

# 棉花抗枯萎病性之提高与改造

高永成

(西北农学院农学系)

杨之为

(植物保护系)

## 一、前言

棉花枯萎病 (*Fusarium oxysporum* f.sp.vasinfecum) 是威胁棉花生产最严重的病害。它曾被视为“不治之症”、“世界性的老大难问题”。国内外的实践证明,以种植抗病品种为主的综合防治是解决这个问题最好的方法。抗病品种是内因,是根据,起了主导作用,最经济有效。

一般认为棉花抗枯萎病性是由一对或几对“基因”控制的。如据伯德 (L.S.Blrd) “棉花抗病育种”一文:海岛棉的抗病性由一对显性基因和一至多对次要基因所控制,草棉由一对显性基因控制,亚洲棉由两对互辅基因和一对抑制基因控制 (凯尔卡等 Kelkaretal, 1947); 陆地棉 Cook307 由一对具有修饰基因的主要显性基因和抗根结线虫的附加基因控制,海岛棉 Seabrook 由两对累加显性基因控制 (史密斯 Smith 和迪克 Dick, 1960); 陆地棉抗枯萎病性由 2—3 对基因控制 (琼斯 Jones 和伯奇菲尔德 Birchfield 1957)。总之,抗病品种之所以抗病是因其有抗病基因之故;染病品种之所以染病是因其有染病基因之故。由此理论出发,自然要强调抗源之收集、利用及用抗源进行杂交育种之重要性。这些作法是对的,并且也取得了一定成果。但由此理论出发自然要导出的另一种倾向,就是对由丰产、优质、早熟而染病的品种不经与抗源杂交而直接用系选法或混选法进行抗选的方法的忽视和怀疑。因为,从理论上说,由染病基因中选出抗病基因,是不可能的。因此,自来很少有人这样作或从事这方面的探讨和研究,或者认为这只是在没有抗源的情况下才采用的方法。在棉花抗枯萎育种工作中确有人对此方法表示怀疑,甚至列举数据说明由染病的徐 1818 和岱 15 中用系选法未能选到真正抗病的品种来。至于染病品种在一定条件下会不会转化成抗病品种,则争论就更大了。

但是,我国四川棉花研究所科技人员在射洪县和贫下中农一道,于1952年由感病的推广品种德字 531 中,用病地系选法育成川 52—128 (即射洪52) 高抗品种。之后,又

\* 参加这项研究工作的还有李君彦、赵宜谦、张云青、王汉英、杜庭碧、张三林、李维平、赵宏全同志。本文由高永成根据个人见解撰写。

于1957年由感病的推广品种岱15中,用病地系选法育成川57—50和川57—681等高抗品种。这些品种不但在当时解决了病地棉花难抓苗的矛盾,而且后来成为我国棉花抗枯萎病育种中最重要的抗源,常被用为杂交亲本。该所一位老专家曾总结道:“积二十余年抗病育种的经验,由染病品种中可以选出抗病品种来”。这是一个十分宝贵的经验总结,很有理论和实践价值。但这究竟是个别的偶然巧遇呢?还是具有普遍意义的规律呢?这个问题引起我们的关切和兴趣。我们由1973年开始重复和验证四川棉花所的工作。并试探由丰产、优质、早熟而染病的品种直接选育丰产、优质、早熟而抗病的品种的可能性。

## 二、方 法

我们先后选了一些已知为丰产、优质或早熟而染枯萎病的棉花品种为材料。例如丰产的徐142,优质丰产的中7,中长绒优质的西农3195(1),西农3195—150,早熟的西农37—6,西农65(3)2,优质的岱16等。采用人工病床和人工病圃相结合连续定向选择的方法,进行试探性试验,供试菌种包括陕西省三原的陕F<sub>13-1</sub>,高陵的陕F<sub>6-6</sub>及合阳、渭南、大荔、泾阳、武功等区地的菌种12个。菌种繁殖用改订式理查德氏培养液(成份为:KNO<sub>3</sub> 10克、KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 5克、MgSO<sub>4</sub> 2.5克、FeCl<sub>3</sub> 微量,葡萄糖 34克,蒸馏水 1000毫升,于1公斤/厘米<sup>2</sup>压力下灭菌30分钟),在25℃条件下振荡培养五天。然后接于扩大培养基中(成份为:麦麸50%、稻糠40%、油渣10%,加水约为总量的1.5倍,加压灭菌,接菌量为每公斤基质150毫升,于25℃条件下扩大培养三天后,即行接种或晾干备用。人工病床于每年春季四月上旬或三月下旬作好苗床,填好培养土,播前每平方米接菌250克培养物(混合菌种),均匀撒入床面,耨入土内。灌水后进行方格播种,行距2寸,穴距2寸,每穴点精选棉花种子两粒。行长4尺,每品种播10—50行不等,出苗后约有400—2000苗。用塑料薄膜复盖。棉花播后约6—7天出苗,出苗后10—12天开始发病,25—30天左右达发病高峰期。记载病株率发后,进行严格的筛选,见病就拔(包括I、II、III、IV级)。只选留0级健苗移于人工病圃中,有的材料移栽后基本不再发病,有的材料移栽后继续发病。六、七月二次发病高峰后,又进行田间选择,只选留0级和农艺性状较好的优株,这样,一年筛选两次,一次在人工病床中,一次在人工病圃中。在病床中染病品种发病率常达80—90%以上,只能选留0级健苗10—20%左右,故人工病床起了主要的筛选作用,但人工病圃仍起辅助作用。经室内考种后,翌年将入选材料继续用人工病床和人工病圃相结合定向选择方法连续筛选,年年不断,现在已经进入第六个年头。

我国人工病床的方法起源于1972年在武功西北农学院进行的全国棉花枯萎病菌生理型联合试验。该试验采用营养钵幼苗抗枯萎性鉴定法。此后,四川棉花所等单位将其改进为人工病床苗期抗枯萎性鉴定法。每材料只种1—2行,记载病情取得数据后即完成任务,所有棉苗不论病苗或健苗一律弃之。我们从育种角度考虑,认为在严酷接菌条件下仍无病症之健苗,很可能是抗选的有益材料。因此,我们将每材料种10—50行,

以保证有一定的群体。记载病情后，进行严格筛选，保留健苗，并且年年连续定向选择，把主要作为鉴定的方法变为筛选抗病株的育种方法。

### 三、结 果

为了判明上述方法究竟能否提高棉花的抗枯萎病性？效果如何？1976、1977、1978三年在人工病床和人工病圃中都作了抗性提高效果对比试验。用从未进入人工病床和人工病圃的染病品种和经抗性选育后的材料相邻种植，观察病情变化，并以陕401为抗病对照，徐1818为染病对照。结果见表1、表2、表3、表4。

**表1 1976年人工病圃直播抗病性提高效果对比试验结果**  
(西农植保病圃)

| 供 试 材 料       | 抗病培 | 6 月 4 日 调 查 |       | 11月 25日 剖 茎 |       |
|---------------|-----|-------------|-------|-------------|-------|
|               | 育年数 | 病株率(%)      | 指数(%) | 病株率(%)      | 指数(%) |
| 3195(1)原材料    | 0   | 38.86       | 18.52 | 90.36       | 51.20 |
| 3195(1)抗4—1—1 | 3   | 8.70        | 5.07  | 53.44       | 17.24 |
| 3195(1)抗8—2   | 3   | 7.63        | 4.60  | 48.00       | 15.00 |
| 37—6原材料       | 0   | 8.94        | 4.47  | 79.41       | 40.44 |
| 37—6 抗        | 3   | 0.00        | 0.00  | 38.98       | 11.44 |
| 染病对照 徐1818    | 0   | 11.11       | 4.45  | 81.81       | 37.50 |
| 抗病对照 陕401     | 0   | 0.92        | 0.92  | 50.00       | 14.58 |

**表2 1977年抗病性提高效果对比试验结果**  
(西农植保病圃)

| 供 试 材 料       | 培 育<br>年 数 | 人工病床对<br>比试验(5月<br>28日) 病株<br>率(%) | 人工病圃直播抗性提高效果对比试验 |       |                             |
|---------------|------------|------------------------------------|------------------|-------|-----------------------------|
|               |            |                                    | 6 月 14日 调 查      |       | 7 月15日平<br>均株高(cm)<br>(生长势) |
|               |            |                                    | 病株率(%)           | 指数(%) |                             |
| 3195(1)原材料    | 0          | 95.90                              | 17.91            | 10.87 | 41.70                       |
| 3195(1)抗4—1—1 | 4          | 45.30                              | 2.96             | 1.97  | 53.00                       |

接表 2

|             |   |       |       |       |       |
|-------------|---|-------|-------|-------|-------|
| 3195—150原材料 | 0 | 81.20 | 19.11 | 9.33  | 35.80 |
| 3195—150 抗  | 1 | 47.40 | 0.00  | 0.00  | 38.45 |
| 中 7 原材料     | 0 | 81.10 | 16.33 | 10.58 | 35.60 |
| 中 7 抗       | 2 | 77.10 | 9.95  | 4.82  | 45.75 |
| 徐 142 原材料   | 0 | 91.80 | 30.00 | 19.45 | 36.90 |
| 徐 142 抗     | 3 | 44.20 | 0.00  | 0.00  | 40.10 |
| 65(3)2 原材料  | 0 | 80.00 | 18.09 | 11.65 | 42.95 |
| 65(3)2 抗    | 5 | 23.00 | 1.78  | 1.38  | 50.25 |
| 染病对照徐1818   | 0 | 83.40 | 10.16 | 5.28  |       |
| 抗病对照 陕401   | 0 | 27.30 | 0.91  | 0.64  |       |

表 3      1978年人工病床抗病性提高效果对比试验  
(西农植保病圃)

| 供 试 材 料       | 抗 病 培<br>育 年 数 | 病床病株率(%)<br>5月22日调查 |
|---------------|----------------|---------------------|
| 3195(1)原材料    | 0              | 92.2                |
| 3195(1)抗4—1—1 | 5              | 27.8                |
| 3195—150材原料   | 0              | 59.8                |
| 3195—150 抗    | 2              | 9.8                 |
| 徐 142 原材料     | 0              | 97.4                |
| 徐 142 抗       | 4              | 12.7                |
| 中 7 原材料       | 0              | 80.3                |
| 中 7 抗         | 3              | 74.8                |
| 岱 16 原材料      | 0              | 83.9                |
| 岱 16 抗        | 3              | 45.4                |
| 抗病对照陕401      | 0              | 20.7                |

**表 4      1978年病圃直播抗病性提高对比试验**  
(西农植保病圃)

| 供 试 材 料           | 培育年数 | 6月20日调查病株率(%) |
|-------------------|------|---------------|
| 陕 401 ( K )       | 0    | 4.2           |
| 3195 ( 1 ) 原材料    | 0    | 69.1          |
| 3195 ( 1 ) 抗4—1—1 | 5    | 0.0           |
| 徐 142 原材料         | 0    | 44.0          |
| 徐 142 抗           | 4    | 3.9           |
| 岱 16 原材料          | 0    | 20.8          |
| 岱 16 抗            | 3    | 16.7          |
| 65 ( 3 ) 2 原材料    | 0    | 28.0          |
| 65 ( 3 ) 2 抗      | 6    | 0.0           |

从以上资料可以看出,所有供试的染病品种经过用人工病床、病圃连续定向选择培育后,抗性都有所提高,除中7外,其余各品种抗性培育的效果都极为显著,而且一年比一年显著。其中“37—6抗”之抗性已于1976年超过了高抗对照陕401(见表1)。

“65(3)2抗”于1977年赶上高抗对照(见表2)。1978年3195—150抗和徐142抗超过高抗对照。3195(1)抗4—1—1已接近高抗对照(见表3)。迄今我们已成功地将五个染病品种改造成抗病品种。岱16抗的培育中途曾有停顿,效果稍差,但已达耐病程度;中7抗性改造效果最差,一则因其抗性遗传基础较差,二则其改造开始得最晚(1975年),年限尚短,但从其在病圃中的生长势等综合表现看,其抗性仍有不小变化。

1977年人工病床抗性改造效果对比      (65(3)2原材料与65(3)2抗之对比)



(未改造)                      (培育五年)

为了更好地验证抗性改造效果，我们还于1975年将未加改造的3195(1)3，于1977年将抗性改造后的3195(1)抗4—1—1先后寄四川省射洪县抗枯、黄萎病研究协作组，请其鉴定。结果，未经改造的3195(1)3病床病株率达89.5%，被评为高感类型；经过改造后的3195(1)抗4—1—1病床病株率仅14.3%，低于抗病对照川73—27，被评为高抗型。（见表5、表6）

**表5 3195(1)3苗床病情调查（1975年四川射洪）**

| 品 种     | 3195 ( 1 ) 3 |        |               | K<br>陕401     |
|---------|--------------|--------|---------------|---------------|
| 调 查 日 期 | 5月11日        | 5月29日  | 6月29日<br>(剖杆) | 6月29日<br>(剖杆) |
| 发病株率(%) | 89.5%        | 100.0% | 97.0%         | 37.0%         |
| 发病指数(%) | 67.1%        | 85.5%  | 93.2%         | 27.5%         |

**表6 3195(1)抗4—1—1苗床病情调查  
(1977年6月23日 四川射洪)**

| 品 种     | 3195 ( 1 ) 抗4—1—1 | 抗病对照<br>川73—27 | 染病对照<br>洞庭棉1号 |
|---------|-------------------|----------------|---------------|
| 发病株率(%) | 14.3%             | 18.3%          | 84.2%         |
| 发病指数(%) | 8.9%              | 8.6%           | 77.6%         |

1978年经北京农业科学院植保室、江苏南通地区农业科学研究所等单位鉴定再次证实3195(1)抗4-1-1、37-6抗、65(3)2抗等材料确属抗病品种。

总之，试验说明四川棉花所关于“由染病品种中可以选出抗病品种”的经验绝非偶然巧遇，而是具有一定普遍性的客观规律。由丰产、优质、早熟而染病的品种中选出丰产、优质、早熟的抗病品种不是希望不大，机率很小；而是希望很大，很有前途。那种认为“由染病品种中很难育成抗病品种”的观点及其理论值得重新考虑。

我们发现染病品种转化为抗病品种都非突然达到的，而是经过逐年累积抗性而达到的（见表7）。我们的工作证实在抗选中也是连续选择有效的。

表 7 各年人工病床发病率的变化

| 材 料      | 原始发病*<br>株率(%) | 1975年         | 1977年 | 1978年 |
|----------|----------------|---------------|-------|-------|
| 3195(1)  | 95.90          | 66.80         | 46.90 | 27.80 |
| 3195—150 | 81.20          | —             | 47.20 | 9.80  |
| 徐 142    | 97.40          | 75.10         | 44.20 | 12.70 |
| 37—6     | —              | 75.10         | 25.70 | —     |
| 65(3)2   | 80.00          | 70.20         | 23.2  | —     |
| 岱 16     | 83.90          | 73.0          | —     | 45.4  |
| 中 7      | 99.9           | 99.9<br>(第一年) | 77.10 | 74.80 |

\* 各材料第一年进病床时间不一，均用1977年或1978年各染病原材料(K)的发病率数据。中7用1975年数字。

1978年病圃直播抗性对比试验中将同一品种徐 142，但在病圃种植年数不同的，以及用病床病圃相结合连续定向选择法培育年数不同的徐 142 抗同时直播进行对比，据 6 月 20 日病情调查可以看出：在病圃连续种植年数愈多或抗性培育年数愈多的抗性愈高。从未进过病圃，1978 年第一次进病圃作对照用的徐 142(K<sub>1</sub>) 田间病率 44.0%，指数 35.0%。1977 年进病圃作对照用的徐 142(K<sub>2</sub>) 混收种子 1978 年再直播病圃（即经过一年病圃自然选择的），病株率 42.9%，指数 29.8%。1976 年进病圃作对照用的徐 142(K<sub>3</sub>)，经过两年病圃自然选择的病株率为 25.1%，指数 19.6%。而经过三年人工抗性培育的‘徐 142 抗’的病株率为 12.0%，指数 8.0%。经过四年人工抗性培育的‘徐 142 抗’病株率为 3.9%，指数 2.9%。抗病对照陕 401 病株率为 4.2%，指数 3.1%。

发人深思的是由染病品种经培育后所形成的高抗新品种和原始群体的生长势也有极显著的差别。首先表现在群体及其个体高度的变化上。染病品种在病地上的显著特点之一是整个群体普遍矮化（包括无病症单株），长势弱。而经过抗性培育后，长势旺盛，植株高大，其群体和个体高度甚至超过高抗品种陕 401（见表 8）。其次，表现在叶色与落叶性上。染病材料叶色浅而早落叶，1978 年在武功十月下旬叶全部落完，而经培育者叶色深、落叶迟，十月下旬叶大部完好。

表 8 1978年病圃直播抗性对比试验株高调查

| 材 料              | 平均株高<br>( c m ) | 变异范围<br>( c m ) | 培育年数 |
|------------------|-----------------|-----------------|------|
| 3195 ( 1 ) 原材    | 68.8            | 18—120.2        | 0    |
| 3195( 1 ) 抗4-1-1 | 113.5           | 89—141          | 5    |
| 65( 3 ) 2 原      | 91.4            | 61—118.9        | 0    |
| 65( 3 ) 2 抗      | 120.1           | 88—140.4        | 6    |
| 37—6 原           | 92.6            | 45—117          | 0    |
| 37—6 抗           | 123.6           | 92—140.0        | 5    |
| 陕 401            | 112.2           | 55—129          | 0    |

从以上株高变化可以看出三个由染病品种培育出来的抗病品种的群体高度不仅和原始群体有极显著差异,而且已赶超高抗对照陕401。特别应指出‘65(3)2抗’和‘37—6抗’的群体高度已超出原始群体中个体高度的变异范围。故已不能简单地用后者是原始群体中“原来就有”的抗病株扩大繁殖而来的新群体解释了。3195(1)抗4-1-1的平均高度虽然在原始群体的变异范围之内,似可用“原来就有”的单株繁殖而来解释之,但于十月下旬观察,3195(1)原材群体中所有个体的叶子已经枯死落完,而3195(1)抗4-1-1整个群体的叶子基本保持完整和绿色。仍然不能证实后者是原始群体中原有单株的繁殖后代。它说明现在问题的性质已不再仅仅是由染病品种中能否选出抗病品种的问题,而是染病品种在一定条件下会不会转化为抗病品种的问题。即是否存在植物抗性的适应性变异的问题。这是一个非常重要的遗传理论问题,自来争论较多,需要进一步深入研究之。就目前掌握的试验资料看,我们认为存在适应性变异的可能性极大。因为① 新的抗病品种不论群体或个体变异范围都已超出原有群体的变异范围,不能用原来就有的单株繁殖而成来解释。② 变异的过程是渐变式的而非突变式的,而且也不是偶然的个别的,故不能用“基因”突变解释之。③ 也不能用天然杂交解释之。因为天然杂交是放任进行的,是偶然的。一个品种的柱头可能接受抗病品种的花粉,也可能接受染病品种的花粉;今年接受了抗病品种花粉,明年也许会接受染病品种的花粉,则抗性之变异将是无规律的。一个品种抗性提高了,另一个品种抗性可能要降低。今年抗性提高了,明年也可能要降低。但是在我们的试验中所有品种抗性都有程度不同的提高,而且逐年抗性呈规律性的提高,这种有规律的变化是不能用无规律的偶然因素来解释的。④ 用定向性的适应变异来解释之,比较符合本试验的客观实际。

至于提高抗性是否引起农艺性之必然劣变?对此,我们在1977年人工病圃抗性提高效果对比试验中,除抗性鉴定外,还进行了经济性状的对比。其结果见表9,表10。

表9 1977年抗性培育效果对比试验经济性对比资料（西农植保病圃）

| 材 料               | 培<br>育<br>年<br>限 | 小区株数   |             | 生 长 势        |             | 小区铃数   |             | 铃 重           |        | 籽 指  |        | 衣 指 |        | 衣 分           |        |
|-------------------|------------------|--------|-------------|--------------|-------------|--------|-------------|---------------|--------|------|--------|-----|--------|---------------|--------|
|                   |                  | 株<br>数 | 对<br>比<br>% | 高<br>度<br>cm | 对<br>比<br>% | 铃<br>数 | 对<br>比<br>% | 铃<br>重<br>(克) | 对<br>比 | (克)  | 对<br>比 | (克) | 对<br>比 | 衣<br>分<br>(%) | 对<br>比 |
| 抗病K<br>陕401       | 0                | 69     | —           | 62.5         | —           | 537    | —           | 5.34          | —      | 11.9 | —      | 7.2 | —      | 37.3          | —      |
| 3195(1)<br>原材     | 0                | 46     | 100.0       | 56.6         | 100.0       | 309    | 100.0       | 5.68          | —      | 14.5 | —      | 6.5 | —      | 32.6          | —      |
| 3195(1)<br>抗4.1.1 | 4                | 67     | 145.7       | 71.7         | 126.7       | 638    | 206.5       | 5.00          | -0.68  | 12.5 | -2.0   | 6.3 | -0.2   | 32.7          | +0.7   |
| 3195-1<br>50原材    | 0                | 41     | 100.0       | 54.1         | 100.0       | 438    | 100.0       | 5.63          | —      | 13.0 | —      | 6.6 | —      | 33.8          | —      |
| 3195-1<br>150抗    | 1                | 68     | 165.9       | 58.2         | 107.7       | 515    | 117.6       | 5.40          | -0.23  | 11.7 | -1.3   | 6.5 | -0.1   | 35.7          | +1.9   |
| 中 7<br>原材         | 0                | 59     | 100.0       | 51.0         | 100.0       | 317    | 100.0       | 4.87          | —      | 10.8 | —      | 5.6 | —      | 36.0          | —      |
| 中 7 抗             | 2                | 68     | 115.3       | 62.7         | 123.1       | 567    | 178.9       | 5.20          | +0.42  | 11.5 | +0.7   | 6.5 | +0.9   | 37.5          | +1.5   |
| 徐 142<br>原材       | 0                | 34     | 100.0       | 53.5         | 100.0       | 329    | 100.0       | 5.04          | —      | 10.0 | —      | 6.4 | —      | 37.0          | —      |
| 徐 142<br>抗        | 3                | 77     | 226.5       | 62.7         | 117.3       | 458    | 139.2       | 4.26          | -0.19  | 10.7 | +0.7   | 6.8 | +0.4   | 39.4          | +2.4   |
| 65(3)<br>2原材      | 0                | 50     | 100.0       | 57.5         | 100.0       | 384    | 100.0       | 5.60          | —      | 11.0 | —      | 5.3 | —      | 34.5          | —      |
| 65(3)<br>2抗       | 5                | 75     | 150.1       | 71.1         | 123.7       | 473    | 123.2       | 5.16          | -0.30  | 12.3 | +1.3   | 5.5 | +0.2   | 31.7          | -2.8   |

注：试验在人工病圃进行（直播）

从表9中可以看出，在病圃中，经过抗性培育的无例外地生长势（平均高度）增强。小区株数、铃数增多；衣分除一例下降外，其余多数增多。籽指衣指有增有减。只有单铃重因株数（密度）铃数之增多而有相应减少的趋势，但仍有一例增加。由于上述因子增长，导致籽棉和皮棉总产之普遍显著增产（42.2%—95.4%）品质性状只作了绒长分析，结果有增有减，并非随抗性之提高而必然地要缩短绒长。（见表10）

表10 1977年抗性培育效果对比试验产量与绒长对比 (西农植保病圃)

| 材 料                | 培育年限 | 籽 棉<br>小区斤数 | 皮      |              | 棉     |               | 绒 长  |             |
|--------------------|------|-------------|--------|--------------|-------|---------------|------|-------------|
|                    |      |             | (小区斤数) | 折亩产<br>(斤/亩) | 对比(%) | 与陕401<br>比(%) | (cm) | 对 比<br>(cm) |
| 3195(1)原材          | 0    | 2.83        | 0.75   | 69.4         | 100.0 | 56.5          | 32.0 | —           |
| 3195(1)抗4-1-1      | 4    | 4.57        | 1.25   | 115.7        | 166.7 | 94.2          | 35.8 | +3.8        |
| 3195-150原材         | 0    | 2.99        | 0.86   | 79.3         | 100.0 | 74.9          | 32.2 | —           |
| 3195-150抗          | 1    | 4.87        | 1.46   | 134.9        | 170.2 | 125.0         | 29.7 | -3.5        |
| 中 7 原材             | 0    | 3.10        | 1.01   | 93.5         | 100.0 | 84.9          | 80.9 | —           |
| 中 7 抗              | 2    | 4.31        | 1.51   | 139.6        | 149.3 | 124.1         | 32.1 | +1.2        |
| 徐 142 原 材          | 0    | 2.60        | 0.87   | 80.6         | 100.0 | 69.2          | 28.0 | —           |
| 徐 142 抗            | 3    | 4.95        | 1.70   | 157.4        | 195.4 | 130.4         | 26.7 | -1.3        |
| 65(1)2 原材          | 0    | 3.23        | 0.94   | 87.0         | 100.0 | 72.1          | 31.1 | —           |
| 65(1)2 抗           | 5    | 4.46        | 1.34   | 123.8        | 142.2 | 104.5         | 29.9 | -1.2        |
| 抗 病 对 照<br>陕 4 0 1 | 0    | 3.94        | 1.24   | 114.7        | —     | 100.0         | 27.1 | —           |

注: ① 每小区3行、行长12尺

② 试验在人工病圃进行(直播)

在我院1977年无病地品种比较试验中,有未经抗病培育之西农3195(1)和经抗病培育的三个家系4—1、4—1—1、8—1,由于排除了因枯萎病为害而严重缺苗这一因素的干扰,使农艺性状遗传性得以充分表现,故能更清楚地反映出抗性培育前后经济性状遗传性的变化,资料列为表11。

表 1977年染病3195(1)与抗病3195(1)家系农艺性状之比较

(西农农作一站)

| 性 状   |              | 3195(1)染 | 3195 (1)<br>抗 4—1 | 3195 (1)<br>抗 4-1-1 | 3195 (1)<br>抗 8—1 |
|-------|--------------|----------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 早熟性   | 50%开花期(日/月)  | 13/7     | 14/7              | 10/7                | 15/7              |
|       | 10月8日前收花(%)  | 70.84    | 77.14             | 71.19               | 79.96             |
|       | 霜前花(%)       | 94.72    | 96.82             | 95.60               | 96.23             |
| 丰产性   | 单株结铃数(5日/9月) | 9.10     | 11.20             | 10.90               | 9.30              |
|       | 铃重(克)        | 6.29     | 5.88              | 5.91                | 5.85              |
|       | 单铃皮棉重(克)     | 1.98     | 2.08              | 1.97                | 2.04              |
|       | 单铃种子重(克)     | 4.31     | 3.80              | 3.94                | 3.81              |
|       | 籽指(克)        | 14.30    | 11.80             | 11.60               | 12.41             |
|       | 衣指(克)        | 6.80     | 6.40              | 5.90                | 6.40              |
|       | 衣分(%)        | 31.50    | 35.40             | 33.40               | 34.90             |
|       | 理论籽棉亩产(斤)    | 446.22   | 452.55            | 525.67              | 389.05            |
| 优 质 性 | 理论皮棉亩产(斤)    | 133.04   | 150.58            | 156.98              | 131.41            |
|       | 左右分梳绒长(毫米)   | 34.90    | 33.45             | 32.65               | 28.90             |
|       | 主体长度(毫米)     | 27.56    | 27.14             | 28.58               | 26.69             |
|       | 品质长度(毫米)     | 31.08    | 30.68             | 31.88               | 29.59             |
|       | 基数(%)        | 31.06    | 33.46             | 30.61               | 32.23             |
|       | 短绒(%)        | 19.92    | 17.63             | 22.13               | 25.37             |
|       | 细度(支)        | 6389     | 6968              | 6435                | 7076              |
|       | 单强(克)        | 3.38     | 3.58              | 3.60                | 3.26              |
|       | 成熟度          | 1.48     | 1.56              | 1.66                | 1.35              |
|       | 断裂长度(米/千)    | 21.59    | 24.91             | 23.17               | 23.07             |

由表11 可看出, 经抗性培育后的西农 3195(1) 三个抗病系和未经抗性培育的染病 3195(1) 相比: 从早熟性看, 三系皆有改进。从丰产性看, 三系铃重皆变小, 但单株结铃性都有改进; 三系籽指和单铃种子重皆变小, 但衣指及单铃皮棉重变化较小, 甚或有改进, 导致三系衣分皆提高。结果, 有两系之籽棉亩产及皮棉亩产优变, 只一系劣变。从品质性状看, 虽左右分梳绒长三系均不及原材料, 但全部霜前花取样物性鉴定结果: 主体长度和品质长度有一系优变, 基数(整齐度)有两系优变, 短绒(%)有一系优变, 细度三系皆优变。单强和成熟度有两系优变。结果, 综合指标——断裂长度三系皆优变。可见, 早熟性、丰产性和品质并无随抗性之提高而必然劣变之趋势。

1978年无病地品种比较试验结果，再次证实抗性提高并未引起经济性状之劣变（见表12）。

**表12 1978年品种比较试验抗病系与原始染病系之比较（西农农作一站）**

| 品 种           | 籽棉亩产<br>(斤) | 皮棉亩产<br>(斤) | 伏 桃 * | 衣 分<br>(%) | 绒 长<br>(mm) |
|---------------|-------------|-------------|-------|------------|-------------|
| 3195(1)原      | 276.5       | 90.1        | 6.5   | 27.82      | 34.30       |
| 3195(1)抗4-1-1 | 363.0       | 106.2       | 7.6   | 30.40      | 33.73       |
| 徐 142 原       | 384.6       | 133.6       | 7.0   | 37.40      | 32.03       |
| 徐 142 抗       | 396.0       | 143.1       | 7.3   | 35.60      | 32.86       |

\* 8月14日前

总之，不论病地或无病地对比资料皆说明抗枯萎病性和早熟性、丰产性、品质性都无遗传上的反相关，并无随抗性之提高农艺性状必然劣变之规律性。看来，丰产性，品质之优变或劣变决定于选种目标、方法和选种者之注意力，而不决定于抗性高低。因此，我们认为人工病床人工病圃相结合连续定向选择法是一个简便有效，有实用价值的抗病育种新法。

此法之实践意义在于它给予许多大面积推广或尚未推广的丰产、优质、早熟棉花良种以新的希望。这些良种都有因不抗病被淘汰的危险性，有了这个方法，一般少则三年，多则五年，它们可能获得抗病性，从而不受枯萎病之威胁。再者，此法颇简便，易于推广。

在试验中，我们还发现：

1、染病品种在人工病圃中连续种植，虽不加任何人工选择，其抗性亦逐年提高。例如，我院植保系从1971年开始，年年用徐1818作为染病对照，种于人工病圃中。因是对照，不能进行选择，不论抗病单株或染病单株上所结种子一律收获。翌年，取其部分种子种于病圃中作为染病对照。剩余种子储存之。其后，年年如此。因此，该系保存有各年剩余下来的徐1818对照种子。1977年将它们同时直播在人工病圃中的抗性对比试验中，观察其抗性有无变化，结果见表13。从表13所列数字证实其抗性逐年有所提高。因为未加任何人工选择，故其抗性之提高，全为枯萎病菌自然选择之效果。这一资料说明自然界有些作物有些病害自然重病区容易找到好抗源的原因，及抗源形成的过程，还说明病圃试验染病对照必须年年更换，否则就会失去作对照的价值。

**表13 在病圃中徐 1818 抗病性的变异 (1977西农植保病圃)**

| 种子来源<br>(年份) | 病床鉴定<br>5月15日调查<br>病株率(%) | 病圃鉴定              |         |         |
|--------------|---------------------------|-------------------|---------|---------|
|              |                           | 5月20日调查<br>病株率(%) | 6月14日调查 |         |
|              |                           |                   | 病株率(%)  | 病情指数(%) |
| 1971年        | 56.30                     | 15.05             | 22.98   | 13.41   |
| 1973年        | 59.20                     | 8.96              | 18.75   | 10.81   |
| 1974年        | 56.80                     | 6.56              | 17.14   | 10.00   |
| 1976年        | 26.00                     | 5.38              | 12.50   | 6.95    |
| 抗病对照(陕401)   | 9.10                      | 4.15              | 0.95    | 0.65    |
| 染病对照8763H    | 90.60                     | 34.40             | 79.17   | —       |

注：1972年种子质量差，出苗不好，无法计算，1975年种子缺

2. 在人工病圃中连年种植原始材料，也导致原始材料之抗病性逐年提高。1973年我们在校外高陵教学基点的人工病圃中，种植了棉花原始材料圃。许多染病品种严重发病和死苗。往往一行材料只留得1—2个单株。收获后，翌年又种于病圃中，发现所有染病原始材料抗性皆有所提高。如，1973所种鸡脚德字棉，一行大部死去，只留得2株，收其种子1974年再种病圃中，即成活过半，死去者变为少数。由此可见，保存原始材料的单位，除了在无病地设置原材圃外，如果同时把原材圃连年设在人工病圃中，加以人工选择，有意识地作原始材料抗性提高的工作，有可能获得许多新抗源，颇有意义。

3. 抗病品种连年种于人工病圃中也会继续提高抗性。1976年我们将高抗品种“861”分别种于病圃和天然病地品种比较试验中，1977年将上述来源不同的“861”进行人工病床抗性对比试验和人工病圃直播抗性对比试验，发现来源于病圃的“861”比来原于天然重病地上的抗性高（见表14）。

**表14 来源不同的高抗品种“861”抗性之比较**

| 材料来源    | 5月28日调查<br>病床病株率之<br>对比(%) | 人工病圃抗性对比        |         |      |
|---------|----------------------------|-----------------|---------|------|
|         |                            | 5月20日<br>病株率(%) | 6月14日调查 |      |
|         |                            |                 | 病株率(%)  | 病情指数 |
| 病圃“861” | 11.11                      | 0.85            | 0       | 0    |
| 病地“861” | 16.88                      | 1.14            | 11.18   | 0.79 |

这一结果启示我们：抗病品种的种子田或良种繁育田也可以打破“无病种子田”的传统概念，设在病圃中，以防抗性退化和进一步提高抗性。至于防止病菌扩散的问题可采用硫酸脱绒和402处理的办法解决之。但这只能在有一定技术条件的单位试办。所产生之抗病品种种子只能用于病区，不宜引向无病区。

## 四、讨 论

为什么染病品种可以定向改造成为抗病品种？我们的主要经验是什么？

（一）个体间抗病遗传性差异的普遍存在是抗选的基础。

在定向改造棉花抗枯萎病性的实践中，我们发现所有染病品种都有一个共性：即它们是一个群体抗性水平低，但个体抗性差异大的混杂群体。

因为病情指标包括病株率和指数都是用病株在群体中的百分比来表示的，它们是群体抗性指标。染病品种之所以被称为染病品种，仅仅是因为它的群体抗性指标低，即病株率和病情指数高。从这些指标中看不出群体内部个体间抗性之差异，因而使人们对抗病性产生了简单化、绝对化的片面概念。以为抗病品种就是抗病的，而没有染病的因素；染病品种就是染病的，而不具有抗病的因素。把抗病品种和染病品种对立起来了，从而导出：“染病品种中选不出抗病品种”的结论，束缚了人们的思想。

只是由于进行了抗性改造的实践，才使我们注意到：任何一个染病品种包括最染枯萎病的海岛棉在内，其个体间的抗性差异皆很明显。往往0级、Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级的单株都有。故从抗性来说，它是一个变异系数相当大的混杂群体。另一方面，最抗病的品种其群体内单株间的抗性也有0级、Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级，甚至还有Ⅳ级的差别。从这一方面来看，抗病品种和染病品种之间只有量上差别而无绝对界限。这就是为什么在抗性鉴定试验中，可以看到由高感型到感病型、耐病型、抗病型，直到高抗型的连续系列的原因。但在我们面积不大〔（20×4）尺<sup>2</sup>〕的人工病床中接种是按比例均匀撒布的，管理条件力求一致，仍然表现出个体极为显著的抗性差异。这是很难用条件差异解释的。其次，在株行圃中同一品种来源的各家系间抗性之显著差异，证实了各家系所由而来的先一年单株间抗性差异除个体发育差异外，很大程度上属于遗传性上的差异。例如，1975年我们由徐州地区农科所引进该所由徐142品种中选出的10个优系，在陕西省高陵县东升大队人工病圃中6月28日鉴定的结果，系间发病株率变化于17.6—56.0%之间。指数变化于16.4—51.8%之间（见表15）。系间抗性之差异反映了当年所选单株间抗性之遗传差异。正因单株间抗性的差异中包含有遗传差异才使得选择有效。

表 15 徐142家系间抗性之差异（高陵东升大队病圃）

| 家系号    | 73—24 | 73—87 | 73—84 | 73—86 | 73—3 | 73—152 | 73—2 | 73—17 | 73—219 | 73—28 |
|--------|-------|-------|-------|-------|------|--------|------|-------|--------|-------|
| 病株率(%) | 17.6  | 25.0  | 31.8  | 35.0  | 39.1 | 44.5   | 53.5 | 55.2  | 56.0   | 56.0  |
| 指数(%)  | 16.4  | 20.0  | 30.5  | 23.9  | 38.0 | 39.8   | 50.0 | 51.8  | 41.0   | 46.9  |

染病品种在抗性遗传基础方面，其所以会形成变异系数相当大的混杂群体的原因，则是由于在一定条件下，“选择”无从发挥作用所致。染病品种多是在无病地上选育出来的，在此条件下，不论抗病或不抗病的单株均能正常生长发育，单株间抗性差异不能

表现。在这里，既无枯萎病菌对棉花的“自然选择”作用，也无“人工选择”的可能。因此，不论抗病或不抗病的单株，均能正常结实和传留后代，因而形成染病品种抗性遗传基础的高度混杂状态。一般喜欢用棉花是常异交作物，来解释其遗传基础的复杂性，而忽视选择的作用，我们认为不够全面，也未必抓住了问题的实质。

（二）抗病育种的关键在于掌握一个好的抗性鉴定方法。

染病品种群体内部个体间抗性之遗传差别仅仅提供了由其中选出抗病品种来的某种可能性，但使这种可能性变为现实，则有赖于好的抗性鉴定手段，以快速、准确地把真正抗病的单株由群体中鉴别出来。此种手段越先进，抗选之效果愈高。

正如前述，在无病地上因无枯萎病菌侵害，染病单株和抗病单株都能正常发育，掩盖了抗性之差异，使抗选工作无法进行。在此条件下，最有经验的选种家也无能为力。徐州地区农科所在选育丰产棉花品种方面有丰富的经验，并做出了很大的成绩，但他们育成的品种徐209、徐1818、徐58、徐142皆不抗枯萎病。这是由于他们地处无病区，缺乏有效的抗性鉴定手段之故。

有人认为：只要选用抗病材料为亲本进行杂交，定能选出抗病的品种来，理论如此，实际不然，我们是有教训的。如我们育出的65(3)2，亲本组合为（147夫×川52—128），两亲皆为抗病的，但选育过程是在无病地上进行的，育成后拿到病区试种，严重感病和死苗，证实它是染病品种。后来，我们又用抗病品种“陕401”和我们自育的抗病品种“68(7)16”杂交，进行抗病育种，仍在无病地上进行，结果，又蹈复辙。其原因就在于缺乏抗性鉴定手段，无法判断所选单株是否抗病之故。当然选用抗病品种作亲本进行杂交育种比较容易获得抗病品种。但如果缺乏鉴定手段，那就纯属机遇了。

在病地条件下则情况完全不同。首先是枯萎病菌对棉株的侵害起了“自然选择”的作用。有的植株夭折了，从而失去继续存在和向染病方向变异的可能性。有的轻度发病，尚能结实，有传留后代的机会，但因成铃率降低，故在后代群体中其比例必然要减少。相反，抗病株生长正常旺盛，结实率高，传留后代多，在后代群体中其比例必将扩大。故仅凭病菌的“自然选择”作用，其抗性也将逐年提高（如徐州1818例）。在此条件下，由于株间抗性差异区分明显，使“人工选择”作用得以发挥。我们只选留其中0级健苗或健株，淘汰所有染病株，包括Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级，（虽然染病但尚能结实，从而保持一定传留后代机会的病株）。因而是比“自然选择”严格得多，收效更大。因此，抗病品种的形成是“自然选择”和“人工选择”共同作用的结果。前者是后者的基础，后者是前者的继续和发展。

我国棉花抗枯萎病育种的经验证明：抗选的关键在于有一个好的抗性鉴定手段，即要建立一个“致病力强而均匀”的人工病圃，而不在于用什么育种方法。因为，只要有了病圃或病地，即抗性鉴定手段，则不论用混选法、系选法或杂交育种法都可育出抗病种来。例如，五十年代四川省棉花所在重病地条件下用系选法育成了我国著名的“抗源”52—128、57—681等。六十年代，陕西省棉花所在重病地和人工病圃相结合的条件下列用杂交法育成陕401等许多著名的抗病品种。中国农林科学院安阳棉花所在黄萎病圃中用混选法育成抗黄萎的中8010。西北农学院在人工病圃中用二年二圃制进行中3的良

种繁育，获得抗病的“西农中3”。

在天然重病地上，固然可育成抗病品种，但因土壤中病菌分布不均匀，生长健壮的单株，可能为真抗病株，也可能是由于它所处局部土壤中无病菌存在所致。真假难分，影响了抗选之准确性。六十年代我国开始利用枯萎病圃进行抗选。在人工接种条件下，病菌分布比较均匀，基本上克服了真假难分的缺点，大大提高了抗选的准确性，收到较好的成果。但人工病圃往往是在天然重病地上建立起来的，有病菌分布不均的基础，加之面积较大，要完全克服病菌分布不均匀也不易做到。且一年只能筛选一次，群体不够大，也影响抗选效果。七十年代我国出现了棉枯萎人工病床。面积小，用菌量大而均匀，管理一致。出苗后25—30天左右达发病高峰期，即可进行大规模的严格筛选，更符合“快速、准确”的原则。经病床筛选后，健苗移于人工病圃，二次发病高峰后又可选择一次，即一年可筛选两次。抗选效果自然就更高了。我们之取得成果，原因之一，即由于我们采用了人工病床和人工病圃相结合严格筛选的方法，从而能快速而准确地把真正抗病之单株选出之故。

据此，我们认为进一步研究和改进抗性鉴定方法有重要意义。

### （三）贵在连续定向选择。

人的认识总是逐步深入的。试验之初，我们只是设想：只要从染病品种的群体中能筛选出无病菌或单株，加以繁殖，就可能发展成为新的抗病品种。果真如此，则一次严格筛选就可收效。后来在试验过程中看到，许多染病品种第一年进入人工病床，发病率往往达90%左右，但仍有约10%左右的0级健苗。我们以为这些健苗在如此严格的接菌条件下仍无病症，该是高抗的了。但奇怪的是这些健苗移到病圃后，其收获的种子，翌年再进入人工病床，发病率仍达60—70%左右。说明，它们仍属染病材料。因此，我们也曾怀疑用此方法究竟能否由染病品种中选出抗病品种来。后来，我们根据达尔文的选择创造性作用和连续选择有效的进化观点，坚持了连续选择。结果发现抗性之连续定向变异和抗性连续选择的有效性。即染病品种在病菌为害的作用下，沿提高抗性的方向定向逐渐演化，由不甚显著终于达到极显著，转化为抗病品种。尤为重要的是，发现经培育后的抗病品种已经超越了原有染病品种的个体变异范围，从而证实它不是原始群体原来就有的抗病单株扩大繁殖而成的群体，而是由于抗性在新条件下真正发生了遗传性的质的变化而来的新的群体。染病品种群体内部单株间抗性之差异虽也是客观存在，但它只是染病品种能转变为抗病品种的原因之一，但非其全部原因。更重要的原因，还在于植物的抗性在病菌为害的作用下，确能发生定向性的适应性变异，而枯萎病菌的自然选择和人的连续定向选择，大大加速了这一转化过程。这大概就是我们能在3—5年这样短的时间内把丰产、优质、早熟而染病品种，定向地改造成为丰产、优质、早熟而抗病的品种的主要原因。

抗性连续选择有效，说明植物的抗性一定存在“连续变异”。例如，未经改造的西农3195(1)病株率高达86.4%。1973年在重病地西农3195(1)试验小区中选了11株抗病株。1974年有10个家系种在病圃株行圃中。最好的一系田间病株率为12.5%，最差的一系病株率为61.1%，其他各系病株率介于二者之间，呈连续性。平均病株率为

28.9%。根据综合考虑,我们选了其中的第4系(病株率20%),并在选系基础上又选单株。1975年有四个小系种于病圃株行圃中。其田间病株率分别为0%、14.3%、25.0%、50.0%。平均22.3%。和1974年比较,群体变异范围向降低病株率方向移动了,说明选择和遗传的效果。但小系间仍有相当大的变异范围(0—50%),说明连续变异之存在。事实上,任何一代选单株,翌年种于株行圃,都会发现系间抗性有差异,证明先年单株间存在抗性之遗传差异。绝对的纯系,甚至一个性状(如抗性)的绝对纯系也是不存在的。有连续变异,连续选择就有效。连续地定向选择反过来又促进了生物定向“连续变异”。染病品种群体内部个体间抗性之遗传差异是基础。自然选择和人工选择保留了有益的——抗病的个体。遗传把选择成果巩固于后代。后代又在提高了抗性的基础上产生新的“连续变异”。后者又为进一步抗选提供新的可能。这样,通过变异、选择、遗传三因素不断重复地相互作用,使染病品种得以沿提高抗性的方向定向地逐渐演化,由不甚显著终于达到极显著,转化为抗病品种。

根据达尔文进化论,选择不是简单机械的“过筛”,而是有创造性作用的。淘汰一些个体,就意味着这些个体失去传留后代的机会,因而限制和减少了生物向同一方向“连续变异”的可能性;而选择了一些个体,就意味着这些个体有较多的传留后代的机会,和向同一方向“连续变异”和进化的更广泛的可能性。故自然或人向那个方向选择,生物就会向那个方向进化。选择的创造性作用在于它能决定生物进化的方向,并定向积累变异,使微小的变异积成显著的变异。这就是达尔文进化论的核心。我们试验之所以取得成功,实得益于达尔文进化论的理论指导。是进化论使我们坚持了年年不断地连续选择从而获得预想效果的。如果我们只筛选一次或两次即停止选择,我们也将以失败告终,并仓促得出“染病品种中选不出抗病品种”的结论来。

总之,我们能在短期内(3—5年)将染病品种成功地定向改造成为抗病品种的原因是:(1)染病品种群体内部普遍存在显著的抗性遗传差异和“连续变异”,这是基础。(2)我们采用了人工病床人工病圃相结合的筛选法,使我们得以快速而准确地把真正抗病单株由群体中鉴别出来。(3)我们在达尔文进化论的理论指导下坚持了年年不断地定向连续选择,终于把小的变异累积为极显著的变异。

## 五、结 束 语

本试验的理论意义是:① 再次证实达尔文学说的正确性。它迄今对我们的实践有指导意义。② 为有目的、有预见地定向改造遗传性提供了新的启示。

大家知道,定向改造性状遗传性是育种工作者的理想和奋斗目标。迄今的育种法,例如杂交育种法,虽然成果很大,但其盲目性仍然不小。往往每年都要作大量的杂交组合。但目前我们对杂种后代之重新形成(分离)过程还未能定向控制,只好把希望寄托于“机遇”(放任分离),期望由其中分离出符合选种目标的材料。然而何时、甚至是否能够达到预定目标,则是没有把握的。辐射育种的盲目性就更大了。现在我们找到了一个能在3—5年内有目的、有预见地把染病品种定向改造成为抗病品种的方法,这不能

不是一个好的开端。值得注意的是，看来其原理和方法不仅适用于棉花抗枯萎性之改造，而且可能也适用于其他作物或对其他病虫害抗性之改造。河北邯郸地区农科所已证实它适用于抗黄萎性之改造；西北农学院昆虫教研组曾将其用于抗蚜性之改造，初见成效。另一方面，它不仅适用于系选材料，对遗传性动摇了的杂交材料同样有效，可与杂交育种结合，用于后代筛选，达到定向控制杂种后代抗病性重新形成过程的目的。

我们的工作只是一个开端，错误在所难免，望批评指正。