

# 棉花黄萎病防治技术研究进展

马宗斌<sup>1</sup>, 严根土<sup>2\*</sup>, 刘桂珍<sup>3</sup>, 霍晓妮<sup>3</sup>, 贾文华<sup>3</sup>

(1. 河南农业大学 农学院, 河南 郑州 450002;

2. 中国农业科学院 棉花研究所, 河南 安阳 455000; 3. 河南省种子管理站, 河南 郑州 450003)

**摘要:** 黄萎病是世界棉花生产面临的主要威胁之一。为此, 综述了近年来棉花黄萎病防治技术的主要研究进展, 包括种子检疫、轮作倒茬、选用抗病品种、健株栽培、生物防治、化学防治等措施, 并提出了今后黄萎病防治技术的主要研究方向。

**关键词:** 棉花; 黄萎病; 防治技术; 抗病品种; 化学防治

**中图分类号:** S435.621 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2012)02-0012-06

## Advances in Control Techniques of Cotton *Verticillium* Wilt

MA Zong-bin<sup>1</sup>, YAN Gen-tu<sup>2\*</sup>, LIU Gui-zhen<sup>3</sup>, HUO Xiao-ni<sup>3</sup>, JIA Wen-hua<sup>3</sup>

(1. College of Agronomy, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2. Cotton Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Anyang 455000, China;

3. Seed Administration Station of Henan Province, Zhengzhou 450003, China)

**Abstract:** *Verticillium* wilt (VW), caused by *Verticillium dahliae* Kleb., has become one of the most serious problems in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) production. Thus, the main means of controlling VW are summarized in this paper, which include seed quarantine, crop rotation, use of resistant cultivars, healthy plant cultivation, biological control, and chemical control. The main problems and research directions concerning VW are also put forward here.

**Key words:** cotton; *Verticillium* wilt; control techniques; resistant cultivars; chemical control

棉花黄萎病是土壤和种子传播的维管束病害, 发病范围大, 流行性强, 发病几率高, 广泛分布于世界各产棉国<sup>[1-3]</sup>。20 世纪 90 年代以来, 由于环境条件变化、抗虫棉大面积推广、棉区多年连作、病菌致病力多变等原因, 黄萎病在我国棉花主产区呈现加重危害的趋势<sup>[4-5]</sup>。目前, 我国黄萎病发生面积约占植棉总面积的 50%, 每年损失皮棉  $7.5 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4$  t, 直接经济损失  $16 \times 10^8 \sim 20 \times 10^8$  元, 已成为当前制约棉花生产实现高产、稳产、优质的瓶颈<sup>[6]</sup>。我国棉花黄萎病防治坚持“预防为主, 综合防治”的原则。近年来, 有关棉花黄萎病防治的研究报道较多。为此, 综述了棉花黄萎病防治技术研究进展, 并提出了黄萎病防治技术的主要研究方向, 以期对棉花黄萎病的防治和进一步研究提供参考。

### 1 加强种子检疫

黄萎病菌一旦传入土壤则很难根除, 故对无病田应采取严格的保护措施, 强化检疫, 严格控制带病种子和土壤进入无病区, 尤其是西北内陆棉区<sup>[5,7]</sup>。首先是做好普查工作, 划分无病区(田)、轻病区(田)和重病区(田), 在此基础上建立病田档案, 为植物检疫、品种布局和良种繁育打下基础。其次是建立无病供种基地, 繁育无病良种。第三是在调种和引种时, 凡调运带病种子, 应按检疫要求进行棉种消毒处理, 经过 2~3 a 试种、鉴定和繁殖后, 再在无病区推广<sup>[8-9]</sup>。同时, 应加强棉花种子南繁过程中的检疫工作。严格执行《植物检疫条例》的规定, 调进南繁基地的棉花种子必须来自无病区, 并经严格检疫不带

收稿日期: 2011-09-06

基金项目: 2012 年河南省农业科技成果转化资金项目; 河南省重大科技专项(081100110100)

作者简介: 马宗斌(1965-), 男, 河南光山人, 教授, 博士, 主要从事棉花生理生态教学和研究工作。

E-mail: zongbinma@163.com

\* 通讯作者: 严根土(1967-), 男, 浙江衢州人, 副研究员, 主要从事抗逆棉花育种及相关研究工作。

棉花黄萎病菌<sup>[10]</sup>。

## 2 合理轮作倒茬

棉田轮作倒茬是防治黄萎病最有效的措施之一。对于已被黄萎病菌污染的棉田,尤其是重病田和发现落叶型黄萎病的田块,应坚决地进行轮作倒茬。最好采用水旱轮作,3~5 a后再种棉花<sup>[5]</sup>。多年连作棉田改种水稻调茬后,棉花产量较轮作前增产20%左右<sup>[11]</sup>。没有水浇条件的地区,可采用棉花与玉米、高粱、谷子、小麦等禾本科作物轮作<sup>[5]</sup>。一般轮作1 a可减轻发病20%,2 a减轻发病30%,3 a减轻发病45%,4 a减轻发病65%<sup>[12]</sup>。

## 3 选育、选用抗病品种

选育、选用抗病品种是防治棉花黄萎病最经济有效的措施,受到世界主要产棉国的普遍重视<sup>[13]</sup>。尤其是种植面积较大,一时又无法进行改造的黄萎病棉区,应以种植抗病品种为主<sup>[5]</sup>。

美国通过培育 Acala、Pay-master、Deltapine 和 SP 等系列抗黄萎病品种,澳大利亚通过培育 Sicala 1 及随后系列的抗黄萎病品种,使黄萎病的危害逐年下降<sup>[6]</sup>。但这些国外抗黄萎病品种对我国主要的黄萎病菌系大部分仅能达到抗病水平。

自20世纪80年代以来,我国常规棉和抗虫棉的抗(耐)病品种均已陆续培育成功,如中棉所12、中棉所17号、豫棉19号、豫棉21号、冀杂1号、冀228、邯5158、中植棉2号等<sup>[14-16]</sup>。近几年,新疆棉区也选育出一些抗性较好的品种,如新陆早11号、12号、13号及中414、新陆中14<sup>[8,12]</sup>。这些品种的推广应用对控制病害的蔓延起到了一定的作用。但是随着抗虫棉在我国大面积推广,黄萎病的发生危害有回升趋势,主要是由抗虫棉特殊的遗传背景造成的<sup>[14]</sup>。目前仍缺少抗棉花黄萎病的基因,真正能达到高抗棉花黄萎病的品种较少,尤其是抗落叶型黄萎病品种选育进展缓慢<sup>[17]</sup>。另外,棉田黄萎病菌是一个复合种群,且强致病力菌系不断出现,导致在不同年份病菌致病力发生多变的现[18-19]。如河南省棉花黄萎病菌就有强、中、弱3种致病力类型<sup>[20]</sup>。对供试的20个新疆陆地棉品种的研究也表明,对于非落叶型和落叶型黄萎病,均没有免疫品种<sup>[9]</sup>。

## 4 开展健株栽培

在采用抗病品种的前提下,通过健株栽培,提高棉株自身的抗病性,可将病害所造成的损失降至最低程度<sup>[5]</sup>。

### 4.1 深翻土壤,培肥地力

秋季棉花收获后深翻土壤,除减少耕作层的黄

萎病菌数量,减少发病株率和减轻发病程度外,耕作层中的病株残体和致病菌在深层土壤也加速消解,对健康土壤有着重要意义<sup>[12]</sup>。研究表明,深翻20 cm比深翻10 cm发病株率下降22.5%~25.0%,病情指数减轻10.62%~16.88%,若翻耕深度加深至30 cm以上,防病效果更为显著<sup>[21]</sup>。在深翻时将有机肥翻入棉田,可改善土壤理化性质,增加有益微生物数量和通透性,提高棉花自身的抗病能力<sup>[22]</sup>。一般增施腐熟有机肥20~30 t/hm<sup>2</sup><sup>[7]</sup>。

### 4.2 播前种子处理

棉花种子外被的短绒是重要的带病器官,播前进行种子处理尤其是进行种子脱绒是减少种子带病的重要措施。同时,推广种子消毒技术,如使用福多甲种衣剂包衣或宁南霉素药剂拌种。2007年,新疆建设兵团农三师45团133.33 hm<sup>2</sup>重病棉田采用了这项技术,取得了较好的防治效果<sup>[12]</sup>。还可使用10%克百威+10%多菌灵+5%甲基立枯磷+2.5%锌肥的种衣剂进行种子包衣<sup>[23]</sup>。

### 4.3 平衡施肥

棉花黄萎病株以及其他多种植物病株残体,如未经充分腐熟和必要处理返施于棉田,发病株率可达84.8%。因此,应进行高温沤制,温度保持60℃以上,维持一周时间,再施入棉田。棉籽饼和棉籽壳也带有大量病菌,也不能直接作为肥料施入棉田<sup>[12]</sup>。

棉田施肥时,建议N、P、K比例为1:0.7:1<sup>[21]</sup>,也可采用1:0.5:1.2的比例<sup>[22]</sup>。这样既有利于控制病害,又能增加产量。试验表明,棉田增施有机肥和钾肥,黄萎病病株率平均下降15%~20%。一般在施足氮、磷及微肥的基础上,每公顷施有机肥或厩肥 $3.0 \times 10^4 \sim 4.5 \times 10^4$  kg,钾肥225 kg较为适宜<sup>[12]</sup>。

为了使根系发达,提高棉株抗病力,还可实行“上喷下灌”的施肥方法。棉花生育前期,用活性腐植酸液肥800倍,或氨基酸微量肥800倍,或高盛“一喷绿”500倍,或“802”3000倍等药肥喷施或灌根,促根壮苗;生育中期,用斯德考普叶面微肥375 g/hm<sup>2</sup>,或靓丰素750 g/hm<sup>2</sup>喷施;生育后期,用活性腐植酸液肥800倍加0.1%硼酸和0.3%磷酸二氢钾喷施<sup>[22]</sup>。

### 4.4 及时灌排

田间湿度是黄萎病发生的一个重要条件,湿度过大有利于发病。因此,棉田灌排设施要配套,细流沟灌比大水漫灌发病率降低50%左右。同时,雨涝后应及时排水<sup>[21]</sup>。新疆棉区,沟灌棉田在水情允许的前提下,推行少量多次、小格田灌溉的办法,每次

灌水量不超过  $1\ 200\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 。滴灌棉田坚持少量多次的原则,每次滴水量不超过  $225\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ ,做到滴水不见水,保持田间干、湿交替状态,杜绝田间积水和径流等现象<sup>[12]</sup>。

同时,搞好农田水利设施建设,开好棉田“三沟”,实行深沟抬田。做到明水能排,暗渍能滤,降低地下水位,提高土壤温度,对促进根系发育和植株健壮非常有利<sup>[22]</sup>。

#### 4.5 合理整枝

棉花整枝对棉田小气候、棉花的营养状况等有一定影响,进而影响黄萎病的发生。研究表明,在 7 月上旬摘除 1~2 果枝上的 4~5 个早蕾后,棉花黄萎病显著减轻,病情指数降低  $1.6\%\sim 15.0\%$ <sup>[24]</sup>。从 8 月中下旬开始,剪除棉株下部无效果枝及中、上部无效花蕾,可增强田间通风透光条件,改善棉田小气候,减少黄萎病发生<sup>[12]</sup>。将棉花整枝时去掉的枝叶及时携带出田外集中处理,也可减少田间黄萎病菌的数量<sup>[10]</sup>。

#### 4.6 缩节安化控

研究表明,在黄萎病发生初期用缩节安叶面喷施可减轻黄萎病的叶面症状,控制该病的发生扩展<sup>[25]</sup>。于 7 月上旬,在重病田喷施 20、40、60 mg/kg 的缩节安 1~2 次,病指相对减退率为  $44.7\%\sim 66.7\%$ ,产量增加  $0.86\%\sim 9.59\%$ 。究其原因,可能是喷施缩节安后,棉株体内的激素代谢水平发生了变化,一些抑制病菌的物质含量升高;也可能是喷施缩节安后棉株的抗病性被诱导。还有研究表明,缩节安处理增加了感病棉株的伤流量和伤流中各无机离子的运输量,增强了棉株抵抗黄萎病菌侵染的能力,2 a 试验中,缩节安系统化控区感病株率分别比对照下降  $76.21\%$  和  $52.87\%$ <sup>[26]</sup>。

#### 4.7 清洁田园

在病区应及时拔除病株,集中焚毁,不提倡棉秆还田<sup>[8]</sup>。拾花结束后及时对棉田及其四周进行彻底清洁,收集、焚烧残茬及枯枝败叶,减少病源数量,发病株率可降低  $31.2\%\sim 50.3\%$ <sup>[12,21]</sup>。

### 5 大田综合防治

#### 5.1 施用有机改良剂

有机改良剂包括壳质粗粉、植物残体、绿肥、饼肥、堆肥和粪肥等,具有直接抑制病菌、调节土壤微生物区系、诱导抗病性、改良土壤结构和促进植物生长等功能<sup>[27]</sup>。施用有机物改良剂对防治棉花黄萎病有一定的效果。在盆栽条件下,施入蟹壳、大豆秆和紫花苜蓿对黄萎病的防效较好,分别达  $72\%$ 、 $60\%$  和  $56\%$ ,稻壳表现中等,而家禽有机肥、花生饼

和麦秸效果较差,防效分别为  $21\%$ 、 $28\%$  和  $11\%$ <sup>[28]</sup>。李洪连等<sup>[29]</sup>的研究也取得类似的结果。有研究表明,利用西班牙薰衣草(*Lavandula stoechas*)、长生百里香(*Thymus mastichina*)等植物器官碎末作为修复剂,能有效减少落叶型和非落叶型黄萎病微菌核的生存能力,其中西班牙薰衣草处理完全抑制了落叶型黄萎病微菌核的发育,长生百里香处理可将发病率控制到  $16.7\%$  以下<sup>[30]</sup>。

Uppal 等<sup>[31]</sup>在生长棚和大田条件下研究了加拿大油菜、油菜籽、海藻和加拿大紫云英等 4 种植物提取液对马铃薯黄萎病的防效,结果表明,加拿大紫云英提取液最为有效,发病率可减少  $55\%\sim 84\%$ 。其既可混入土壤使用,也能进行种子包衣。Yangui 等<sup>[32]</sup>用富含水合酪氨酸的橄榄油加工废水浇入土壤防治番茄黄萎病,盆栽条件下发病率减少  $86\%$ ,受害程度下降  $86\%$ 。这些研究结果对棉花黄萎病防治也有一定的借鉴作用。

#### 5.2 微生物防治

随着绿色农业、有机农业的兴起,采用生物防治方法防治棉花黄萎病备受人们关注,其中从土壤中筛选拮抗微生物以及利用棉花植株的内生菌来防治该病害是研究的热点课题<sup>[33]</sup>。

研究表明,在大田条件下,自棉田中分离的拮抗细菌芽孢杆菌 DS45-2 菌株能够在土壤及棉花根际、根内定殖。接菌后 45 d,DS45-2 在棉花根内的定殖菌量达每克根  $2.35\times 10^4$  个,在棉花根际的定殖菌量达每克土  $97.4\times 10^6$  个<sup>[34]</sup>。

李社增等<sup>[35]</sup>从棉花根围和根内分离到 17 个菌株,其在平板对峙培养中都能极显著抑制黄萎病菌的生长,其中 15 个菌株的抑菌率大于  $65\%$ ,最高达  $89.6\%$ 。菌株 NCD-2 在室内和田间都能极显著地降低棉花黄萎病的病情指数,盆栽试验和田间试验的防效分别达  $77.0\%$  和  $78.1\%$ 。Oktay 等<sup>[36]</sup>从棉花和杂草根际的 59 个荧光假单胞菌菌株中筛选出 4 个,用它们感染棉花种子,有助于对黄萎病的生物控制,提高了棉花株高、主茎节数等生长参数。Zheng 等<sup>[37]</sup>从大田生长棉花的根际或土层分离出 375 株真菌,其中,尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*)的 By125 菌株、拟茎点霉(*Phomopsis* sp.)的 By231 菌株具有潜在的控制黄萎病能力,在温室条件下,对黄萎病控制效率为  $63.63\%\sim 69.78\%$ ,棉花生物量增加  $18.54\%\sim 62.63\%$ 。

还有研究表明,枯草芽孢杆菌对棉花黄萎病有比较明显的抑制作用,施药后 30 d,ZH1、大唐棉 3 号、湘杂棉 18 号 3 个棉花品种的发病率比对照分别降低  $9.2\%$ 、 $15.4\%$  和  $8.5\%$ ,并显著提高棉花单

产<sup>[38]</sup>。在等养分条件下,酵素菌生物有机肥(主要有益菌群包括酿酒酵母菌、巨大枯草芽孢杆菌和植物乳杆菌)与化肥相比,能显著减轻棉花黄萎病的发生,籽棉产量增加3.4%~9.6%<sup>[39]</sup>。

王明江等<sup>[40]</sup>研究发现,棉花抗病品种内生菌数目少于感病品种,但其拮抗内生细菌比例高于感病品种,并筛选出效率较高的7个拮抗内生菌菌株。林玲等<sup>[41]</sup>用内生细菌73a在棉苗移栽前喷施棉苗和移栽时灌根,均能有效防治棉花黄萎病和提高棉花产量,其中灌根对棉花黄萎病的防治效果达到50%。朱永歌<sup>[42]</sup>也建议在棉花移栽前用内生性多黏类芽孢杆菌菌液泼浇苗床,并在大田枯黄萎病第1次发病高峰的初期,及时用多黏类芽孢杆菌菌液灌根,可以有效提高生防菌对枯黄萎病的拮抗能力。

### 5.3 化学药剂防治

目前,有关化学药剂对棉花黄萎病防治的研究报道较多。Sener等<sup>[43]</sup>试验表明,高剂量(有效成分1250g/hm<sup>2</sup>)的咪鲜胺锰盐能显著减轻黄萎病发生。戴宝生等<sup>[44]</sup>报道,枯草芽孢杆菌、乙蒜素、恶霉灵、克霉星对棉花黄萎病都有一定的防治效果,尤其以含活芽孢 $10 \times 10^8$ 个/g的枯草芽孢杆菌可湿性粉剂防治效果显著,叶面喷雾的最佳用量为300~600倍液,防治效果可达54.35%~57.35%。单文荣等<sup>[45]</sup>研究表明,15%JDQ(TV-1)、45%多·福WP、复硝酚钠、32%酮·乙蒜EC、壳聚糖、强生恶霉灵等活性物对棉花黄萎病菌的抑制率达到100%。朱荷琴等<sup>[46]</sup>研究表明,3种植物疫苗渝峰99植保、激活蛋白和氨基寡糖素分别与缩节安混合,对黄萎病的平均防效分别达52.9%、52.2%和47.9%。朱荷琴等<sup>[47]</sup>还报道,五倍子、土元、蛇床子、白英、麻黄、巴豆、黄柏和黄连等中药的提取物对棉花黄萎病菌的抑菌率超过45%。其中,五倍子、土元和蛇床子提取物对黄萎病菌的抑制效果最好。

此外,还有一些专业人员推荐了多种棉花黄萎病的药剂防治方法。林兴祖<sup>[10]</sup>建议对棉田病点土壤进行消毒处理。在整地时,每平方米土壤(40cm深)施入50%棉隆WP140g,加水15~25kg助渗;在棉花蕾期,先在病点打孔3~5个/m<sup>2</sup>,孔深20cm,每孔用吸管注入10mL氯化苦消毒;至花铃期,打孔9~12个/m<sup>2</sup>,每孔注入10mL氯化苦,然后用土封闭孔口。在大田生长期,还可用9.5%克黄枯SC300倍液,或70%甲基托布津WP800~1000倍液等喷施1~2次。孟建朝等<sup>[15]</sup>建议在棉花生长期间,使用黄腐酸盐、黄腐酸钾、棉枯净、乙蒜素、黄枯煞星等喷雾,同时,可以对重病株及其周围棉株进行灌根。黄晓扬<sup>[22]</sup>建议使用铜氨合剂灌根,

或活性腐植酸液肥1000倍(或黄腐酸盐600倍)加高锰酸钾800倍;或9.5%克黄枯胶悬剂200~300倍,或20%甲基立枯磷EC200~400倍,或70%代林锰锌WP600倍进行喷雾和灌根,可控制病菌危害。袁立文等<sup>[7]</sup>推荐用宁南霉素400倍液浸种12h,再用杀虫剂和种衣剂拌种,现蕾期用宁南霉素400倍液对发病株进行灌根,每病株灌药液200mL,间隔7~10d,连灌3次,防效可达75.0%~81.4%。或用奇农素10g+井岗霉素15g+50%多菌灵+水15kg浸种12h,再用种衣剂拌种,在黄萎病发病初期用上述配方加上100g磷酸二氢钾和50g尿素对发病株灌根,间隔7~10d,连灌3次,防效达75.5%~81.6%。或用奇农素10g+链霉素4.3万单位浸种12h,再用种衣剂拌种,在黄萎病发病初期,间隔7~10d,用上述药剂灌根3次,防效达72.5%~78.6%。或用克黄枯200倍液浸种12h,发病初期用该药剂进行灌根,连灌3次,防效达65.4%~71.3%。朱永歌<sup>[42]</sup>推荐在移栽后15~20d用杀菌剂(克霉星、冠菌清等)浇灌棉苗根部土壤,在发病初期尽早用杀菌剂加10g/L碳铵液浇灌病苗根部,或以杀菌剂加生长促进剂喷洒病苗茎叶。

朱荷琴等<sup>[48]</sup>还改进了施药方法,使用注射器直接注射药物,结果表明,用带9号针头的医用注射器吸入80%的402抗菌剂,或2%的农抗120,或8%的宁南霉素水剂,在子叶节下5cm左右处的茎部划伤注射,防治效果均在60%以上,优于常规的喷雾和灌根方法。

## 6 展望

### 6.1 加强基础研究

由于棉花黄萎病的发病机制比较复杂以及国内外对于该病机制的基础研究相对薄弱,导致抗黄萎病品种的选育进展缓慢,远不能满足生产需要。加强黄萎病相关的基础研究是今后工作重点之一。目前,河北省作物种质资源重点实验室的相关研究已取得初步成果,正在构建不同棉花品种受黄萎病菌诱导的cDNA文库,为以后获取更多与抗病相关的EST信息和克隆抗病基因奠定基础,以便于从分子水平深入、全面地探索棉花抗黄萎病机制<sup>[49]</sup>。

### 6.2 运用现代生物技术,推动抗病育种工作

目前棉花生产中推广的抗虫、抗病、高产品种,大多为“抗枯、耐黄”品种。主要原因是高抗黄萎病的抗源缺乏,导致抗病育种进展缓慢。我国现有棉花种质资源5000多份,高抗黄萎病的资源均为野生棉和海岛棉,不能直接利用。通过远缘杂交技术

及通过转基因生物技术将这些资源中的抗黄萎病基因性状转移到陆地棉中,创造抗性强的新物种、新材料,可从根本上解决陆地棉黄萎病抗源严重缺乏的问题。而转基因生物技术目前被认为是最有前景的抗病育种技术手段,有望成为棉花抗病育种的新热点。近年来,分子生物学技术在棉花上的应用,为通过分子数量遗传学手段寻找棉花抗黄萎病 QTLs/基因、创造新抗源打下了坚实的基础。其中,分子标记是探寻棉花抗黄萎病 QTLs/基因的有效方法,也是克隆相关基因的基础<sup>[50]</sup>。国内外一些学者正致力于棉花抗性基因分子标记的研究,通过寻找与抗病基因紧密连锁的分子标记,直接或间接地定位抗病基因,再通过抗病基因的克隆、转化和积累,可加速棉花抗黄萎病育种的进程<sup>[51]</sup>。随着对黄萎病遗传规律和抗性机制了解的逐步清晰,现代生物技术和符合棉花黄萎病遗传特点的特定育种方法在育种实践中的应用,必将为棉花抗黄萎病育种开拓无限广阔的前景。

### 6.3 开展综合防治,创新防治方法

棉花黄萎病是从根部侵入,在维管束扩展蔓延的系统性全生育期的土传病害。棉花对黄萎病的抗病性是以数量性状为主,由多个基因控制的。抗病品种虽是最经济有效的手段,但由于其遗传基础限制,要将棉花对黄萎病的抗性提高到像对枯萎病的抗性一样,达到高抗水平难度很大。由于黄萎病在不同年份、不同气候条件下、不同地区发生差别大,病菌的变异也较快,所以棉花品种对其抗病性则表现不稳定。从其抗病性的遗传基础看,要培育出高抗水平的品种似乎不太可能。虽然国内外在抗病育种、农业措施和化学防治等方面做了大量工作,但由于这些防治措施的种种弊病和不足,收效不尽人意<sup>[34]</sup>。今后,必须将培育抗病品种与调控棉株抗病性并重,利用一些生理生化手段,提高棉株的抗病性,使群体抗病性更上一个台阶,达到抗或高抗的水平,将该病所造成的损失减小到最低。同时,应针对棉花黄萎病的发病特点,创新防治方法。一是根据黄萎病菌从根部侵入的特点,尝试通过保护根系,减少根系损伤,进而减少病原入侵感染机会,为黄萎病防治设立第一道屏障。张翠芳等<sup>[52]</sup>研究表明,对棉花接种黄萎病菌时,采用菌液浇根法比切根蘸菌法发病速度慢,发病也比较轻,间接证明这一思路的可行性。二是根据黄萎病菌在维管束系统中运输危害的特点,通过茎部处理,改变维管结构,抑制病原菌在维管束的传播,为黄萎病防治设立第二道屏障。前人研究认为,抗黄萎病的棉花品种维管束细胞排

列更为紧密,细胞间隙较小,而感病棉种维管束细胞排列得较为疏松,细胞间隙大<sup>[3,53]</sup>。这也间接证明改变维管结构可能会对黄萎病的防治有一定效果。

### 参考文献:

- [1] 陈兵,李少昆,王克如,等.棉花黄萎病叶光谱特征与病情严重度的估测[J].中国农业科学,2007,40(12):2709-2715.
- [2] Aguado A, Santos B D L, Blanco C, et al. Study of gene effects for cotton yield and *Verticillium* wilt tolerance in cotton plant (*Gossypium hirsutum* L.) [J]. Field Crops Research, 2008, 107(1): 78-86.
- [3] Aguado A, Santos B D L, Gamane D, et al. Gene effects for cotton-fiber traits in cotton plant (*Gossypium hirsutum* L.) under *Verticillium* conditions [J]. Field Crops Research, 2010, 116(3): 209-217.
- [4] 简桂良, 邹亚飞, 马存. 棉花黄萎病连年流行原因及对策[J]. 中国棉花, 2003, 30(3): 13-14.
- [5] 简桂良, 卢美光, 仇家山, 等. 棉花黄萎病防治策略[J]. 中国植保导刊, 2004, 24(4): 30-31.
- [6] 李凤瑞, 史加亮, 杨秀凤. 棉花抗黄萎病研究进展及前景展望[J]. 山东农业科学, 2009(9): 57-59.
- [7] 袁立文, 胡醒友, 何海芬. 棉花黄萎病在石河子棉区发病重的原因分析[J]. 新疆农垦科技, 2010(4): 35-36.
- [8] 孔宪辉, 余渝, 陈红. 浅谈新疆棉花枯黄萎病的危害与防治[J]. 中国棉花, 2003, 30(8): 38-46.
- [9] 海艳, 查向浩, 马江峰, 等. 新疆陆地棉品种抗枯、黄萎病鉴定[J]. 塔里木大学学报, 2010, 22(3): 16-21.
- [10] 林兴祖. 南繁棉花黄萎病的综合检疫防控对策[J]. 中国棉花, 2008, 35(11): 34.
- [11] 王景宏, 陈建平. 实施水旱轮作 克服连作障碍——江苏沿海棉作方式转变的分析[J]. 中国棉花, 2008, 35(12): 36-37.
- [12] 苏涛. 减轻棉花黄萎病发生的几点建议[J]. 中国棉花, 2008, 35(7): 44.
- [13] 崔淑芳, 李俊兰, 金卫平, 等. 棉花抗黄萎病种质资源的选育与鉴定[J]. 华北农学报, 2006, 21(增刊): 180-182.
- [14] 朱荷琴. 棉花主要病害研究概要[J]. 棉花学报, 2007, 19(5): 391-398.
- [15] 孟建朝, 师树新, 葛朝红, 等. 棉花枯黄萎病的发生规律与防治措施[J]. 现代农村科技, 2010(5): 30.
- [16] 谭永久, 叶鹏盛, 李琼芳, 等. 棉花抗枯、黄萎病育种技术研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39(6): 1277-1281.
- [17] 段红英, 丁笑生. 棉花抗黄萎病基因工程研究综述[J]. 作物杂志, 2007(1): 12-14.
- [18] 简桂良, 卢美光, 王凤行, 等. 转基因抗虫棉黄萎病综合防治技术体系[J]. 植物保护, 2007, 33(5): 136-140.
- [19] 简桂良, 卢美光, 朱荷琴. 棉田黄萎病菌致病型结构初步研究[J]. 植物保护学报, 2005, 32(1): 109-110.
- [20] 桑茜, 袁虹霞, 王振跃, 等. 河南省不同地区棉花黄萎病菌分离物致病性及其毒素致萎活性测定[J]. 棉花

- 学报,2010,22(4):333-338.
- [21] 王金环. 棉花黄萎病综合防治技术[J]. 河北农业科技,2005(9):16.
- [22] 黄晓扬. 防治棉枯黄萎病的健身栽培法[J]. 江西棉花,2007,29(4):42-43.
- [23] 王俊侠,陈凤霞,李清国,等. 不同种衣剂对棉花黄萎病防治效果的研究[J]. 中国棉花,2010,37(5):17-18.
- [24] 朱荷琴,冯自力,宋晓轩,等. 去早蕾对转基因抗虫棉黄萎病发生及早衰的影响[J]. 棉花学报,2008,20(6):414-417.
- [25] 简桂良,马存. 缩节安对棉花黄萎病发生发展的影响[J]. 棉花学报,1999,11(1):45-47.
- [26] 董志强,何钟佩,翟学军. 缩节安抑制棉花黄萎病效应及其作用机理研究初探[J]. 棉花学报,2000,12(2):77-80.
- [27] 李洪连,黄俊丽,袁红霞. 有机改良剂在防治植物土传病害中的应用[J]. 植物病理学报,2002,32(4):289-295.
- [28] Huang J L, Li H L, Yuan H X. Effect of organic amendments on *Verticillium* wilt of cotton[J]. Crop Protection,2006,25(11):1167-1173.
- [29] 李洪连,袁虹霞,黄俊丽,等. 不同有机改良剂对棉花黄萎病的防病作用及其机制[J]. 植物保护学报,2002,29(4):313-319.
- [30] Escudero-Lopez F J, Mwanza C, Blanco-Lopez M A. Reduction of *Verticillium dahliae* microsclerotia viability in soil by dried plant residues[J]. Crop Protection,2007,26(2):127-133.
- [31] Uppal A K, Hadrami A E, Adam L R, et al. Biological control of potato *Verticillium* wilt under controlled and field conditions using selected bacterial antagonists and plant extracts[J]. Biological Control,2008,44(1):90-100.
- [32] Yangui T, Sayadi S, Gargoubi A, et al. Fungicidal effect of hydroxytyrosol-rich preparations from olive mill wastewater against *Verticillium dahliae* [J]. Crop Protection,2010,29(10):1208-1213.
- [33] 张双凤,张爱民,赵钢勇,等. 棉花黄枯萎病拮抗菌株的筛选及抗菌蛋白的分离纯化研究[J]. 华北农学报,2009,24(增刊):229-232.
- [34] 王涛,王占利,李术娜,等. 棉花黄萎病拮抗菌DS45-2菌株在土壤和棉花根内的定殖[J]. 棉花学报,2010,22(2):169-174.
- [35] 李社增,马平,刘杏忠,等. 利用拮抗菌防治棉花黄萎病[J]. 华中农业大学学报,2001,20(5):422-425.
- [36] Oktay E, Benlioglu K. Biological control of *Verticillium* wilt on cotton by the use of fluorescent *Pseudomonas* spp. under field conditions[J]. Biological Control,2010,53(1):39-45.
- [37] Zheng Q Y, Xue L L, Xu Q, et al. A screening strategy of fungal biocontrol agents towards *Verticillium* wilt of cotton[J]. Biological Control,2011,56(3):209-216.
- [38] 张栋海,蔡志平,彭延,等. 枯草芽孢杆菌粉剂对棉花黄萎病防效初探[J]. 中国棉花,2010,37(9):14-15.
- [39] 熊又升,袁家富,杨涛,等. 生物有机肥对棉花黄萎病发生及产量的影响[J]. 湖北农业科学,2010,49(8):1841-1844.
- [40] 王明江,章如意,林多多,等. 棉花黄萎病不同抗性品种内生菌数量调查与拮抗菌筛选[J]. 江苏农业科学,2010(2):102-104.
- [41] 林玲,金中时,马长文,等. 棉花黄萎病生防内生细菌 *Jaas cd* 的鉴定及田间防效[J]. 江苏农业学报,2010,26(1):65-69.
- [42] 朱永歌. 苏沿海棉区枯黄萎病突发因素剖析和对策商榷[J]. 江西棉花,2008,30(2):36-38.
- [43] Sener K, Dervis S, Sahinler S. Sensitivity of *Verticillium dahliae* to prochloraz and prochloraz-manganese complex and control of *Verticillium* wilt of cotton in the field[J]. Crop Protection,2003,22(1):51-55.
- [44] 戴宝生,吕锐玲,李蔚. 4种药剂防治棉花黄萎病研究[J]. 中国棉花,2010,37(8):15-16.
- [45] 单文荣,刘花粉,李俊霞,等. 菌饼法筛选不同活性物对棉花黄萎病菌抑制效果研究[J]. 中国棉花,2010,37(8):16-18.
- [46] 朱荷琴,冯自力,师勇强,等. 利用植物疫苗及生长调节剂缩节胺控制棉花黄萎病[J]. 中国棉花,2010,37(8):10-12.
- [47] 朱荷琴,冯自力,宋晓轩,等. 22种中药提取物对棉花黄萎病菌的抑菌活性[J]. 棉花学报,2007,19(6):489-492.
- [48] 朱荷琴,冯自力. 一种防治棉花黄萎病的新型施药方法——茎部划伤注射法[J]. 中国棉花,2006,33(6):7-8.
- [49] 张纯颖,王省芬,张桂寅,等. 黄萎病菌诱导下陆地棉抗病品种 SSH 文库的 EST 分析[J]. 棉花学报,2010,22(1):17-22.
- [50] 冯常辉,张胜昔,史认辉,等. 棉花抗黄萎病 QTL 定位研究进展[J]. 棉花学报,2010,22(3):273-278.
- [51] 王文生,王省芬,马峙英,等. 棉花抗黄萎病相关基因筛选与亚克隆文库构建[J]. 华北农学报,2006,21(增刊):147-150.
- [52] 张翠芳,顾爱星,曲延英,等. 温室检测棉花黄萎病抗性的4种接种方法比较[J]. 新疆农业大学学报,2010,33(3):197-201.
- [53] 房卫平,季道藩. 棉花抗黄萎病机制研究进展[J]. 棉花学报,2000,12(5):277-280.