

防病輪作制基本研究

部分 I. 五種絲核菌(*Rhizoctonia*)系對於華北

主要作物幼苗的致病力*

尹 莘 耘 裘 維 藩**

(北京農業大學植物病理學研究所)

目 次

一. 緒 言	80
二. 試驗材料	81
三. 試驗方法	81
(一) 接種方法	81
(二) 病情紀錄及比較法	82
四. 五系絲核菌的培養性態	83
五. 試驗結果	84
(一) 沙耕單菌系接種試驗	84
1. 五系根腐及莖基腐絲核菌對於其原分離寄主作物 經交互接種後所示之致病力	84
2. 五系絲核菌對於華北其他十五種主要經濟作物的致病力	88
(二) 不消毒圃土中五菌系混合接種試驗	89
六. 討論及結論	91
七. 總 結	94
參攷文獻	95

* 1950年8月11日收到。本文爲北京農業大學植物病理學研究所研究報告第一號。

** 本文承 戴芳瀾教授評閱,並蒙 董元先生繪圖,作者於此深致謝忱。

一. 緒 言

北京附近的作物由絲核菌 (*Rhizoctonia*) 寄生而致根腐及莖基腐的非常之多。據我們三年來的調查和檢驗：洋麻 (*Hibiscus Cannabinus*, L.) 因絲核菌寄生而遭立枯病的約佔10—40%；青麻 (*Abutilon avicennae*, Gaertn.) 約佔5—15%；白皮松 (*Pinus bungeana*, Zucc.) 幼苗的情形更嚴重，西山紅山口林場苗床裏的白皮松幼苗，死亡率竟高達95%以上。在葉用甜菜 (*Beta vulgaris*, L.) 的苗床上，幼苗一病即倒，有的剛發芽便枯萎了。糖用甜菜，往往在葉柄或莖基部腐爛，厲害的可能擴展到根莖，影響甜蘿蔔的收成。大豆 (*Glycine hispida*, Maxim) 被絲核菌寄生後，一般地發育遲緩，產量也因此而減少。在極適宜的環境下，也可能發生萎黃。在連作的棉花田裏，絲核菌的立枯病非常猖獗。農民在條播時常用十幾倍的種子來避免缺株；點播時，每穴點上八、九粒還不免缺株。因此往往用小豆或芝麻來補缺。在絲核菌病害嚴重的棉田裏，常見有三分之一的小豆或芝麻，這說明了病情的程度。

絲核菌在土壤裏可能營一定時期的寄生的生活。在中國目前的經濟狀況下，在大規模作物栽培時，用熱力或用藥物來消毒土壤，事實上辦不到。根據 Palo^[6] 的試驗，埋藏在乾燥土壤中水稻絲核菌的菌核，如不供給它們寄生的作物，則六、七個月內便會死亡；如在濕土裏，則四、五個月便死亡。另據 Roth 和 Riker^[8] 的報告，絲核菌在乾燥的地裏，47週後，尚保持相當的致病力，在較濕的地裏，便減少到不可察覺的程度。大概在兩年中，地裏缺乏它寄生的材料，則絲核菌的量，便會逐漸減少到對作物無足輕重的境地。因此利用適當的輪作制來抑制絲核菌的繁殖，是比較實際的方法。在輪作時，第一要考慮材料，第二是時間問題。假如被選的作物同樣能被絲核菌侵害，則同樣能供給絲核菌豐富的養料，它將永遠不會消弱；這樣便失去了輪作的意義。此外，兩種可能被寄生的作物間隔的時期不夠也不可能發生顯著的效果。

根據這些觀點，本研究針對第一個必須解決的問題，首先瞭解當地絲核菌各品系對該地各重要作物的致病力，作為建立華北作物在防止絲核菌病上的輪作制的基本條件之一。

二．試驗材料

本試驗所用的絲核菌，共有五個菌系(R—1至R—5)。R—1菌系自洋蕨的莖基部分離得來，(另自棉花、油松及白皮松幼苗莖基部分離者同屬此系)。R—2菌系來自青蕨的莖基，R—3來自大豆的子葉及莖基部，R—4來自白皮松的根部，R—5來自甜菜的莖基及根莖處。這五個菌系在同一培養基上，在同一環境下，所現的色澤，菌核形態，菌絲習性及生長速度等均各不一致(圖1)。除R—5菌系外，其他各菌系在形態上與 *Rhizoctonia solani*, Kühn 一致。

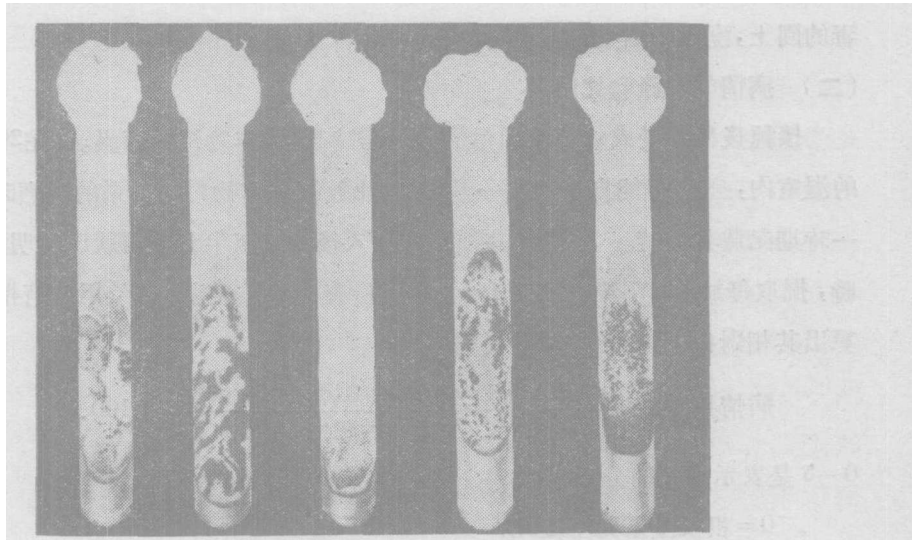


圖1. 五種不同的絲核菌系，在培養基上三週時所顯的形態
(自左至右順次為 R—3, R—1, R—2, R—4 及 R—5)。

供試的寄主除洋蕨、青蕨、大豆、白皮松及甜菜五種作交互接種外，另加入華北之重要作物如玉米、高粱、大麥、小麥、蕎麥、小米、棉、甘藷、花生、菜豆、白菜、芥菜、蘿蔔、油松及亞蕨等共計二十種。

三．試驗方法

(一) 接種方法

我們在試驗中，採取單菌系接種和混合菌系接種兩種方法。同時我們也比較了無菌沙耕接種和不消毒圃土中接種間效果的差異。關於無菌沙土中接種法，先

將各系絲核菌的單純菌種培養在盛有營養液* 的 250cc 三角瓶中,放入 24°C 之溫箱內使它充分發育,大量增殖,10—14 天後,瀝取各菌系的菌絲,置乳鉢中磨碎,每一瓶中所產的菌絲加入 5% 的葡萄糖液 50cc,經 6 小時後,分別倒入消過毒的砂鉢內。盆徑 6 吋,高 6 吋,每一瓶菌絲即用作接種一鉢之用。另取數鉢不加絲核菌作為對照。每鉢點播已經發芽的種子或移植無病的幼苗若干株。在試驗同一種作物對各菌系的反應時,每盆播種的種子或幼苗數都相同。各盆間用障礙物如紙板等隔離,以免菌系混雜。沙土中移入幼苗或發芽的種子後,每隔 24 小時澆培養液**一次。鉢底有孔,可使過剩的溶液自由流失。

關於不消毒園土接種的方法,和沙土中接種的方法相同。但是每鉢用不經消毒的園土,澆水時則用普通的自來水。

(二) 病情的紀錄和比較法

接種後種子長成幼苗及顯示病狀所需時日,因作物種類而異。在 20°—28° C 的溫室內,差異可能自一週到一月。在比較同一作物對異菌系的反應時,需在同一時期記載其病情。普通各品種幼苗移入後三天至半月,病狀已甚明顯。記載時,掘取每鉢幼苗,洗去根部沙土,仔細檢查根莖部受害情況,用病情指數法^[5,10]算出其相對指數,以比較其差異程度。

$$\text{病情指數公式} = \frac{0 \cdot x + 1 \cdot y + 2 \cdot z + 3 \cdot w + 4 \cdot u + 5 \cdot v}{5(x + y + z + w + u + v)} \times 100.$$

0—5 是表示病情的分級:

- 0 = 根及莖基完全健旺;
- 1 = 根或莖基上有小斑點;
- 2 = 根或莖基上有大斑點;
- 3 = 根尖或主根腐蝕,莖基部上並有小斑點;
- 4 = 根尖或主根腐蝕,莖基部上並有大斑點;
- 5 = 因根腐或因莖基腐而致株端枯萎。

* 改質‘德格’營養液:

Sucrose	0.25M	25c.c.	另加千分之三的牛肉汁代替 Peptone, 配成 50.5cc 的營養液
KNO ₃	0.10M	10c.c.	
KH ₂ PO ₄	0.05M	10c.c.	
MgSO ₄	0.01M	5c.c.	
FeCl ₃	0.01M	0.5c.c.	

** Ellis, C., and Swaney, M. W., 1938: Formula in Soilless Growth of Plants. Reinhold Publishing corporation. p. 145.

x—v 表示上述各級病情發現的次數。

四．五系絲核菌的培養性態

五系絲核菌的純系菌種是從五種不同作物的莖基或根部患處分離而來，已如前述。除 R—4(白皮松系)的性態較為特殊外，R—1, R—2, R—3 及 R—5 各菌系似均屬於茄類絲核菌 *Rhizoctonia solani* Kühn。今將五種菌系培養在改良德格氏液^[5]中來比較它們的性態，可以見到它們在一定程度上的差異。培養液是裝在 250cc 量的三角瓶中的，每瓶裝 50cc，培養在 20°C 的溫箱中，20 天後才紀錄它們的性態。

R—1(洋蔥系)的菌叢表面有散亂的毛絲，呈肉桂色(cinnamon drab)*；菌叢上沒有泌出的水珠。菌核很小，像菸草種籽，並且不多。培養液最後轉變成為棕褐色(mikado brown)。

R—2(青蔥系)的菌叢表面有棉絮狀的毛絲，呈一種褐色(benzo brown)；菌叢上沒有泌出的水珠。菌核小，像菸草籽或白菜籽，但很多，培養液最後轉變為淡棕褐色(light mikado brown)。

R—3(大豆系)的菌叢表面作絨毛狀，呈栗褐色(chestnut brown)，上面有栗褐色的泌出水珠。菌核大而生多，形狀不規則，直徑可達 4mm，培養液最後轉變為土褐色(russet brown)。

R—4(白皮松系)的菌叢表面有棉絮狀毛絲，呈黃肉桂色(orange cinnamons)。上面沒有泌出的水珠。菌核極稀少，並且很小。培養液最後轉變為紅褐色(hay's maroon)。

R—5(甜菜系)的菌叢表面帶些粉粒狀，褐色(bister brown)，上面有醬色(verona brown)的泌出水珠。菌核的大小和 R—2 相同。培養液最後轉變為棕褐色(mikado brown)。

五系絲核菌不但在同一培養基同一溫度下有相似相異的菌叢性態，它們對於不同溫度的反應亦如此。在測量菌絲間對不同溫度的反應時，我們應用 10mm 徑 40cm 長的 U 形玻管培養法去測定菌絲每小時延伸的生長率^[9]。玻管中裝的培養基是標準馬鈴薯葡萄糖洋菜基。每一菌系接入 U 形管兩端開口處，當菌絲向內

* Ridgway, R., 1912: Color standards and color nomenclature. Washington, D.C.

延伸時，菌絲的前鋒在兩並行管中必然相等，否則在接種時必有偏差。每一菌系在每一溫度下用兩個U形管，因此有四次重複可資對照。試驗的溫度是16°, 20°, 24°, 28°, 及32°C, 其結果見圖2。

由以上的結果，可見在各溫度時，R—3 菌系的延伸率最大，R—5 菌系的延伸率最小。R—4 菌系對各溫度的反應不很顯著，但在20°C時，延伸率比較大。R—5 菌系比較適宜於比較高的溫度(32°C)，假如再用更高的溫度來試驗，可能繼續加速或降落。R—1 和 R—2 菌系的溫度需要似乎相同，它們的最適溫度在28°C左右。R—3 菌系的最適溫度是20°至28°C之間。

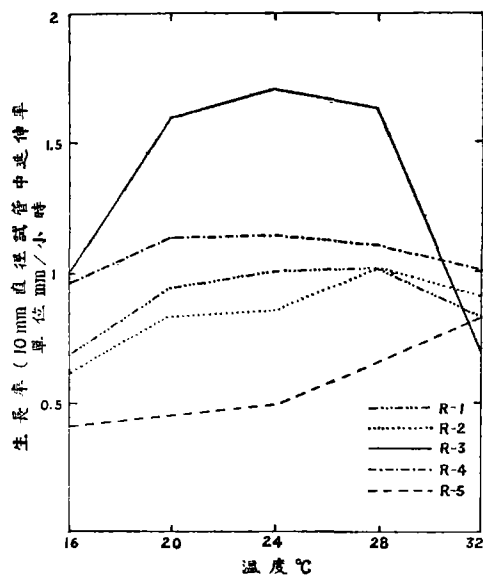


圖2. 五系絲核菌生長率與溫度的關係

從溫度和培養性態來區分，這些系統間顯然有差別。即 R—5，

R—3 及 R—4 三個菌系不但互相間有區別，且與 R—1 及 R—2 菌系亦顯然地不相同。R—1 和 R—2 兩菌系則比較地類似。

五. 試驗結果

(一) 沙土中單菌系接種試驗

各菌系對洋蔥等二十種重要作物的寄生性，各有其本質上的特點。某一菌系對某一作物的寄生性在程度上的差異，雖能受溫度及幼苗年齡的影響，但所有五種菌系對同一作物侵害能力，在同一環境下則有一定的對比。這種對比用病情指數來表示，比較顯而易見。本試驗在消過毒的沙鉢中接種，菌系不受其他生物的影響。因此本試驗的結果可能與自然狀態時有些差異。但各菌系間相對寄生性的關係，在一定的程度上是正確的。

1. 五系根腐及莖基腐絲核菌對於其原分離寄主作物經交互接種後所示之致病力

表1. 絲核菌各系對於華農一號洋麻幼苗的致病力 (溫度18°—25°C)

菌系來源		R-1		R-2		R-3		R-4		R-5		對 照	
		(洋 麻)		(青 麻)		(大 豆)		(白皮松)		(甜 菜)		(不加菌)	
病 情 分 級	0	0 ⁽¹⁾	1 ⁽²⁾	5	2	6	5	5	8	10	12	20	20
	I	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	2	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	0	0	7	8	0	0	0	0
	IV	0	0	9	5	6	5	0	0	10	8	0	0
	V	19	17	6	10	8	7	8	4	0	0	0	0
病 情 指 數		98	89	66	76	64	61	61	44	40	32	0	0

註：(1)洋麻一星期的幼苗接種7日後(三月二十日至三月二十七日)各級病情發現株數。

(2)洋麻剛發芽的種子接種12日後(八月二十日至九月二日)各級病情發現株數。

供試的洋麻共分兩組，第一組是一星期的幼苗，第二組是剛發芽的種子。每組各計120株，各分栽6鉢，每鉢20株，每鉢各加入絲核菌一系，一鉢不加菌留作對照。幼苗移栽後一日，即見R-1菌系盆內有菌絲纏繞莖基，兩三日後，各苗逐漸萎倒。至第七日，掘取各盆苗株，仔細檢視根莖各部，發現R-1與R-4兩菌系的寄生方式絕然不同。R-1(來自洋麻莖基)單單侵害莖基四週的韌皮層，致幼苗失去支持力而倒伏。但這一菌系對於洋麻的根部並不侵襲。故洋麻幼苗倒伏後，它的主根和鬚根仍極正常。R-4(來自白皮松根部患處)則恰恰相反，專侵根部，在莖基部僅出現細小而長形的黑斑，並不深陷。被侵的根部多現棕色，鬚根枯萎，主根短縮，待主根全部腐爛後，幼苗頂葉開始漸漸萎枯，仍不立時倒伏(圖3)。

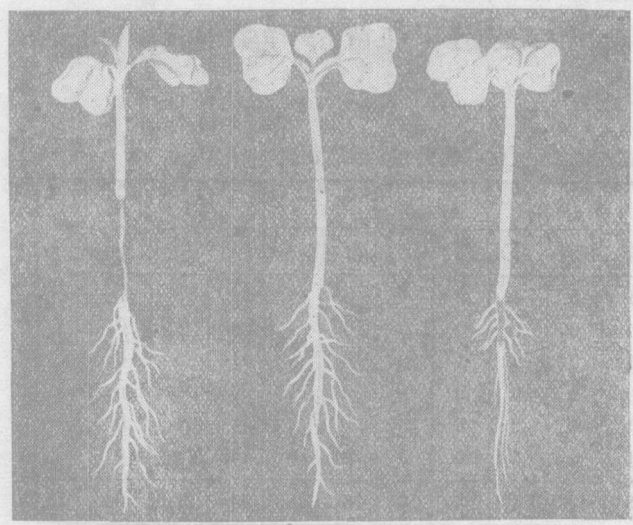


圖3. R-1及R-4兩菌系在洋麻幼苗上，所顯不同的寄生方式。(左邊的幼苗受R-1菌系寄生後，莖基部腐爛凹陷，根部仍極正常；中間者為健全株；右邊者受R-4菌系寄生，根部腐蝕，莖基正常。)

前一種的病狀，在外表上看來，可說是急性的猝倒，而後一種是慢性的枯萎。這兩種病狀的所以不同，完全因為這兩系絲核菌寄生部位的不同所致。從表一總結各菌系的發病能力，則以R-1菌系為最強。在20株洋麻幼苗中，受病程度達V級的佔17至19株，病情指數達89至96。洋麻對於R-5

(甜菜菌系)的反應,沒有一株枯倒的,僅有幾株的根部顯現病斑。病情指數在 32—40 之間,僅及 R—1(洋麻菌系)指數的 $\frac{1}{3}$ 左右。其餘如 R₂, R₃ 及 R₄ 各菌系對洋麻的寄生性態相彷彿,病情指數在 61—76 之間。對照鉢內並無一株呈病徵者。一般言之,供試的洋麻對所試五系絲核菌都無抵抗的能力。

表2. 絲核菌各系對於青麻(蚌埠種)幼苗的致病力(溫度 18°—25°C)

菌系來源		R—1		R—2		R—3		R—4		R—5		對 照	
		(洋 麻)	(青 麻)	(洋 麻)	(青 麻)	(大 豆)	(大 豆)	(白皮松)	(白皮松)	(甜 菜)	(甜 菜)	(不加菌)	(不加菌)
病 情 分 級	0	0 ⁽¹⁾	0 ⁽²⁾	1	0	7	8	3	10	3	0	12	29
	I	3	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0
	II	1	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	8	10	3	8	3	6	9	18	0	0
	IV	2	4	1	4	2	4	0	0	0	0	0	0
	V	6	14	1	4	0	0	0	2	0	2	0	0
病 情 指 數		72	90	58	70	28	40	25	30	45	64	0	0

註: (1)青麻三星期之幼苗移植接種16天後(三月二十七日至四月十二日),所現各級病情的株數。

(2)青麻一星期之幼苗移植接種16天後(三月二十七日至四月十二日),所現各級病情的株數。

本試驗所用方法與洋麻的反應試驗相同。總結表2分析的結果,可見生長較久的青麻對各菌系的抵抗力較強。以各菌系的致病力而言,R—1菌系仍是最強,R—2菌系次之,R—3及R—4兩菌系最弱,R—5菌系對洋麻為最弱,但對青麻幼苗則反較R—3及R—4兩系為強。

表3. 絲核菌各系對大豆(北京大黃豆)幼株的致病力(溫度 20°—28°C)

菌系來源		R—1		R—2		R—3		R—4		R—5		對 照	
		(洋 麻)	(青 麻)	(洋 麻)	(青 麻)	(大 豆)	(大 豆)	(白皮松)	(白皮松)	(甜 菜)	(甜 菜)	(不加菌)	(不加菌)
病 情 分 級	0	0 ⁽¹⁾	0 ⁽²⁾	0	4	2	1	0	0	0	5	12	12
	I	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	II	0	0	9	2	1	2	0	0	11	5	0	0
	III	7	0	0	0	0	1	4	7	0	0	0	0
	IV	5	1	3	2	9	3	8	1	1	0	0	0
	V	0	11	0	4	0	5	0	3	0	2	0	0
病 情 指 數		68	98	50	53	63	73	73	68	43	33	0	0

註: (1)兩週之大豆幼苗,接種14日後(五月二十五日至六月八日)所發現各級病情的株數。

(2)剛發芽的大豆種子,接種21日後(六月三十日至七月二十一日)所發現各級病情的株數。

本試驗中，大豆用開始萌發的種子和兩週的幼株接種，以觀察各菌系對於發育不同的幼株的致病力。

根據分析表 3 中的結果，各菌系對大豆的致病力亦以 R—1 菌系為最強。大豆的反應與洋麻的反應相類似。在萌發種子的接種鉢內，病情指數為 98，在幼株鉢內僅 68，可見病菌在種子萌發時較易侵入。根據各菌系對大豆幼株侵襲的性態的觀察，R—1 菌系不侵根毛，而只侵莖基。但莖基可因木質化而加強其抵抗力。因此初從種子抽出的幼苗之莖基，其組織較易被侵害。在 R—4 與 R—5 兩菌系接種的幼株鉢內，病情指數反較種子鉢中者為高，這點與 R—1 的情形相反。根據它們侵襲的性態來解釋，可能因為 R—4 與 R—5 兩系專侵植物的根部。當兩週的幼株移植時，鬚根受傷的較多，絲核菌由傷口侵入的機會亦增進，可能因此而使幼株接種區較萌發種子接種區的病情程度大為增加。

表 4. 絲核菌各系對於白皮松(林場種)幼苗的致病力(溫度 20°—28°C)

菌系來源		R—1		R—2		R—3		R—4		R—5		對 照	
		(洋 麻)	(青 麻)	(大 豆)	(白皮松)	(甜 菜)	(不加菌)						
病 情 分 級	0	0 ⁽¹⁾	0 ⁽²⁾	2	0	1	4	0	1	2	6	12	12
	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	4	4	7	11	5	1	6	8	6	0	0
	IV	2	0	0	0	0	0	10	1	0	0	0	0
	V	10	8	6	3	0	3	1	4	2	0	0	0
病 情 指 數		97	87	70	67	55	50	80	70	57	30	0	0

註：(1)白皮松發芽後三週之幼苗接種 9 天後(六月十日至六月十八日)所現各級病情的株數。

(2)白皮松發芽後五週之幼苗接種 18 天後(七月二十二日至八月九日)，所現各級病情的株數。

試驗白皮松發育程度不同之幼苗對各菌系反應的結果，證明各菌系仍以 R—1 的致病力為最強，R—4 次之，R—2 又次之，R—5 最弱。各菌系對株齡較大的白皮松的侵染能力均較弱，可見松苗愈小愈易受害。據作者觀察^[3]，生長期在三月以上之白皮松，其莖基部木栓組織已經形成，即不再受 R—1 絲核菌系的侵入，但其根毛部份，仍難免 R—4 菌系的侵腐。根據 R—1 及 R—4 兩菌系的寄生方式，R—1 菌系一般地不侵害根部，而 R—4 菌系對於根部的侵害能力特強，因此有這種現象。

表5. 絲核菌各系對藥用甜菜(聯總種)幼苗的寄生性(溫度 20°—25°C)

菌系來源		R—1		R—2		R—3		R—4		R—5		對照	
		(洋 蕨)	(青 蕨)	(大 豆)	(白皮松)	(甜 菜)	(不加菌)						
病 情 分 級	0	0 ⁽¹⁾	0 ⁽²⁾	2	2	8	7	1	4	5	3	12	12
	I	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0
	II	1	2	3	3	3	3	0	0	2	1	0	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	IV	5	1	3	2	0	1	4	2	5	4	0	0
	V	6	9	4	5	1	1	3	2	0	2	0	0
病 情 指 數		88	88	63	65	18	25	58	37	40	57	0	0

註：(1)甜菜三週大的幼苗接種21天後(四月二十二日至五月十三日)，各級病情所現株數。

(2)甜菜一週大的幼苗接種21天後(四月二十二日至五月十三日)，各級病情所現株數。

菜用甜菜(*swiss chard*)在我國是不常種的，這些種子都是以前聯總所輸入的。在苗床上就發生了極嚴重的猝倒病。分離結果，得到 R—5 絲核菌菌系。它在各次接種的結果中，顯示對於洋蕨、青蕨、大豆、白皮松等幼苗比較弱的寄生能力。它對於甜菜本身的致病力雖較強，但比 R—1 及 R—2 兩菌系的致病力還是稍弱。R—3 菌系是從大豆上分離得來的，它對於上述其他作物的侵襲能力，若用病情指數來表示，常在 50—60 左右。但對於青蕨則較弱，對於甜菜僅達 18—25。

總結上面五種沙耕單菌系接種試驗，可見這五系絲核菌雖在形態上有許多類似之點，但在侵襲的部位和致病力的強弱上，對某一種作物有着一定的差異。同時對不同的作物有着不同的差別。

2. 五系絲核菌對於華北其他十五種主要經濟作物的致病力 五系絲核菌除對於其原分離寄主作物的幼苗經交互接種後，顯示它除了對本寄主外，對於其他四種寄主亦有強弱不等的致病力。因此我們又引用華北其他十五種主要的經濟作物來做接種試驗。方法是完全和前面的試驗相同的。結果綜合在表 6 中。

在這十五種作物交互接種中，可以看出五種禾本科作物除高粱和小米外，對這五系絲核菌的抵抗力較大。R—4 和 R—5 兩菌系對於小米和高粱的致病力有顯著的差別。R—4 菌系對高粱的致病力較大，而 R—5 菌系對小米的致病力較大。在抵抗力較大的玉米、大麥和小麥三種禾本科作物中，R—1 菌系對大、小麥的侵襲力稍強；而 R—2 菌系對大、小麥的侵襲力反較對玉米者為弱。一般而論，大麥、小麥和玉米在華北二十種主要經濟作物中是抗絲核菌能力最強的三個。

在非禾本科作物中，R—1 菌系具有最強的致病力，對於棉和油松的侵害極大，

表6. 沙耕單菌系接種對於華北十五種經濟作物幼苗的致病力(溫度 20°--28°C)

菌系來源 作物名稱	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	對照
	(洋 蕨)	(青 蕨)	(大 豆)	(白皮松)	(甜 菜)	(不加菌)
玉 米 (華農一號)	31	54	30	27	8	0
小 麥 (燕大1588)	35	5	32	7	5	0
大 麥 (三 月 黃)	42	8	10	9	6	0
小 米 (農 家 種)	83	88	58	18	40	0
高 粱 (散 碼 紅)	88	54	53	40	12	0
蕎 麥 (農 家 種)	80	25	21	21	10	0
甘 藷 (冲繩四號)	55	78	55	15	15	0
棉 (華農二號)	100	28	46	55	26	0
亞 麻 (潘 那 種)	86	82	48	74	37	0
花 生 (北京大粒種)	81	31	65	40	86	0
菜 豆 (農 家 種)	75	46	82	35	16	0
白 菜 (農 家 種)	92	70	52	53	62	0
蘿 蔔 (心 裡 美)	94	51	54	39	42	0
芥 菜 (農 家 種)	72	64	58	46	52	0
油 松 (林 場 種)	100	46	85	51	28	0

病情指數可達 100。對菜豆和芥菜的致病力稍弱，對甘藷的致病力最弱。R—2 菌系對甘藷特強而對棉、油松和花生均弱。R—3 菌系本從大豆上分離得來，故對豆科作物如花生及菜豆的致病力較強。但對油松却表現出特強性。R—4 菌系的致病力一般地均弱。R—5 菌系對花生的侵襲性特強，對十字花科作物均次之。

從這些實驗中，可以看出這五系絲核菌各有其獨立的致病力。對這些作物的侵襲，只有強弱的分別，而沒有倖免的。

(二) 不消毒園土中五菌系混合接種試驗

以前的試驗，注意分析單一菌系對不同作物的致病力。在自然狀態下，可能五系絲核菌同時存在。那麼，當它們同時存在時對於這些作物的致病力如何，應當是另外一個問題。本試驗用五個菌系的菌種行混合接種。每一鉢所接混合菌種之量與前述單菌系接種時所用者相等。但每一菌系在全量中僅佔總量的五分之一。

因為混合接種在園土中舉行，由於土粒的黏結，要掘取每一株幼苗完整的根來紀錄病情，手續上非常困難。故這一試驗僅採用通常用的死亡百分數來比較致病

力。死亡百分數是根據所植幼苗總數和最後成活株數的比例計算的。所試的作物除前述者外，又加入蓖麻一種。結果見表 7。

表 7. 不消毒園土中五菌系混合接種試驗(溫度 20°—28°C)

作物名稱	作物種名	接 種 日 期	幼苗總數	死亡株數	死 亡 率 (%)
玉 米	華 農 一 號	七月十五日至九月十二日	100	1	1
小 麥	燕大 1588	七月三日至八月十二日	150	25	17
大 麥	三 月 黃	七月三日至八月十二日	100	4	4
小 米	農 家 種	七月十五日至八月二十五日	80	34	42
高 粱	散 碼 紅	七月十五日至九月十二日	80	28	35
蕎 麥	農 家 種	七月三日至八月十二日	100	15	15
甘 藷	冲繩四號	八月二十日至九月十二日	40	2	5
洋 麻 棉	華 農 一 號	七月十五日至八月二十日	100	100	100
	華 農 二 號	七月十五日至八月二十日	100	100	100
青 麻	蚌 埠 種	七月十五日至八月二十日	100	42	42
蓖 麻	農 家 種	八月四日至九月十二日	26	1	4
亞 麻	潘 那 種	七月十二日至八月一日	50	18	36
大 豆	北京大黃豆	七月十五日至八月二十日	50	15	30
花 生	北京大粒種	七月十日至九月十二日	34	9	26
菜 豆	農 家 種	八月二十日至九月十二日	50	15	30
甜 菜	聯 總 種	七月十五日至八月二十日	50	38	76
白 菜	農 家 種	八月二十日至九月十二日	50	16	32
蘿 蔔	心 裡 美	八月二十日至九月十二日	50	18	36
芥 菜	農 家 種	八月二十日至九月十二日	50	10	20
白 皮 松	林 場 種	七月十二日至八月二十七日	100	84	84
油 松	林 場 種	七月十二日至八月二十七日	60	34	57

在未經消毒的園土中，混合接種的情況下，死亡率最高的是洋麻和棉花；其次便是白皮松、油松、甜菜和青麻；此外高粱、小米、亞麻、白菜、蘿蔔、大豆和花生等的受侵也相當嚴重。只有玉米、大麥、甘藷和蓖麻等不甚受病。這裏顯然表示，這一結果與沙耕中單菌系接種對大多數作物很相符合，但對另一些作物則迥然不同。

我們在田間調查前後作物與立枯病發生的關係時，結果也與在實驗室裏所做的相同。譬如洋麻、棉、或甜菜，當它們種在連種過多年的蔬菜地裏，或當它們連作多年時，便會發生很嚴重的立枯病。在林場上，我們也常看到連作過多年的白

皮松或油松的苗圃裏，也總有很嚴重的幼苗立枯病發生。相反地，在小麥或玉米和棉或甜菜等實行輪作的田裏，這一類病害就不很顯著。這些事實也可以證明，實驗室內所得的結果與田間實際的情形是一致的。

六．討論及結論

絲核菌在土壤中既然是普遍地存在着，而且對於多種作物有廣泛的寄生能力，當適宜的寄主植物完全缺乏時它們又能在一定的時間內實行腐生生活。因此絲核菌病在農業上顯然是一個極感困難的問題。在土壤中最普通的絲核菌，當然是茄屬絲核菌(*Rhizoctonia solani*)。關於它在土壤中，在沒有適當寄主植物時，究能生存若干年月，Palo^[6]，Roth 和 Riker 等^[8]已經有初步的報告。關於它的寄主範圍也曾有許多研究^[7]。我們現在所注意的是由茄屬絲核菌中分離出來的各種不同的系間是否有截然不同的寄主範圍。它們對於同一農作物是否有明顯的寄生能力上的差異。它們在孤立存在時和與其他菌系或生物共同存在時，對於農作物的受病程度上是否有所改變。這些問題是在計劃一種防病輪作制時，必須要首先考慮的基本條件之一。

在本研究中，我們曾從洋蔥、青蔥、大豆、白皮松和葉用甜菜的莖基或根部分離得五個絲核菌的菌系用 R—1, R—2, R—3, R—4 及 R—5 順次代表上述的五種來源。在培養性態上，R—4 可能不屬於茄屬絲核菌的一種，但 R—1, R—2, R—3 及 R—5 顯然與茄屬絲核菌的基本培養性態全相吻合。在次要的性態上，則各系間略有差異；這在它們的生長率上，在它們對於氣溫的反應上都可以看出來。從溫度需要的觀點上，這五個菌系可以分為三類：(1)生長率極其迅速，但在 28°C 以後就急劇減退的如 R—3 菌系；(2)生長率極其遲慢，而在 28°C 以後始逐漸升高的如 R—5 菌系；(3)生長率對於溫度的反應不甚敏感，但在 20—28°C 之間一般地較好如 R—1, R—2 及 R—4 菌系。這些菌系對於溫度要求的相同和相異，並不能說明這種異同與它們培養性態及寄生能力上的異同完全相適應。譬如 R—1 及 R—2 兩菌系對於溫度的需要是相同的，在培養性態上也極相似，可是在寄生能力上，R—1 是一個極強的菌系，R—2 是一個較弱的菌系。R—4 菌系的溫度要求雖與它們相近，但是在培養性態上和寄生能力上是迥然不同的。

這些菌系對於農作物的寄生方式可因其部位的不同而分為三類：(1)主要的受

侵處發生在根部如 R—4; (2) 主要受侵處發生在莖基如 R—1 菌系; (3) 作物根莖兩部同樣地受侵的如 R—2, R—3 及 R—5 菌系。不過 R—3 菌系較近似於第一類, 而 R—5 較近似於第二類。第三類根莖同時受侵的情形, 一般地反而較輕, 可能因為侵入處的發展較為局限的緣故。各菌系對它們的原分離寄主, 一般地顯示較強的寄生性, 但 R—1 菌系却對於各種作物的致病力同樣地強大, 很少選擇性。R—2 菌系除對小米外, 它的致病力一般地較弱。R—3, R—4 及 R—5 等菌系對於所試作物的寄生性顯然有着選擇性, 只對少數作物有嚴重性, 對其他的作物就無足輕重。從這一點來看, 可以推測到土壤中存在着若干菌系, 當某一種作物栽培時, 其中與該作物最親和的一菌系可能增殖得很快。因此可以預見到前作物對於後作物在發病上的影響。譬如 R—5 菌系在土壤中的量本來不足為害, 却因為前作物是花生, 使它迅速增殖, 以致不適於種植葉用甜菜。此外, R—4 菌系對於大豆的親和性較大, 種過了大豆的地恐怕也能助長白皮松的根腐病。無疑地小米的栽培可以使土壤中的 R—2 菌系增殖。許多農作物差不多都刺激 R—1 菌系量的增加, 只有玉米、甘藷、和大小麥比較不適於絲核菌發育的要求。

從五個菌系在消毒沙耕中作單獨接種後的結果, 我們得出一些結論來。第一是禾本科作物對於絲核菌並非是都能抗病的。過去很有些人以為禾本科作物都可能免受絲核菌病, 因此介紹禾本科作物為輪栽作物的基幹^[2]。現在事實證明, 小米和高粱在幼苗時期, 也是極易受病的。一般地因為禾穀類作物的播種量大, 在缺株方面的影響不很顯著。不過這些作物仍能助增土壤裏絲核菌的繁殖, 並延長絲核菌的壽命, 使他們的後作物發生不良的後果。第二是這些菌系的原分離寄主有時並非它們最適宜的寄主。它們可能同時寄生在某一種作物上。它們最適宜的寄主之間也可能毫無血緣的關係。譬如 R—1 菌系對於棉及油松的親和力, 以及 R—2 菌系對於小米的偏向性。R—4 來自白皮松而更適於大豆, R—5 來自葉用甜菜而更適於花生。這種在廣泛的寄主間能交互更迭地寄生, 增加了輪作制上設計的困難。

在消毒沙耕中, 單菌系接種下, 似乎找不出一種作物可以使每一菌系或某些菌系達到絕對不能增殖的境地; 事實上, 在自然的情況下, 土壤裏的絲核菌受其周圍其他微生物的壓制, 它們的生長和發育不一定會如在消毒沙耕中一樣。從不消毒園土中, 五菌系混合接種下, 便已看出: 玉米、大麥、小麥、蕎麥和甘藷等的發病率都不很顯著, 大豆、菜豆、花生、芥菜的受病程度也比較輕些; 不過洋蕨、青蕨、棉、甜

菜、油松和白皮松的受病情形依然十分嚴重。因此這些受病嚴重的作物，絕對不能相互輪作；而受病較輕的，最好也能避免應用；只有玉米、甘藷和大小麥等抗病力最強的作物可以利用為輪栽的基幹材料。

在這裏，我們要強調輪作制度的重要性。在某些地區內，實行了適合的作物輪栽，不僅可以防除絲核菌所致的幼苗立枯病，還可以減少其他各種由土壤傳染的病害。甚至有些虫害也可用大規模的輪作制來防除的。蘇聯實行了‘特來沃頗利輪作制’(Travopolye system)^[4]，他們不僅解決不少病蟲害的問題，而且還改善了土質，保持了水份，使不能利用或將丟棄的旱地，變為肥沃而豐潤的良田。目前中國，雖不能完全仿效蘇聯實行大規模的多年生牧草的輪作制，但在小規模的輪換當地主要經濟作物來防除某些病害，至少對於立枯病是可以做到的。在華北很多地域內，早已實行了作物輪栽法^[1]。不過其中還不免存在些不科學的看法，他們選擇輪作的對象也沒有完全顧慮到病害的防除。可是由這種啓示，只要我們把舊有的輪作制度略加科學的分析、整理與改良，一定很容易為羣衆所接受的。

根據舊有輪作制的調查^[1,2]與絲核菌致病力試驗的結果，在華北某些灌溉區內實行棉麥及豆類的輪作是值得鼓勵的。京漢線上，如定縣、石門等地，小麥的黑疸和線虫病，或棉的炭疽病也非常嚴重，防除這些病害也需要配合輪作，單靠拌種或汰除是不能完全奏效的。每當2-5年棉作後，插入兩年的小麥、玉米、甘藷或蕎麥的輪栽，對農民的經濟不致有很大的妨礙，而可減輕棉病的損失。在旱地區內，實行玉米、小麥、豆類和棉六年制的輪作在目前最為理想。即第一年春季種早玉米，是年秋季種小麥；第二年夏種豆類，第三至六年種棉。其他比較抗病的作物如大麥、蕎麥、蓖麻或甘藷也可分配與容易受病的洋麻、青麻、或甜菜等實行輪作。看當地農民的需要及肥料、勞力的配合與否，自行選擇便了。

本研究不過是從防病輪作制的觀點來看問題，當然各菌系對農作物的致病力是我們必須首先解決的基本條件之一。這方面的分析，我們是做到了。但在混合接種方面的工作還嫌不夠。此外，不消毒土壤的生物和理化的性狀也沒有加以分析。各個因素間的相互作用以及各個菌系間的抗生和協合作用也必待今後深入的研究。其次，試驗期中溫濕度的高低及所用幼苗發育程度的不同等等都能影響各菌系的致病力，這點我們也沒有能夠完全控制。在作物不同的品系間，對同一菌系或混合菌系，有時也能顯出迥然不同的抗病力。如華農二號棉及脫字棉極易受病，而斯字二B及四B棉均具抵抗力。這種作物抗病能力的測定工作，我

們也正在進行中。

最後，我們希望能聯合園藝、作物、森林、土壤、肥料、虫害等各方面的同志來搞個大規模的輪作試驗。這種試驗，最好在各地區分別同時進行。能在這個方法上爭取到更多的自然的賜予，實在是比較合理的辦法。

七. 總 結

1. 在華北多種經濟植物，如洋麻、棉、青麻、大豆、葉用甜菜、白皮松及油松等的根或莖基，分離得五系不同的根腐及莖基腐絲核菌，除白皮松根部的一系外，其他四系屬於茄屬絲核菌 *Rhizoctonia solani* Kühn。

2. 五系絲核菌在培養性態上各有異同，其中以洋麻和青麻莖基所得的菌最相似。關於它們對於溫度的要求上，則分為：(1)生長速，28°C 以後減退，如大豆上的菌系；(2)生長緩，28°C 以後遞增，如甜菜上的菌系；(3)對於溫度改變的反應不甚敏感，如其他菌系。

3. 五種絲核菌的侵襲方式可以分為三類：(1)主要發生在根部，如白皮松根上的菌系；(2)主要發生在莖基，如洋麻上的菌系；(3)根莖同樣地受侵，如青麻上的菌系。

4. 單菌系在消毒的沙耕中，對於各種作物顯示如下的致病力：(1)洋麻上的菌系除對於玉米、大小麥及甘藷等作物外，對於其他所試的作物均有極強的寄生能力；(2)青麻上的菌系對於小米的侵害力特強，其次便是洋麻；(3)大豆上的菌系一般地對大豆和菜豆稍強；(4)白皮松上的菌系一般地均弱，但對白皮松和大豆特強；(5)葉用甜菜上的菌系一般地很弱，只有對花生的致病力特強。

5. 在不消毒園土中行五個菌系的混合接種，結果可以將所試的作物分為三大類：(1)高度抗病的如玉米、大麥、甘藷和蓖麻；(2)中度抗病的如小麥、蕎麥、大豆、花生、菜豆、芥菜和亞麻；(3)極不抗病的如洋麻、棉、甜菜、白皮松和油松。

6. 各作物混合接種的結果，大致與單菌系接種者相符。但在某些作物混合接種時則與單菌系接種者不同，即對於某作物致病力最強的一個菌系，在集體中不一定起決定的作用。例如青麻上的菌系，在集體中對小米的發病不起決定作用。

7. 根據前人報告，絲核菌在土壤裏雖能越冬，但在兩年之內不再繼續供給其寄生的材料，便可逐漸死亡或減少到對於作物無足輕重的程度。因此避免受病作

物的長期連作，或利用抗病作物與受病作物輪作，是爭取自然更多的賜予的最好方法。依據華北既有的輪栽制度及本研究的結果，建議在華北的棉區內，每當2-5年的棉花連栽後，即予兩年玉米及麥豆類作物的輪換；在非棉區內，也應經常注意着作物的輪栽，以免受病害嚴重的損失。

參 考 文 獻

- [1] 華北農業科學研究所，1949：華北農作的栽培制度。華北農業科學研究所編譯委員會參攷資料第三種。
- [2] 沈其益，1936：中國棉作病害，第37頁。中央棉產改進所印行。
- [3] 尹莘耘，1950：白皮松幼苗根腐病之研究。科學，32，(7)，218。（論文提要）
- [4] 布辛斯基，1948：土壤科學的生物學路線。列寧全蘇農業科學院會議第三次會的報告。蘇聯農業科學參攷資料第三集第10-14頁。
- [5] Chiu, W. F. (裴維蕃)，1948: Studies of *Mycosphaerella citrullina*. Sum. Doct. Dissertations. Vol. 10. Univ. Wisconsin.
- [6] Palo, M.A., 1926: Rhizoctonia disease of rice. I. A study of the disease and of the influence of certain conditions upon the viability of the sclerotial bodies of the causal fungus. Philippine Agr., 15, 361-375, illus.
- [7] Peltier, G. L., 1916: Parasitic Rhizoctonias in America. Illinois Agr. Exp. Sta. Bull., 189, 283-390, illus.
- [8] Roth, L. F., and Riker, A. J., 1943: Life history and distribution of *Pythium* and *Rhizoctonia* in relation to damping-off of red pine seedlings. Jour. Agr. Res., 67, (4), 129-148.
- [9] Ryan, F. J., Beadle, G. W., and Tatum, E. L., 1943: The tube method of measuring the growth rate of *Neurospora*. Amer. Jour. Bot., 30, (10), 784-799.
- [10] Trans., 1948: Disease measurement in plant pathology. Trans. Brit. Myc. Soc., 31, (3, 4), 343-345.