



棉花抗黄萎病 研究进展

◎ 张保龙 承泓良 杨郁文 编著

中国农业科学技术出版社

目次

棉花抗黄萎病研究进展

棉花抗黄萎病 研究进展

◎ 张保龙 承泓良 杨郁文 编著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

棉花抗黄萎病研究进展/张保龙, 承泓良, 杨郁文编著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2012. 3

ISBN 978-7-5116-0811-6

I. ①棉… II. ①张… ②承… ③杨… III. ①棉花-黄萎病-防治-研究
IV. ①S435.621.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 020515 号

责任编辑 鱼汲胜

责任校对 贾晓红 郭苗苗

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电话 13671154890 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)

(010) 82109703 (读者服务部)

传真 (010) 82106626

网址 <http://www.castp.cn>

经销者 新华书店北京发行所

印刷者 北京富泰印刷有限责任公司

开本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张 18.5

字数 330 千字

版次 2012 年 3 月第一版 2012 年 3 月第一次印刷

定价 46.00 元

版权所有·翻印必究

前 言

民以食为天，人以衣蔽体。棉花是重要的经济作物，它既是纺织工业的重要原料，又是轻工业、食品、化学、医学和国防工业中不可或缺的重要原料，也是发展中国农村经济，增加农民收入的重要资源。因此，实现棉花生产的可持续发展，具有重要的政治意义和经济价值。

棉花黄萎病是世界上各产棉国为害棉花最严重的病害，素有棉花“癌症”之称。自 20 世纪 30 年代传入中国以来，一直呈发展蔓延的态势。尤其以 20 世纪 90 年代开始，黄萎病为害逐年加重，1993 年、1995 年、1996 年、2002 年和 2003 年黄萎病大发生，每年损失皮棉 8 万~10 万 t，已对棉花生产的高产稳产构成严重威胁，成为发展棉花生产的主要技术障碍。研究攻克这一难题，势在必行。1972 年，经国家农牧渔业部批准，由我国老一辈著名棉病专家沈其益、仇元教授主持的棉花枯、黄萎病综合防治协作组，集中组织了植保、育种、栽培等学科和教学、科研、生产等部门的专业人才，协作攻关，取得了卓有成效的丰硕成果，为我国棉花黄萎病综合防治技术的研究与应用，奠定了坚实的基础。

本书立足于我国研究结果，也适当引用一些国外的研究结果，着重总结 20 世纪 70 年代以来棉花黄萎病综合防治的理论研究与实践应用的成果。内容包括黄萎病的发生为害、病原菌、致病机理、抗病机制、黄萎病抗性鉴定方法、抗黄萎病常规育种与分子育种、黄萎病的农业防治、农药防治与生物防治等，共十章。

编写过程中，在参阅大量公开发表的文献资料的基础上，有选择地吸取了国内外有关方面的研究成果。在此，谨向各位作者致以衷心的感谢。由于棉花黄萎病的防治涉及病原菌、寄主（棉花）和环境之间相互关系，是一个十分复杂的系统，故本书内容涉及面广，加之笔者的学识和编写水平有限，书中难免有疏漏、不全面之处以及存在缺点、错误，敬请广大读者批评指正。

张保龙 承泓良 杨郁文

2012 年 1 月

目 录

第一章 棉花黄萎病的发生与为害	001
一、发生蔓延	001
二、病害症状	003
三、为害损失	004
四、发病条件	011
五、棉花黄萎病发生的遥感监测技术	020
第二章 棉花黄萎病病原菌	025
一、病原菌的分类学鉴定	025
二、病原菌的形态特征	026
三、病原菌的寄主植物	027
四、病原菌致病力分化的鉴定	028
第三章 棉花黄萎病的致病机理	065
一、棉花黄萎病菌的侵染过程	065
二、导管堵塞	071
三、毒素致萎	072
四、棉花黄萎病菌致病的分子机理	087
第四章 棉花黄萎病的抗病机制	090
一、棉花组织结构抗性	091
二、棉花生理生化抗病性	092
三、棉花生态抗性	103
四、棉花抗黄萎病的分子机制	107



第五章 棉花黄萎病抗性鉴定方法	110
一、人工病圃鉴定	110
二、田间自然病圃鉴定	113
三、室内苗期鉴定	113
四、不同菌系间互作对抗病性鉴定的影响	122
五、棉田病情取样调查技术	124
六、棉花种质资源抗黄萎病性鉴定方法及抗性评价标准	127
第六章 棉花抗黄萎病常规育种	132
一、抗病品种在黄萎病综合防治技术体系中的作用与地位	132
二、病原菌与寄主（棉花）的交互作用	133
三、黄萎病抗性遗传	137
四、种质资源	147
五、育种方法	150
六、田间试验技术	170
第七章 棉花抗黄萎病分子育种	178
一、分子标记辅助育种	178
二、转抗病基因育种	183
三、分子设计育种	194
第八章 棉花黄萎病的农业防治	196
一、黄萎病的侵染循环	196
二、棉田土壤中的微菌核	197
三、轮作	201
四、土壤耕作	204
五、施肥	205
六、其他措施	209
第九章 棉花黄萎病的农药防治	210
一、缩节安	210

二、化学类农药	213
三、生物类农药	218
四、化学类农药与生物类农药混用的防病效果	223
第十章 棉花黄萎病的生物防治	226
一、微生物的利用	226
二、抗病性的诱导	246
三、有机改良剂的利用	251
主要参考文献	254

棉花黄萎病 (Fusarium wilt) 是由黄萎病菌 (Fusarium oxysporum) 引起的一种维管束病害。该病在棉花生产上危害严重，已造成棉花减产。

一、发生蔓延

自 1914 年 Laperriere 在美国发现棉花黄萎病以来，该病向世界各地蔓延，目前已遍及 21 个国家和地区。黄萎病已造成严重危害，在棉区，田间生长不良，植株矮小，叶片发黄，果实脱落，甚至死亡。黄萎病在棉花生产上危害严重，已造成棉花减产。

黄萎病的病原菌广泛分布在 1937 年由美国运到中国的种子中。黄萎病是由土壤中的病原菌引起的，病原菌在土壤中生存，当棉花根系接触到病原菌时，就会感染黄萎病。黄萎病在棉花生产上危害严重，已造成棉花减产。

黄萎病在 1937 年传入中国，由于当时缺乏防治知识，黄萎病在棉花生产上危害严重，已造成棉花减产。黄萎病在棉花生产上危害严重，已造成棉花减产。

第一章

棉花黄萎病的发生与为害

棉花黄萎病 (*Verticillium dahliae* Kleb.) 是世界性主要危险性病害之一, 对棉花生产的可持续发展构成严重威胁, 已被列为植物检疫对象。

一、发生蔓延

自 1914 年 Carpenter 在美国发现棉花黄萎病以后, 很快向世界各主要产棉国传播蔓延。到 21 世纪初, 黄萎病已遍布于秘鲁、巴西、阿根廷、委内瑞拉、墨西哥、乌干达、刚果、突尼斯、阿尔及利亚、美国、俄罗斯、澳大利亚、土耳其、叙利亚、以色列、伊拉克、伊朗、印度、保加利亚、希腊、西班牙、乌克兰、阿塞拜疆、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦等国。

中国的棉花黄萎病是在 1935 年由美国引进斯字棉种子传入的。当时, 凡是承担试种这批棉种的棉区, 如河南安阳、河北正定、山东高密、山西运城和临汾、陕西泾阳和三原等地, 都陆续发现了黄萎病, 并逐年传播蔓延。马存等 (2007) 把我国棉花黄萎病的发生为害划分为 4 个阶段: 第一阶段, 20 世纪 30 年代到新中国成立为传入和缓慢扩展阶段; 第二阶段, 20 世纪 50 ~ 60 年代为扩张蔓延为害阶段; 第三阶段, 20 世纪 70 ~ 80 年代为进一步扩展蔓延, 轻度为害阶段; 第四阶段, 20 世纪 90 年代以后为严重为害阶段。

新中国成立后至 1959 年, 12 个产棉省 (市、自治区) 的棉花黄萎病仅局部零星发生, 而 1935 年首先传入该病的 5 省 7 县已成为黄萎病重病区。1963 年, 有 14 个产棉省 (市、自治区) 的 75 个县 (市) 发病; 1965 年, 扩展到 17 个省

(市、自治区) 172 个县(市) 发生黄萎病, 并且为害程度逐年加重。20 世纪 60 年代中期, 黄萎病发病严重的省(市、自治区) 主要是北方棉区的灌溉棉地区及河滩地, 旱地发病较少。

1973 年, 全国黄萎病发病面积 136.5 万亩 (9.1 万 hm^2 ; $5 \text{ 亩} = 1 \text{ hm}^2$ 。全书同), 占全国棉田面积的 1.8%。1977 年, 全国黄萎病面积 135 万亩, 枯萎病 151.1 万亩, 枯、黄萎病混生面积 505.5 万亩, 分别占全国棉田面积的 1.9%、2.1% 和 9.0%。1982 年, 全国普查, 枯、黄萎病发病面积 2 223 万亩, 占普查面积 7 111.5 万亩的 31.3%, 其中, 黄萎病面积 195 万亩, 枯、黄萎病混生面积 2 070 万亩, 枯萎病面积 1 371 万亩。1982 年, 黄萎病发病县(市) 由 1963 年的 201 个增加到 477 个。

20 世纪 90 年代初, 黄萎病的为害逐年加重, 特别是 1993 年, 我国南北棉区气温比常年低, 加上土壤含菌量大, 造成黄萎病的大暴发, 发病面积约占全国植棉面积的一半, 重病田面积 199.5 万亩。尤其是北方棉区, 重病田棉花病株率在 80% 以上, 其中, 落叶成光秆的部分地块病株率高达 52%。1995 年、1996 年和 2002 年, 黄萎病再次连续大发生, 给棉花生产造成重大损失(表 1-1)。1995 年, 在河北、山东、山西、陕西棉区大面积发生, 其中, 重病田达 1 500 万亩。有些主要产棉县、乡的重病田出现大量病株落叶成光秆现象, 一般减产 30% ~ 50%, 重病田减产高达 70%。江苏省 1996 年调查, 发病面积占 45.5%; 其中, 常熟市 12.6 万亩棉田, 发病面积约 10.5 万亩, 折实死苗光秆面积 1.95 万亩; 通州市三余镇棉田发病面积在 90% 以上; 大丰市 1999 年发病面积 1.84 万亩, 占全市植棉面积的 69.1%, 其中, 约占 1/3 的落叶型光秆病田基本无收。

表 1-1 1993~2002 年棉花黄萎病流行状况(简桂良等, 2002)

年份	流行面积(万亩)	流行区域
1993	4 005	黄河流域、长江流域棉区
1995	2 400	黄河流域棉区
1996	1 995	黄河流域的冀、鲁、豫 3 省
1997	600	长江流域棉区
1998	1 200	黄河流域的鲁、豫 2 省
1999	1 500	鲁西、豫东、江苏苏北
2000	1 500	鲁西、豫东、江苏苏北
2002	4 500	黄河流域、长江流域棉区及西北内陆棉区

二、病害症状

棉花黄萎病均系病原菌从根部入侵、系统侵染危害棉株，因此，从苗期到成株期的各个生育阶段，均可表现病症。

在自然条件下，苗期通常不表现症状。但在温室和人工病圃里，2~4片真叶期的棉苗有时也能发病。采用在茎基部人工针刺注射接种，接种后15天左右棉苗子叶开始发病，24天左右真叶陆续发病。苗期黄萎病的症状是病叶边缘开始褪绿发软，呈失水状，叶脉间出现不规则淡黄色病斑，病斑逐渐扩大，变褐色干枯，维管束明显变色。

棉花现蕾以后逐渐发病，一般在7月、8月份开花结铃期发病达到高峰。其症状比较单纯，常见的是：病株由下部叶片开始发病，逐渐向上发展，病叶边缘稍向上卷曲，叶脉间产生淡黄色不规则的斑块，叶脉附近仍保持绿色，呈掌状花斑，类似花西瓜皮状，斑块逐渐扩大，变成褐色枯斑，甚至整个叶片枯焦，脱落成光秆；有时在病株的茎基部落叶的叶腋里，可发出赘芽和枝叶。黄萎病株一般并不矮缩，还能结少量棉桃，但早期发病的重病株有时也变得较矮小。在棉花铃期，盛夏久旱后遇暴雨或大水漫灌时，田间有些病株常发生一种急性型的黄萎症状，先是棉叶呈水烫样，继则突然萎垂，迅速脱落成光秆。棉花叶片呈掌状花斑型是黄萎病的代表症状。

病株的症状是受病株一系列病理生理变化的外部反映，与病原菌致病力的强弱也有一定的关系。如致病力弱的黄萎病菌株致病棉株后，多呈黄化型与斑驳型，致病力中等的菌株，呈西瓜皮型与枯斑型，致病力强的菌株呈枯斑型，而落叶型菌株致病后，则可致棉株呈落叶型。

症状表现往往因品种、自然环境的不同而有差异，如抗病品种中的感病株多呈青枯型、黄化型。而同期的感病品种则有多种症状型，气温低时为紫红型，雨后转晴时呈青枯型，严重的呈皱缩型、枯斑型，再严重的呈光秆型。在生产上，往往几种症状型混生于一株上，尤其是枯、黄萎病混合发生田，混生的症状类型更为普遍。

棉花枯、黄萎病症状的区别在于：

(1) 黄萎病出现慢，现蕾才开始发生；而枯萎病在出苗期即可发生，蕾期是发病盛期。



(2) 黄萎病一般先从下部叶片发病, 逐渐向上发展; 而枯萎病则常常自顶部向下发展。

(3) 黄萎病植株一般不矮缩, 叶片大小无变化; 而枯萎病植株表现矮缩, 略呈变曲, 叶片常变小而皱缩。

(4) 黄萎病叶脉保持绿色, 主脉间叶肉变黄, 呈斑块状; 而枯萎病植株叶脉常变黄, 表现为网纹状。

(5) 黄萎病前期落叶少, 后期落叶多; 而枯萎病常引起早期落叶, 形成光秆。

(6) 黄萎病基部剖开, 有浅褐色条纹; 而枯萎病是深褐色条纹, 自根部到顶部形成一条直线。

普查诊断棉花枯、黄萎病时, 除了观察病株外部症状外, 必要时应剖开茎秆检查维管束变色情况。感病严重植株, 从茎秆到枝条甚至叶柄, 内部维管束全部变色。一般情况下, 枯萎病株茎秆内维管束显褐色或黑色条纹, 黄萎病较枯萎病变色稍浅。调查时剖开茎秆或掰下空枝、叶柄, 检查维管束是否变色, 这是田间识别枯萎病或黄萎病的可靠方法, 也是区别枯、黄萎病与红(黄)叶茎枯病, 排除旱害、碱害、缺肥、蚜害、药害、植株变异等原因引起类似症状的重要依据。此外, 由于枯、黄萎病维管束变色的深浅不是绝对的, 有时黄萎病重病株比枯萎病轻病株维管束变色还来得深些, 这就需要辅之以室内分离鉴定工作。

三、为害损失

黄萎病对棉花生产造成的经济损失是巨大的, 一是产量损失, 二是纤维品质损失。

(一) 产量的损失

在俄罗斯, 每年因黄萎病使棉花减产 25% ~ 30%, 仅 1996 年就损失原棉 50 万 t。在美国, 1953 ~ 1990 年, 平均每年由于黄萎病为害而损失全国棉花总产的 2.23%, 其中, 最重的 1961 年损失皮棉 58 万包 (1 包 = 217.92 kg。下同) (表 1-2)。我国各地黄萎病大发生的 1993 年, 损失皮棉 100 万 t 左右。如果根据美国和中国的损失估算, 全球每年由于黄萎病为害约损失 150 万包棉, 价值达 1 亿多美元 (Bell 等, 1992)。

表 1-2 1952~1990 年黄萎病在美国造成的棉花产量损失* (Bell 等, 1992)

年份	损失率 (%)	损失 (100 包*)	年份	损失率 (%)	损失 (100 包*)
1952~1954	1.62	559.2	1973~1975	2.60	861.3
1955~1957	1.50	623.3	1976~1978	2.59	896.6
1958~1960	1.93	907.9	1979~1981	2.36	1 037.3
1961~1963	2.57	1 238.8	1982~1984	1.50	521.6
1964~1966	3.03	1 028.6	1985~1987	1.90	740
1967~1969	3.48	966.6	1988~1990	1.46	857.0
1970~1972	2.41	839.1			
				合计	11 077.3

注: * 1 包等于 217.92kg, 全书同

棉花黄萎病的发生导致棉株经济性状的下降。棉株感染黄萎病后, 生理活性降低, 生物总量和经济产量下降。陆郝胜等 (1985) 报道, 黄萎病发病时间对棉花产量及组成因素有很大的影响。即随着 4 级病株出现越早, 对籽棉产量、皮棉产量、单株铃数、铃重和衣分影响越大, 其中, 以产量和铃数受影响最大 (表 1-3)。

表 1-3 不同时间 4 级黄萎病株的棉花产量及组成因素比较

4 级病株 出现时间	各期 4 级 病株 (%)	单株籽棉 比对照减 (%)	单株皮棉 比对照减 (%)	单株结铃 比对照减 (%)	单株铃重 比对照减 (%)	单株衣分 比对照减 (%) [*]
6 月	4.0	100	100	100		
7 月	5.3	72.65	75.18	57.22	41.79	10.79
8 月上半月	19.3	70.57	72.56	59.59	26.45	7.92
8 月下半月	44.7	32.35	35.01	13.84	21.69	4.27
9 月 (对照)	24.7					

郭长佐等 (1987) 根据调查分析结果指出, 各病级间有着不同的产量。I 级病株单株籽、皮棉产量分别较健株降低 30.66% 和 30.43%, 平均单株结铃数减少 22.48%, 单铃重降低 0.28g, 衣分下降 0.9 个百分点; II 级病株单株籽、皮棉产量分别较健株降低 34.43% 和 35.19%, 单株结铃数减少 27.88%, 单铃重降低 0.4g, 衣分降低 0.32 个百分点; III 级病株单籽、皮棉产量较健株降低 42.0% 和 49.03%, 单株结铃数减少 35.67%, 单铃重降低 0.56g, 衣分降低 1.55 个百分点; IV 级病株单株籽、皮棉产量分别较健株降低 65.28% 和 75.07%; 单株结铃数减少 57.24%, 单铃重降低 0.73g, 衣分下降 1.26 个百分点; V 级病株单株籽、皮棉产量分别较健株降低 71.77% 和 79.17%; 单株结铃数减少 64.72%, 单铃重降低 0.97g, 衣分下降 3.39 个百分点。陈春泉等 (1990) 研究结果表明,



重、轻病田分别与零星病田产量相比,按百分率计算产量损失。1984 年重病田损失 23.7%,轻病田损失 12.2%。1985 年黄萎病发病高峰早于常年,产量损失幅度偏大,重病田损失达 30% 以上,轻病田损失 23.8%。1986 年试验结果,重病田减产 22.5%,轻病田减产 11.8%。试验结果同时还表明,黄萎病对重病田、轻病田产量影响的主要因素是单株结铃数减少和铃重下降,这些均是构成产量的主要因素(表 1-4)。

表 1-4 不同类型田单株铃数及铃重比较

类型田*	1984 年		1985 年		1986 年	
	单株结铃	铃重(g)	单株结铃	铃重(g)	单株结铃	铃重(g)
重病田	10.30	3.43	9.56	3.05	10.23	2.64
轻病田	10.59	3.68	9.79	3.19	11.66	2.92
零星病田	12.47	3.68	11.18	3.76	12.40	3.34

注: * 重病田 = 病指 40 以上,轻病田 = 病指 10~20,零星病田 = 病指 5 以下

李妙等(1995)研究了 3 个棉花品种不同黄萎病级对产量的影响。结果指出,Ⅰ级病株的单株籽棉产量平均比健株降低 8.21%,单株结铃数减少 7.32%,单铃重减轻 2.84%,衣分下降 4.83 个百分点;Ⅱ级病株的单株籽棉产量平均比健株降低 27.88%,单株结铃数减少 35.98%,单铃重减轻 7.57%,衣分下降 3.86 个百分点;Ⅲ级病株的单株籽棉产量平均比健株降低 48.01%,单株结铃数减少 61.85%,单铃重减轻 11.63%,衣分下降 4.86 个百分点;Ⅳ级病株的单株籽棉产量平均比健株降低 80.51%,单株结铃数减少 79.24%,单铃重减轻 16.23%,衣分下降 5.05 个百分点;黄萎病对棉花产量损失的影响,主要表现在单株结铃数的减少、铃重减轻和衣分下降,但三因素在产量损失中的作用是有所不同的。单株结铃数是形成产量的主要因素,也是构成产量损失的主导因素,其次是铃重,再次是衣分,而且随着病级的升高,单株结铃数在产量损失中的作用愈加明显。刘占国等(1999)研究结果指出,病情指数与皮棉产量间存在着显著和极显著的相关关系(1995 年、1996 年和 1997 年的相关系数分别为 -0.7973^{**} 、 -0.6422^{**} 和 -0.7748^{**})。回归分析结果表明,随着病情指数的增加,皮棉产量显著下降。皮棉产量(Y)依病情指数(X)的回归方程分别为:

$$Y = 3.0847 - 0.0308X \quad (1995 \text{ 年})$$

$$Y = 12.3224 - 0.0967X \quad (1995 \text{ 年})$$

$$Y = 10.1740 - 0.0591X \quad (1995 \text{ 年})$$

可见随着病情指数增加,皮棉产量显著下降。

棉花产量损失与黄萎病在棉花不同生育期发生的时间有密切关系。石磊岩等(1990)研究明确了黄萎病发病早晚对产量影响的差异。7月下旬前发病棉株平均减产66.9%,7月下旬以后发病棉株平均减产20.3%,7月下旬前发病的损失为7月下旬后发病的3倍多。从症状类型比较,落叶型和急性萎蔫型黄萎病株易死亡,其损失为最重,甚至绝收(表1-5)。这一结果与吕金殿等(1989)对地下部分研究,分离0~20cm土层内的土样,结果以6~7月两个月每克土样分离的微菌核,比其他月份的数量均多。所以,棉株发病时间早、持续时间长的,则表现出对结铃和产量损失的影响就越大。

表1-5 棉花黄萎病不同发病期为害损失比较

结果 类型	项目 试验点	株高 (cm)		果枝数 (个)		棉铃数 (个)		籽棉 (kg/亩)			皮棉 (kg/亩)		
		平均 值	比健 株减 少 (%)	平均 值	比健 株减 少 (%)	平均 值	比健 株减 少 (%)	平均 值	病株 比健 株减 少 (kg)	病株 比健 株减 少 (%)	平均 值	病株 比健 株减 少 (kg)	病株 比健 株减 少 (%)
早期发病 株(7月 下旬前)	北京	44.1	43.4	5.8	38.9	5.7	69.2	100.3	228.9	69.5	37.31	84.75	69.4
	新乡	71.5	23.7	10.9	6.8	6.9	64.4	114.4	206.8	64.4	42.57	76.94	64.3
	两点 平均	57.8	33.6	8.4	22.9	6.3	66.8	107.4	217.9	67.0	39.94	80.85	66.9
晚期发病 株(7月 下旬后)	北京	75.5	3.1	8.7	8.4	13.8	25.4	253.6	75.6	22.9	94.34	27.73	22.7
	新乡	88.9	5.1	12.3	+5.1	16.0	17.5	264.1	57.2	17.8	98.23	21.29	17.8
	两点 平均	82.2	4.1	10.5	9.4	14.9	21.5	258.8	66.4	20.4	96.28	24.51	20.3
健株 (对照)	北京	77.9		9.5		18.5		329.2			122.06		
	新乡	93.7		11.3		19.4		321.3			119.52		
	两点 平均	85.8		10.6		18.9		325.2			120.79		

注:北京病圃棉花品种为徐州142,新乡基点的品种为86-1号,表中平均值为两年数据的平均

孔令甲等(1996)报道了长江流域中游棉区田间黄萎病的发生时期对棉花产量损失的影响(表1-6)。表1-6结果表明,在始病期出现症状的棉株(6月13~23日,占全年总发病株率的28.67%)平均为16.93个桃,产量损失率为23.71%;病害盛发期出现症状的(6月29日至7月18日,占全年发病株率的59.33%)单株成桃数仅14.33个,产量损失率达33.45%;而8月以后,旬平均



气温 $>28^{\circ}\text{C}$ ，病株出现隐症，其成桃数明显高于隐症前发病的病株。所以，在 8 月 3 日至 9 月 8 日出症状的病株，只占全年发病株率的 2%，单株成桃数达 21.98 个，产量损失率仅为 0.95%。由此可见，在长江中游棉区，黄萎病对产量的损失，以病株隐症前病害盛发期出现症状的病株损失最重。

表 1-6 棉花黄萎病的发生时期及对成桃结构的影响

发病时期	发病株		平均病情 指数	9 月 14 日单株平均		平均损失 率 (%)	平均气温 ($^{\circ}\text{C}$)
	株数	占全年 (%)		落蕾数	成桃数		
始病期	43	28.68	51.4	47.83	16.93	23.7	24.5
盛病期	89	59.33	57.1	48.65	14.77	33.45	26.4 ~ 27.2
末病期	18	12.00	45.5	52.43	21.98	0.95	28.3 ~ 26.9
健株				33.70	22.20		

为探明不同棉花生育期接种黄萎病对棉花产量的影响，杨之为等（1990）用陕西泾阳棉黄萎菌系经 Czapek 营养液振荡培养，制备孢子悬浮液，分别在现蕾初期、开花前期及开花盛期进行针刺接种。试验结果表明，现蕾初期接菌的小区平均籽棉产量为 0.65kg；开花期接菌的为 0.60kg；盛花期接菌的为 0.89kg，与对照小区产量（0.89kg）相一致。说明接菌早对产量影响大；而接菌晚开花后期发病对产量影响不大。依不同接菌期的病情指数与小区产量作相关分析，结果同样表明，早期发病的病指与产量之间相关性达极显著水平；中期发病的两者之间相关性达显著水平，而发病晚的两者之间无显著的相关性。

黄萎病对不同抗性类型棉花品种产量影响也是不一样的。刘素恩等（2005）以 4 个不同类型的种质系 946（丰产耐病，纤维品质一般）、120（丰产耐病，比强度较高）、N71（纤维品质优良，产量低，抗病差）和 Z10（丰产耐病，纤维较长）为材料的试验结果表明，各种质系单株籽棉产量随黄萎病级升高，均呈现下降趋势，但下降程度不同。丰产抗病种质 120 系下降程度较低，从 16.05 ~ 58.93g；纤维品质优良种质 N71 系下降程度最高，从 34.26 ~ 85.29g；耐病种质 946 系与其他种质有所不同，病级 1 的产量没有降低，病级 2 和病级 3 的产量降低也很少，分别为 1.14g 和 10.22g，而病级 4 的产量降低很高，为 49.15g（图 1-1）。

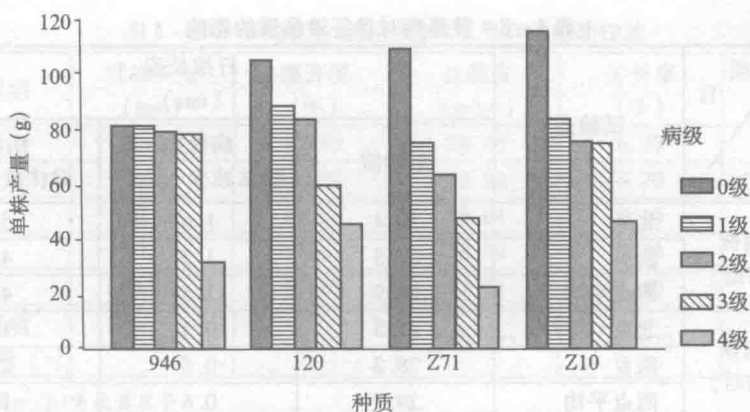


图 1-1 发病级别对不同种质系产量的影响

(二) 棉纤维品质的损失

黄萎病影响棉纤维的长度、细度、强力及成熟度。孔令甲等(1985)报道,纤维长度和单强随黄萎病病指的加大而下降。戴雁忠等(1985)试验结果表明,纤维品质随发病级别的增高,短绒率有所增加,主体长度、品质长度、成熟度和强力呈下降趋势,细度变细(表1-7)。

表 1-7 棉花不同病级纤维品质

病级	短绒率 (%)	主体长度 (mm)	品质长度 (mm)	成熟度	强力 (g)	细度 (m/g)	基数
0	13.96	27.41	30.10	1.62	4.28	5 379	44
1	13.84	27.01	29.45	1.60	4.03	5 819	44
2	15.60	27.49	29.89	1.46	3.64	6 150	42
3	17.90	26.85	29.29	1.30	3.29	7 202	40
4	16.77	25.49	27.91	1.28	3.16	7 198	41

陈春泉等(1990)研究指出,感染黄萎病的棉株,其纤维长度缩短0.9mm,马克隆值减少0.64。石岩磊等(1990)指出,黄萎病影响棉纤维品质,早期发病株比晚期发病的严重。绒长,早期发病的平均为28.9mm,晚期发病为29.9mm,健株为30.4mm,依次比健株减少1.5mm和0.6mm(表1-8)。



表 1-8 黄萎病对棉纤维品质的影响

结果 类型	项 目	试验点	纤维长度 (mm)		
			平均值	病株比 健株减少 (mm)	病株比 健株减少 (%)
早期发病株 (7月下旬前)		北京	30.4	1.6	5.0
		新乡	27.5	1.3	4.5
		两点平均	28.9	1.5	4.8
晚期发病株 (7月下旬后)		北京	31.5	0.5	1.6
		新乡	28.2	0.6	2.1
		两点平均	29.9	0.6	1.9
健株 (对照)		北京	32.0		
		新乡	28.8		
		两点平均	30.4		

李妙等 (1995) 研究结果指出, 棉株感染黄萎病以后, 使棉纤维的细度有所变细, 强力有所下降, 成熟度降低, 长度明显变短 (表 1-9)。狄佳春等 (2004) 报道 (表 1-10), 随着黄萎病发病级别的增加, 纤维强度和马克隆值都逐渐下降, 而伸长率逐渐提高。发病级别与纤维比强度和马克隆值呈极显著负相关, 与伸长率呈极显著正相关。回归方程表明: 发病级别每增加 1 级, 纤维比强度下降 0.408g/tex, 伸长率提高 0.22 个百分点, 马克隆值降低 0.29。

表 1-9 发病程度对纤维品质的影响

品种	病级	细度 (m/g)	强力 (g)	断长 (km)	长度 (mm)	成熟度
徐 409	0	5 950	3.64	21.63	29.25	1.73
	1	6 733	3.24	21.77	27.37	1.66
	2	6 475	3.35	21.70	27.05	1.65
	3	6 745	3.34	22.64	25.93	1.58
	4	7 125	2.98	21.23	28.64	1.44
陕 5240	0	6 280	3.47	21.79	29.68	1.65
	1	6 460	3.42	22.09	25.62	1.51
	2	6 475	3.34	21.63	26.64	1.63
	3	6 795	3.27	22.22	26.86	1.58
	4	6 470	3.13	20.25	27.60	1.60