菌的人工合成培养基*。在准备试验中将上述陕西各枯萎菌系于其上进行培养显色反应, 已证明各菌系的菌落均有紫色特征出现。

病组织再分离。每一植株取三个部位, 即下部主根位, 地上部茎基及叶柄(或叶

* 培养基的组分: 蛋白胨5克, 磷酸二氢钾1克, 硫酸镁0.5克, 氯化钾0.6克, 偏重亚硫酸钾0.2克, 硝酸铵0.3克, 五氯硝基苯0.1克, 蔗糖20克, 琼脂20克, 链霉素100ppm, 水1000毫升。

鞘)位。每特定部位取标样约5毫米长度,先用清水冲洗,后用0.1%升汞液消毒1~2分钟,再用灭菌水冲洗三次,然后放置在皿内平板上,于24℃条件下培养。因原先接种的枯萎菌均有紫色特征,故再分离时即以紫色特征为初步鉴别的标准。

(2)再分离的结果:从接种的各种作物组织分离的结果见表1。

表1 棉枯萎病菌对15种作物的侵染分离结果 1978年 武功

供试作物	次数	分离株(部位)数			各分离部位紫色菌落数		
		主根	茎基	叶柄(或鞘)	主根	茎基	叶柄(或鞘)
棉花(徐州1818)	I	30	31	25	8	12	0
	II	25	25	25	6	5	1
小麦	I	36	35	30	0	0	0
	II	25	25	25	0	1	2
大麦	I	20	25	30	0	5	0
	II	25	25	25	3	1	1
玉米	I	28	29	30	5	6	1
	II	25	25	25	2	0	0
高粱蔗	I	30	33	32	0	1	0
	II	25	25	25	3	0	0
甘薯	I	25	28	25	4	12	11
	II	25	25	25	16	2	4
大豆	I	24	25	25	0	3	0
	II	25	25	25	1	0	0
豌豆	I	30	25	25	2	0	0
	II	25	25	25	0	0	0
红麻(南选)	I	25	18	18	0	3	0
	II	25	25	25	0	0	0
红麻(71-44)	I	34	29	25	4	1	0
	II	25	25	25	1	0	0
红麻(71-42)	I	20	27	22	0	2	0
	II	25	25	25	0	0	0
向日葵	I	35	35	30	1	0	0
	II	24	24	24	0	0	0
烟草	I	27	27	27	1	12	0
	II	25	25	25	0	1	0
蕃茄	I	25	25	25	2	3	0
	II	25	25	25	0	0	0

茄 子	I II	10 —	10 —	10 —	3 1	3 —	0 —
辣 椒	I II	28 25	23 24	28 25	4 2	1 0	1 0
笋 瓜	I II	24 15	21 15	28 15	3 2	0 0	0 0
黄 瓜	I II	32 25	29 25	32 25	0 1	3 1	2 0

根据(表1)数据分析,从15种作物上都分离获得了显紫色的镰刀菌系;但各菌系在各种作物上定殖部位各有差异:① 仅从根部分离到病菌的作物有笋瓜,向日葵及豌豆;② 病菌在作物植株体内能上升达地上茎基部的有高粱、大豆、豌豆、蕃茄、烟草及三种红麻;③ 病菌在体内扩展达叶柄或叶鞘的作物有大麦、小麦、玉米、甘薯、黄瓜及辣椒;对照作物棉花亦包括在内。④ 按地上部植株带菌率高低排列次序以甘薯、烟草、大麦、玉米、黄瓜的带菌量较大,小麦、大豆、蕃茄、茄子等较次,豌豆、向日葵、笋瓜从地上部位未分离到病菌。甘薯的带菌率远比棉花还要高,甘薯为28.1%,棉花为16.9%。

然上述所获菌系并不完全是棉花枯萎病菌。因来自试验地土壤内的其他种镰刀菌亦有显现紫色反应的可能。因此,必须对菌种进行其他性状鉴定。

3. 病菌培养性状

从各种作物分离物中选代表菌种,仍在前述选择性培养基平板上于24℃条件培养两周,待菌落特征稳定后,于5月25日记载菌落颜色进行比较鉴别。各菌系还用改订式里查德氏培养液培养5天,然后静置一周后记载各菌系特征,所得结果如表2。

通过各菌系的培养性状比较,初步可划分两类:培养液面结成白色菌膜的种类,有辣椒(2—4—3),蕃茄(1—2—4),甘薯(2—2—1),黄瓜(3—4—1),笋瓜(1—2—4),71—42麻(2—3—1),南选麻(2—3—1)。液面菌膜呈玉粉红色的菌种为小麦(2—4—1),玉米(1—4—3),及高粱蔗(2—4—1)。其余各菌种难于归类划分。

从玉米、小麦、高粱蔗上所获得的代表菌种,虽有红、紫、棕色素反应,但很明显它们是常见种串株镰刀菌(*Fusarium moniliforme*),而非萎蔫专化型镰刀菌。

镰刀菌属的病菌为形态、性状变异性很大的种群,判定一个菌种是否为致病菌,尚必须进行病菌对棉花反接测定。

4. 病原对棉花的反接试验

供测定菌种在改订里查德氏培养液内振荡培养后,转入麦麸——稻糠——油渣扩大培养基上繁殖,按1.5%的菌量接入无菌土,进行盆栽试验。棉种为徐州142,种子经硫酸脱绒,并行402药液烫种处理。每个菌号播种三盆,每盆播种10粒棉籽。设不接菌为对照组。6月15日播种,6月28日开始发病,6月29日,7月2

日，7月8日分别对发病情况进行统计。现将第三期调查结果列后（表3）。

表2 各菌系培养性状

菌种代号	里查德氏液培菌落特征	选择培养基上菌落的颜色
小麦（2—4—1）	培养液肉色，液面菌膜玉粉红色	肉粉红
玉米（1—4—3）	培养液白色，液面菌膜玉粉红色	橙黄
高粱蔗（2—4—1）	培养液白色，液面菌膜玉粉红色	紫红
大麦（2—2—2）	三角瓶壁菌落白色，液面未结菌膜，培养液无色	——
豌豆（1—3—2）	瓶壁菌落白色量少，无菌膜形成，培养液无色	紫色
辣椒（2—4—3）	瓶壁菌落粉白色，液面无菌膜，培养液浅黄色	紫色
蕃茄（1—2—4）	瓶壁菌落白色少量，有白色菌膜形成，培养液浅黄色	紫色
甘薯（2—2—1）	瓶壁菌落粉白色，有粉白色菌膜，培养液乳白色	深紫
黄瓜（3—4—1）	同甘薯	紫色
茄子（2—2—5）	瓶壁菌落粉白色，有玉粉红色菌膜形成	深紫
大豆（2—4—1）	瓶壁菌落粉白色，培养液颜色呈荷花白，液面无菌膜	紫色
71—44麻（1—2—1）	瓶壁菌落玉粉红色，液面菌膜粉白色，培养液呈白色	” ”
南选麻（2—3—1）	瓶壁菌落粉白色，液面菌膜粉白色，培养液乳白色	” ”
71—42麻（2—3—1）	瓶壁菌落粉白色，液面菌膜粉白色，培养液乳白色	” ”
笋瓜（1—2—4）	瓶壁菌落呈玉粉红色，菌膜粉白色，培养液呈白色	” ”
烟草（19—1）	瓶壁菌落呈玉粉红色，菌膜粉白色，培养液乳白色	紫红
向日葵（1—5—1）	——	紫色
棉花（2—6）	——	” ”

表3 病菌致病性试验反接测定结果

菌种代号	测定总株数	发病株数	发病率（%）
小麦（2—4—1）	26	0	0
大麦（2—2—2）	28	26	92.8
玉米（1—4—3）	24	0	0
高粱（2—4—1）	28	0	0
大豆（2—4—1）	24	22	91.6
豌豆（1—3—2）	20	19	95.0
烟草（19—1）	33	19	57.5

茄子(2—2—5)	28	27	96.4
辣椒(2—4—3)	26	25	96.1
南选麻(2—3—1)	17	15	88.2
71—42麻(2—3—1)	26	25	96.2
71—44麻(1—2—1)	26	22	84.6
甘薯(2—2—1)	27	22	81.5
黄瓜(3—4—1)	30	24	93.3
蕃茄(1—2—4)	28	13	46.4
笋瓜(1—2—4)	24	19	79.1
向日葵(1—5—1)	18	0	0
棉花(未接菌对照)	29	0	0

反接测定结果说明, 17个供试菌种中, 具有致病力的病菌共 13 个, 不具致病力的菌种 4 个。棉株发病症状为黄色网纹型, 随病情加重而植株矮化枯死。在 13 个致病菌种中除蕃茄(1—3—4), 烟草(19—1)的发病率分别为 46.4% 及 57.5% 表现致病力程度中度外, 其他致病菌几乎发病率均在 80% 以上, 表现为致病力很强, 经测定不具致病力的菌种为小麦(2—4—1), 玉米(1—2—3), 高粱(2—4—1)及向日葵(1—5—1)。试验设置的空白对照未出现病株。7 月 15 日对不发病的小麦、玉米、高粱及向日葵等 4 个处理组的棉苗作剖茎检查, 亦未见变色表现。

5. 1979 年的试验结果

1979 年对烟草、大豆、向日葵、甘薯等作物共 50 个品种进行了枯萎病菌的致病试验。所有供试作物均从苗期系统观察记载到成株期, 对甘薯、烟草所表现出的可疑病株, 均仔细进行了分离鉴别。在所设置的对照棉种徐州 142 发病均匀而严重的病土条件下, 在所有参加的鉴定作物范围内, 没有测出有一种能表现受害症状的作物。

本年再次对玉米进行了棉枯萎病菌的侵染测定, 试验结果认为, 虽然玉米作物与多种镰刀菌有某种直接或间接的相关性, 但它与尖孢镰刀菌萎蔫专化型病菌间还没有获得充足的材料证明其两者之间的亲和性。

三、关于棉枯萎病菌对玉米的侵染问题

玉米是我国北方棉区重要的倒茬作物。棉枯萎病菌能否侵染玉米? 玉米是否为带菌宿主? 这个问题客观要求予以澄清。对此问题, 过去未见有文献报导。作者 77—78 年测定, 未能获得枯萎病菌侵染玉米的证明。1978 年, 江苏农科院植保所报导了“寄 105”的新菌系, 用针刺接种能引致玉米苗的大量死亡。这就促使我们需要验证试验的

可靠性。

为了进一步证明这一问题，从植物病理学基本原则出发，以及考虑到棉枯萎病菌的生物学特性，我们认为：作为寄主范围，必须能从寄主活的组织中分离到病菌；最好能证实病菌定殖于玉米根系导输组织中，并系统发展上升到茎部。在方法上，考虑到镰刀菌种的鉴别上其形态及菌落特征不稳定性所带来的困难，因此认为，所用的基本方法以在病土种植玉米让其自然感染，设棉花感病品种为指示植物，待对照棉花充分发病之后，再从玉米的根部、茎部分离病菌，把获得的镰刀菌分离系进行归类，编号，从中选代表菌种反接棉花测定致病性作最后裁判标准，这大概较为准确可靠。为达上述要求，79年的试验作如下4种设计。

(1) 大田病土盆栽试验：

盆栽病土取自病圃。4月26日播种玉米黄白单交，四周种棉花徐州142，定苗后每盆中央只留一株玉米。棉花发病后拔除，仅留玉米。6月11日棉花发病，1—5盆的发病株率分别为9/11，6/8，12/14，15/17，3/5。7月17日玉米出雄，8月27日玉米收获，在全生长期未见异常病态出现。考虑到镰刀菌对一些寄主的感染有随寄主株令的上升而发展的特性，因此收获时随即分离未枯死的根系及根茎部组织。各分层根系取近主茎部分组织，胚根全长间隔取样，须根随机取样分离病菌。

(2) 温室病土混播盆栽试验：

处理5盆。3月19日播种，品种玉米黄白单交，棉花为徐州142（硫酸脱绒并进行2000倍402热药液浸种），在第二及第五盆棉花发病表现症状后分析玉米是否感染。5月18日记载的病情指数为20.8及55.0，作物生育期棉花两片真叶，玉米为6叶期。

(3) 病土盆栽玻管隔离感染：

用一尺长玻管内装无菌苜蓿土并经高温干热灭菌，于管内播种玉米或棉花种子每管一粒，相间排列于口径32公分的大盆病土上（病土下深30公分），玻管周围覆盖病土15公分，上层15公分用无菌土掩埋。试验于3月17日播种，于温室条件下发芽生长，让根系生长达33公分以上方可接触病土接受感染。待病菌沿根系导管上升扩展延伸达地上部，引起棉株发病表现症状时，再取苗（用水冲洗根系）分离，分析玉米是否已被感染，观察棉枯萎病菌能否也在玉米的根系输导组织中上升发展。

(4) 种子萌芽、胚根强制接种：

玉米、小麦及棉花种子作严格消毒处理后，于22℃PDA平板上发芽，当棉花胚根长2.2—4厘米，小麦胚根长2—3厘米，并侧生毛根，玉米胚根长3厘米，次生根1.2—2.3厘米时选无杂菌感染者分别移置于F13—1枯萎菌平板上强制感染三天。

4月9日移栽于玻管无菌土内，玻管外用无菌砂土堆埋使之处于黑暗状态，于温室条件让根系发展伸长，再后分离以确定病菌在根内的扩展情况。

病菌分离结果如下：

(1) 棉花玉米混播感染：

表 4

棉花—玉米混播感染分离结果

1979.5

盆 号	作 物	症 状	分离部位 (取样数)			
			根位	枯萎菌落数	茎位	枯萎菌落数
混 2	棉花	黄网	5	3	3	2
	玉米	无症	14(胚根)	0	0	0
			5(侧根)	0	—	—
混 5	棉花	黄网	5	2	3	2
	玉米	无症	5(胚根)	0	3	0
			5(侧根)	0	—	—

结果: ① 从病棉株毗邻的玉米植株上未能分离到枯萎病菌。

② 从胚根中获得一株镰刀菌, 菌种代号为混播玉米 1—2。

(2) 玻管隔离感染:

① 第一次分离(6月13日)。棉花3叶期, 7株中4株发病, 病情指数14.2, 玉米11个叶片。分离结果, 从6株玉米玻管下主根取样86个标样, 从玻管内主根取样64个, 又从根茎, 叶柄及生长点处取样共18个进行分离, 仅在第二株玉米玻管内主根上得到待定镰刀菌3株, 编号为玉米2—④, 紫红菌落, 外围白色菌丝。

② 第二次分离(7月6日), 棉花7片真叶, 玉米开始出雄。对根作依次间隔取样(0.5—1cm根长), 对3株棉花分离标样147个, 获得枯萎病菌34次。在6株玉米根上取样153个, 获得待定镰刀菌5株。选择3株, 编号玉1—⑤—2, 菌落白色毛状底无色。玉3—⑤—1, 2, 3, 白色毛状底色紫, 玉5—③—1白色粉型底色紫。

从两次分离结果看到, 枯萎病菌从棉根入侵, 菌丝能沿着隔离的管内根部向上发展达地上部, 引起棉株黄网及萎蔫症状。从玉米植株中未分离到棉枯萎病菌, 出现串珠镰刀菌的频率高, 表现为白色菌落, 粉层明显。镜检小孢子特多, 大小差别显著, 大孢子分隔处凹缩。

(3) 大田病土盆栽试验:

① 从玉米茎基部组织取样88个, 获得待定镰刀菌20株, 串珠镰刀菌4株。

② 从靠近地下茎不同层次的根系中(1—7层)取样162个获得待定镰刀菌21株, 串珠镰刀菌29株。

③ 从玉米须根系上随机抽样须根109段(0.5—1Cm), 获得待定镰刀菌4株。串珠镰刀菌1株。

将待定镰刀菌归为4类(I—IV), 选代表菌种参加反接试验(见表8)。

(4) 纯培养胚根强制接种:

① 接种3日后, 玉米、小麦的胚根其根尖未见有变色现象, 胚根接触培养基表面的菌落处, 亦未见有根外渗出物所引起的颞抗抑菌区发生。

② 从7株玉米的胚根及侧根中各取样42个，从中获得待定镰刀菌4株，编号为玉7—4，这是从胚根受到抑制的第6株玉米分离到的。一般胚根平均长度为31 Cm，该株胚根长仅5 Cm，生长严重受到抑制。

③ 玉米7—4病菌在胚根上的部位（2—5），表现连续性，又观察到菌丝体最初是从分离根两端切口出现，显示该菌可以在导管中发展。

④ 从根尖分离不到病原菌。

三次反接致病性测定如下：

（1）第一次反接测定。5月15日接菌（菌量 $\frac{1}{2}$ 皿/盆），18日播种棉花（徐州142），两片真叶期的发病（表5）。

表5 玉米7—4号菌种的致病能力

盆号	菌种代号	菌种来源及特征	总苗数	病苗数	病情指数
甲	玉米7—4	从强制接种的玉米胚根中分离，紫色菌落	14	6	17.8
乙	玉米1—2	从混播玉米胚根中分离，菌落粉白带红	10	0	0
丙	小麦2—7	从强制接种的小麦侧根中分离，菌落紫红	13	7	23.0
丁	对 照		24	0	0

（2）第二次反接测定（见表6）。

表6 代表菌种性状

（接种8月30日，记载9月7日，PDA平板，22℃）

菌种代号	菌落特征	菌落直径(Cm)	菌种来源
玉2—①红	底血红，正面气生菌丝细密金黄，菌落边缘不齐。	6.7	6月13日
玉2—④紫红	底无色，正面雪白，气生菌丝乱羊毛状。	8.6	从玻管隔
棉1—③紫	底紫红，正面气生菌丝雪白，粗乱。	8.8	离试验的
棉1—③白	底无色，正面雪白气生菌丝繁茂细密。	8.5	棉花玉米
棉3—②紫	底紫红，正面菌丝体平贴，白粉层稀薄。	8.5	根上分离
玉1—⑤白	底无色，正面菌落半面雪白，半面菌丝平贴无色。	9.0	出。
玉2—⑤紫	底紫红，正面菌落平贴紫红，中央气生菌丝雪白。	8.3	
玉5—③白	底无色，正面雪白。	7.6	
玉6—③白	底深紫红，正面紫红，孢子层显灰白色。	3.8	

注：观察到分离时的菌落与转接培养后的菌落发生颜色上的变化，如玉2—④紫红，玉6—③白；棉1—③白菌落上有角变区。

第二次反接测定结果:

供试菌种 9 个加空白对照 1 个顺序编排盆号 1—10 号, 9 月 8 日接种, 菌量每盆一皿, 9 月 11 日播种, 棉种徐州 142。各菌种接种 3 盆, 反接致病性测定结果说明:

A、从棉株上分离的菌种具有致病性, 3 号(棉 1—③紫)及 4 号(棉 1—③白)菌种于 10 月 3 日发病, 10 月 27 日第 4 次记载的病指数分别为 99.1 及 98.2。此为同一棉株分离到的颜色不同的菌株, 其侵袭力大体相似。5 号(棉 3—②紫)菌种为菌丝平贴型, 发病晚 10 天左右, 10 月 15 日及 27 日记载的病指数为 42.0 及 91.9 (图 1)。

B、来自玉米上的玉 2—①红等 6 个菌种(1—2, 6—9)不感染棉花。对照组(10)无病株出现。



图 1 第二次反接致病性测定

(3) 第三次反接测定(见表 7、表 8)。

综合试验结果, 对玉米黄白单交种除用 F13-1 枯萎菌强制接种获得感染外, 从玉米上分离的菌株共挑选代表菌种 17 株对徐州 142 棉种进行反接致病性测定, 其结果均无致病能力。说明了在自然条件下, 棉花枯萎病菌不侵染玉米, 棉枯萎病菌一般对玉米不能致病。玉米不属于棉枯萎病菌的寄主范围, 也不是无症带菌体。

从江苏农科院植保所征集的寄 105 菌种, 用作土壤接种, 在白天 12 小时人工光照, 夜间黑暗处理, 室温 20°—22℃ 条件下测定致病性, 接种的徐州 142 观察到两片真叶期不表现症状, 从棉株内也分离不到病菌。而该菌种对玉米具有很强的侵染寄生性, 从胚根, 生长点及叶鞘组织内均能分离出病菌, 但至 4 片真叶期也不表现症状。对照菌种 F13-1 感染棉花发病, 接种玉米不表现症状。以后又进行两次重复试验, 测定棉种除陆地棉徐州 142 外, 还增加了中棉辽 6 及海岛棉 8763—u, 结果仍无症状表现。

表 7 从大田盆栽试验玉米上获得的代表菌系

待定镰刀菌	参加反接代表菌〔编号〕	类型	PDA斜面菌落特点	备 注
根1-4-①粉 根2-6-②粉 株2-1 粉 1-⑦粉	1-⑦粉〔11〕 株2-1粉〔12〕	I	菌落底紫红，正面显紫色，气生菌丝细，白粉层明显。	反接试验加入从棉株分离的两个菌系，编号为棉1-③白〔22〕，棉1-③紫〔23〕，另设空白对照CK ₁ 〔13〕，CK ₂ 〔24〕。
根2-2-② 株1-茎 根2-5-①黄	根2-5-①黄〔13〕 株1-茎〔15〕	II	菌落底深褐色，正面菌丝体细密，黄褐色。	
根2-6-① 2-6-①稀薄 1-⑩ 株2-1白	1-⑩〔16〕 根2-6-①〔17〕 株2-1白〔18〕 株2-1粉〔21〕	III	菌落底无色或浅黄褐色，正面粉层深或具白色气生菌丝，粉层明显。	
株2-4 1-⑦紫 1-⑤ 根1-4-①白	株2-4〔19〕 株1-4-①白〔20〕	IV	菌落底蓝黑色，气生菌丝白色，具白粉层。	

表 8 第三次反接测定结果

(10月4日接种，菌量每盆一皿，10月8日播种，徐州142。)

盆号	菌 种 代 号	棉株数	子叶平 10月27日		两片真叶 11月5日		11月12日	
			病株数	病 指 数	病株数	病 指 数	病株数	病 指 数
11	1-⑦	28	0	0	0	0	0	0
12	株2-1 粉	26	0	0	0	0	0	0
13	根2-5-①黄	25	0	0	0	0	0	0
14	CK ₁	23	0	0	0	0	0	0
⋮	株1-茎	27	0	0	0	0	0	0
⋮	1-⑩	26	0	0	0	0	0	0
22	棉1-③白	22	3	4.5	16	38.6	19	70.4
23	棉1-③紫	24	0	0	5	10.4	12	28.1
24	CK ₂	24	0	0	0	0	0	0

四、小 结

在1977年探索性预备试验的基础上,1978—80年进行了棉花枯萎病菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*)对18种作物的侵染测定。据现有初步工作综合分析所能明确的问题是:

(1)在接种条件下测定的棉枯萎病菌的寄主范围,远比自然条件下发病的寄主范围为广。从分离的病菌并不局限于根部而能在一些作物的体内扩展上升到地上部组织看,病菌与寄主的关系绝非简单的自然根伤和一般的寄生营养关系。所测定的作物外部不显症状,内部带菌而维管束未见变色病变。对于这样的一些寄主作物可以认为是无症状带菌寄主。

(2)在病原菌鉴别中观察到在扩大作物范围的试验条件下,用菌落色素反应鉴别枯萎病菌或单纯依靠病菌形态特征鉴定致病菌不是可靠的指标。串珠镰刀菌的寄主范围十分广泛,它有害棉苗除致棉苗根腐外,能进入根茎输导组织,但维管束不呈现色变。它亦能侵染禾本科作物小麦、玉米和高粱,尤其以玉米的侵染带菌量最高。1977年测定陕单1号的幼苗带菌率为根部20%,根茎60%,叶8%,生长锥8%。种子的带菌率为13.3%。病菌能在植株内部上升发展。明显地看出,来自土壤的侵染病原量大。1978年试验,玉米(武206×紫花白24)幼苗的侵染株率为8.6%,1979年对玉米黄白单交种的分析亦证实为普遍种。该菌种菌落除显紫色外还有玉粉红及橙色的表现。主要特征为小孢子量大,因此,在基质表生的粉层非常明显,小孢子单胞,瓜子形,串生或聚为头状,产孢细胞为小瓶状;大孢子粗直而两端钝圆,在分隔处缢缩,不产厚垣孢子。

(3)1978年反接试验证明谷类作物中大麦带菌量高,小麦、玉米、高粱不受棉枯萎病菌的侵染。1979年证明对玉米除强制接种可感染外,病土自然侵染的可能性不大。为陕西棉区推广二年三作小麦——玉米——棉花的轮作倒茬防病措施提出了试验依据。

(4)通过试验还明确了甘薯不宜作为棉花前作或与棉花套作,供试甘薯品种88—3的被侵染,茎基部带菌率为26.4%,叶柄带菌率为30%。两年的测定均证明,病菌能上升到地上部,幸而未发现薯块的内部带菌。

(5)试验对8科18种作物69个品种测定结果,除对照棉花外,未发现一种作物为显症寄主。国外报导高粱、墨西哥向日葵能为棉枯萎病菌侵染,我们选用高粱蔗和其他向日葵为试验材料,所得结果与之相反。在美国报导Burley烟草及yelRedo大豆为显症寄主,并是区分生理小种的鉴别寄主。我们的试验在烟草中包括了Burley 5及21,大金元(Gold Dollar)等共11个材料以及大豆品种16个材料,均未找到显症寄主。

(6)对棉田杂草的分离鉴定,初步确定除灰黎菜不受棉枯萎病菌感染外,香附,野茄及刺蓟均能受侵染而带有病菌。

美国阿姆特朗等(Armstrong G. M. and Armstrong. J. K, 1960),在测定棉花枯萎病菌的生理型时,用沙培接种法测定某些生理型的寄主范围不限于棉花,而且能够

侵染烟草 (White Burley) 及大豆 (Yel Redo)。并且根据这一特征, 将美国的棉枯萎病菌区分为生理小种 1 号及 2 号。随后各国学者通过接种, 发现棉枯萎病菌的寄主数量相当广泛。例如伍德和艾伯尔斯 (Wood, C. M. and, D. L. Ebbels, 1972) 用坦桑尼亚的棉枯萎病菌对多种植物进行接种, 其结果以洋麻 (*Hibiscus Cannbines*) 及木槿属的 *Hibiscus panduriformis* 感染最烈。发病的洋麻维管束变色, 发病率达 64%。

伍德等所用的接种方法是强制入侵。即先将根部拔出洗净, 蘸上孢子悬浮液, 然后再种到土壤里去, 有些学者还用针刺接种。这样所作出的寄主范围势必比田间自然发病的范围为广。例如伍德接种洋麻时, 尽管发病率在六成以上, 带菌植株达 98%, 但在坦桑的洋麻产区, 这个作物并无枯萎病, 这是因为强制接种不可能真切地反映自然侵染情况。可见在进行寄主范围的试验时, 不宜采用强制接种种法, 而应采取土壤接种法。因为土壤接种法的好处是在不作人工创伤的条件下, 测定病菌的入侵及致病能力。只有这样才能把答案放在可靠的基础之上。

本试验采用了土壤接种法, 以反接测定为根据, 其结果在 1978 年接种的 15 种作物中小麦、玉米、高粱及向日葵等四种作物未能从内部组织中分离出可以使棉花发生枯萎病的尖孢镰刀菌。其余十一种作物的组织内不仅分离获得病菌并经反接测定, 确证为棉花枯萎病的致病菌。说明早期文献认为棉枯萎病菌的专化性强, 仅为害棉花和秋葵的结论是根据作物外部不显症标致作的结论, 而没有考虑到无症状潜伏带菌所起的宿主作用。这将是涉及轮作倒茬防病的重要问题。

棉枯萎病菌在自然条件下, 对玉米致病的可能性很小, 因此, 北方棉区广大群众长期以来利用小麦、玉米和棉花倒茬的防病作用应该肯定。在禾本科作物中大麦的带菌量高, 侵染率为 6.6%, 而玉米却很少侵染或只能被强制感染, 这其间的差异机制问题却需要进一步明确。我们试验在选择材料上还有不足之处, 重复的次数也不够, 把棉枯萎病菌寄主范围的试验放到重病地区上重复验证是属必要。才能够进一步肯定小麦、玉米、高粱等作物在重病区对枯萎病菌的抗拒能力。

参 考 文 献

1. 许如琛、韩仪, 1964. 棉花枯萎病菌的致病性及其炭素营养的试验研究, 植物保护学报 3 (4) 387—393。
2. 中国农业科学院棉花所, 国外棉花黄、枯萎病研究动态 (1973—1976), 全国棉花枯萎病综合防治研究协作组资料选编。
3. K. H. 唐姆茨等著. 1979. 农业土壤真菌, 科学出版社。
4. 江苏省农科院植保所, 1978. 棉花枯萎病菌的寄主植物初步研究, 全国植物病理学术讨论会论文。
5. Armstrong, G. M., Armstrong, J. K, 1948. Non-susceptible hosts as Carrier of Wilt Fasaria, phytopath, 33, 808—826。
6. Armstrong, G. M., Armstrong, J. K, 1975. Annuals of phytopathology Vol,

13.

7. Smith, S. M. and W. C. Snyder, 1975. Apersistenoe *F. oxysporum* f. sp, vasinfectum in fields in the absence of cotton, phytopath, 65, 190—196.

8. Wood, C. M. and Ebbels, D. L. 1972. Host range Survival *F. oxysporum* f. sp. Vasinfectum, Cott.Rev. (1972) 49. 79—82.

9. Armstrong, G. M. and J. K. Armstrong, 1978. A new race (race 6) of the Cotton—wilt *Fusarium* from Brazil, plant,Dis. Rep. 62 : 421—423.

HOST RANGE OF FUSARIUM WILT OF COTTON AND ITS CONTROL BY CROP ROTATION

Li Junyan Yang Zhiwei Han Huaili Zhang Puxuan Ma Guizhen

(Department of Plant Protection, the Northwestern
College of Agriculture)

Eighteen field crops including corn, wheat, barley, tobacco, soybean and sweet potatoes were tested but only cotton showed typical wilt symptoms. All the other crops inoculated failed to show any observable wilt or discolored symptoms on the leaves, no distinguishable vascula discolorations were found in the longitudinal or cross Sections of the stems. Reisolations of the plants recovered the pathogen and identified both by cultural characters and successful inoculations on cotton. The crops failed to show symptoms after successful infections were considered to be carriers of the pathogen. Sweet potatoes carried more wilt pathogens than any of the other hosts and considered not feasible for rotation with cotton. Eleven tobacco cultivars including “Burley” and “Gold Dollar” and 16 soybean cultivars were inoculated and failed to show any symptoms. Since “Burley” and “Gold Dollar” tobacco and “Yelredo” soybean were used as hosts the identification of the American races of *Fusarium oxysporum* f. sp. vasinfectum, They were suggested to be tested in the identification of the physiological races of the pathogen in China.

Among the cereal crops inoculated, barley carried more pathogens Than wheat. Corn was not infected by soil inoculation and might be considered as a feasible crop in The wheat—Corn—Cotton rotation system, an ordinary practice in the Shanxi cotton region.