作物の立枯性病害に関する病態生理學的研究 (第 1 報)

棉苗の生育過程と根腐立枯病との關係*

木 場 三 朗

Saburo KOBA: Patho-physiologic studies on the damping-off of cultivated plants.

I. Relation between the age of the cotton seedling and the *Fusarium* root rot.

緒 言

西部朝鮮の棉苗の殆んど全部が、毎年早春の低温を誘因として、*Fusarium* spp. の爲に輕重種々の被害を受け、環境の如何によつては立枯又は生育の遲滯を生ずる⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾⁽²¹⁾。然し本病による被害は又棉苗自身が持つ性質に關係する點がある事を知り、昭和 16~18 年朝鮮の龍岡に於て此の實驗を行つたのであるが、其後の研究を整理して、此度公表する事にした。實驗中御指導を賜つた吉井教授、實驗を分擔した小谷信夫及び吉良平八郎兩氏に深謝の意を表する。

1. 棉苗の成育過程と根腐立枯病との關係

(1) 棉苗の成育過程の基準

棉苗の病害に對する抵抗は播種後の日數よりも形態上の生育過程によるから諸實驗の結果を比較統合する

Fig. 1. Development of the Cotton Seedling

爲に苗の成育度の基準を下記の如く定めた(第 1 圖)。

A は播種前。B (2) は充分吸水。C (3) 發芽始めて幼根先端を見る。D (4)。E (5) 地上部に出る。F (6) 種皮から子葉が開始む。G (7) 種皮脱落子葉に皺がある。H (8) 子葉皺なく開かず。I (10) 子葉展開淡綠色。J (12) 側根出始め子葉淡綠。K (15) 子葉増綠 10 數本の側根伸長。L (17) 成葉の芽出始め。M (25) 子葉成長を完了。N (30) 本葉の伸長速度急増して苗は漸く其の幼苗期を脱する。括弧内の數字は 11~24°C、適濕砂壤土での經過日數である。

(2) 棉苗の成育過程と發病歩合

各生育期の苗 45~50 本に病菌を接種し、其後 10~14°C に 7 日置き、根の褐變の如何を調査した。第 1 表は 2 回の平均値である。發芽當時は發病し難く、H まで漸次高まり、H, I, J, K, L に於ける發病率は 80~90% の高度を示し、M, N に於て再び抵抗性を現わす。

第 1 表 苗の發病と枯死

生育過程	健苗の發病		病苗の枯死	
	本	%	本	%
C	0.5	1	36.0	72
D	1.0	2	37.0	74
E	11.5	27	38.5	77
F	18.5	40	37.5	75
G	25.5	51	40.0	80
H	36.0	80	43.5	87
I	40.5	86	46.0	92
J	42.0	88	48.5	97
K	43.5	93	34.5	69
L	38.0	78	11.0	22
M	35.5	72	6.0	12
N	8.0	18	0.0	0

(3) 棉苗の生育過程と病菌の枯死歩合

前試験で調査済みの病苗各 50 本宛 (2 區制) を生育過程別に集めて植えて充分灌水し、後 10~18°C の硝子室に灌水せず放置した。7 日目に土壤水量は容水量の平均 25.3% を示した。後再び灌水して 3 日後に

* 九州大學農學部植物病理學教室業績

至つても恢復しないものを枯死苗とした (第1表)。

發芽當時は稍々強く、J は最も弱く 97% 枯死し、L では再び急に強くなる。尙對照區の苗は全く枯死しなかつた。

(4) 棉苗の生育過程と被害苗の恢復

根の約半量罹病の棉苗を選び、堆肥と化學肥量を加えた砂壤土 7 寸鉢盛りに 1 本植とし、10 本宛を 1 區として 10 日毎に草丈 (20 日まで大差なし)、70 日目に根長と根重を檢した (第2表)。I 及び J では第 70 日

第 2 表 病苗の恢復

生育過程	草 丈 (cm)			70 日目の根重 (g)
	30 日	50 日	70 日	
C	6.5	18	56	5.5
D	7.0	19	62	5.2
E	8.5	17	48	5.0
F	4.5	10	45	3.8
G	4.5	10	33	3.8
H	5.0	9	31	2.0
I	4.5	7	21	1.3
J	5.0	7	19	1.0
K	5.5	11	30	3.6
L	6.5	14	56	4.9
M	7.0	18	67	5.2
N	7.5	20	70	5.0
健苗	7.5	20	69	5.3

に 21 cm 及び 19 cm で健全の 1/3 の草丈を示し、根重は 1.3 g 及び 1.0 g で健全の 1/5 に過ぎない。

(5) 考察及び小結

Macrophomina phaseoli に根を侵されて棉が枯死するのは草丈 5~10 cm のものに限ると云う⁽³⁴⁾。其他苗の生育過程と發病との關係の存在を報告したものが多く⁽¹⁾⁽¹²⁾⁽³¹⁾、本實驗の傾向は正しいものであらう。

先づ發病歩合と枯死歩合を綜合すれば、C より F に至る間では罹病は難かしいが枯死し易い。K から M は罹病し易いが枯死し難い。然し G から J まで罹病し易く枯死も容易で、殊に I と J は發病歩合 87% 前後、枯死歩合 95% 前後を示している。

次に被害苗の恢復状況を考へ入れると、G から K までは發病、枯死及び恢復不能が重なり、特に I と J とでは甚だしい。

2. 棉苗の健全生理に関する試験

(1) 棉苗の體重と含水量

健全苗を毎早朝採集して、5 本宛 3 組の秤量を行い其の平均値をとつた (表略)。生體重では始め F まで

は増量はするが差は少い。其後は急に増す。含水量は成長苗 87.1% に對して G は 83.4% で殆んど等しくなる。乾重は E 及び F で最低を示して居る。

(2) 棉苗の貯藏養分

棉種子が發芽を始めると、脂油は糖に變じて轉流し、幼莖及び幼根に至つて再び澱粉として貯藏される。高溫下に急速な成育を行う場合には之れが認められないから、此の貯藏澱粉の消長は苗の體中の過剩養分の消長を示すと云える。今幼莖上部皮層に就て見れば、1 細胞中の澱粉粒數は C で 18~23、其後大差なく少し宛減少し、H、I では再び元にかえるが J では急に 5~7 に減ずる。K 以後は維管束附近に 2~3 個を認める。幼莖の中心部又は幼根の各部でも同様の傾向が見られる (表略)。

棉苗のエーテル浸出物では C で 18.6% の含油量で、F は 11.6%、J は 6.2%、其後は變化が少い (表略)。

(3) 棉苗の呼吸率

簡易測定法⁽²²⁾により棉苗の呼吸率を測定した。B は 0.98、C~J は 0.68~0.66 を示し、J は 0.75 と増加を始め、M では 0.97 に達する (表略)。

(4) 棉苗の同化作用

種皮内での子葉は純然たる貯藏器官である。貯藏養分、柵狀及び海綿組織の分化、氣孔及び葉綠粒の形成等を測定すれば J までは全く未完成であり且つ氣孔は尙閉鎖する (表略)。沃度法で檢鎖すれば、J までは同化澱粉を認めず、K で不明瞭な微點を作り、正常なものは M に始まる。

(5) 棉苗の呼吸作用

重土水を稀酸で滴定する常法に従つて、棉苗の呼吸作用を測定し

た。實驗は 3

同行い、ほぼ

一致したので

平均した (第

3 表)。ただ I

及び J を中心

にして他の 3

回の實驗を追

加して、其の

時期の 1 時的

亢進を確かめ

た。即ち I 及

び J では苗の

個體當り呼吸

第 3 表 棉苗の呼吸量 (CO₂ mg/h)
温度 21~22°C 日光直射なき明
室、微風

生育過程	1 本當呼吸量	乾重 1 g 當量
A	0.016	0.612
B	0.052	0.916
C	0.158	1.645
D	0.286	3.081
E	0.355	4.258
F	0.556	7.310
H	0.663	7.665
I	0.892	8.305
J	0.931	8.286
K	0.875	7.118
L	1.257	7.209
M	1.716	6.108

量は僅かに充進を示すが、對乾重では之れが明瞭に認められる。

(6) 棉苗の蒸散作用

測定は秤量法によつた。3回の結果には多少の相違があつたが大體類似したもので其の平均値を第4表とした。即ち1本當り量ではDが1.21g, I, Jでは最低の0.12gを示しK以後は再び上昇する。對生體重でもJが最低を示す。

生育過程	1本當り量	生體 1g 當量
D	0.213	0.293
E	0.164	0.271
F	0.158	0.250
G	0.152	0.205
H	0.141	0.166
I	0.125	0.133
J	0.121	0.114
K	0.179	0.160
L	0.155	0.142
M	0.178	0.136
N	0.265	0.148

表皮のクチクラ形成をスズンⅢ又は濃硫酸で處理して檢すれば、Iで始めて甚だ不明瞭な反應を認め、Kでは稍々明瞭、Lに始めて判然となるが、Mまでは厚さを増す。

(7) 考察及び小結

發芽過程中、乾重が一時減量する事は大麻⁽⁸⁾、向日葵⁽²³⁾其他多數知られている。又、生育の初期に生體重又は乾重の増加の割合が尠い事も王蜀黍⁽²⁴⁾、水稻⁽¹⁰⁾其他の報告がある。ただ著者の所謂危険期は一度最低に達した乾重が徐々に増加し始め、含水量は始めて成苗の域に達する時期に相當する點に問題がある。

發芽の際の貯藏養分の變化に就ては、類似した多數の報告⁽¹⁶⁾がある。棉苗では最危険期に貯藏澱粉又は油脂が甚だしく減少して來るのは側根形成に多量のエネルギーを消費する事を示して居る。

呼吸率の變換が亞麻、王蜀黍⁽⁷⁾⁽⁹⁾其他の苗の成育過程に報告せられ、著者の場合に一致する。之は呼吸源物質が脂油から炭水化物に變る時期を示し、最危険期が苗の生理變化の轉期である事の一斷面を示す。

苗の同化作用に関する實驗は極めて不充分であるが、棉苗は其の危険期に於て同化作用は未だ開始していないか、又は極めて微弱であろう事は蠶豆及び大麥⁽¹⁵⁾、亞麻其他⁽⁵⁾⁽⁸⁾、王蜀黍其他⁽¹⁷⁾⁽³⁰⁾の研究に照しても間違いないと思われる。

苗が發育の途中一時最高呼吸量を示す事には向日葵及び蕎麥⁽²²⁾、小麥其他⁽¹⁶⁾で知られて居るが、側根が

出始める頃の一時的充進は知られて居ない。此の期に於ける多量のエネルギー消費の模様を現わして居る。

表皮蒸散作用が若い葉に見られ、漸次氣孔蒸散に變化する事⁽³⁾が知られ、向日葵⁽²¹⁾の苗では10日目に最少を示すと云う。棉苗では最危険期が最低を示し、兩蒸散作用の轉換期にある事を示すと同時に、吸収された鹽類移動の不充分に原因する一つの弱點を示す。

以上を要するに、棉苗は其の最危険期には、(1) 乾重は最低であり、(2) 含水量は始めて成苗に達し、(3) 同化作用は始原期で皆無又は微弱であり、(4) 貯藏養分は消費し盡されようとし、(5) 呼吸率の轉換期であり、(6) 呼吸作用は最大を示し、(7) 蒸散作用は反對に最少である。

即ち棉苗は此の時期に、獨立營養的生活を開始するのであつて、甚だしい危険さにあると考えられる。

3. 病棉苗の病態生理に関する研究

(1) 罹病による同化作用の變化

J, K, L, Mの生育過程にある病苗(根の約半量被害)各10本を選出栽培し、4日目に7時間日光直射して同化澱粉を檢鏡すれば、健全苗ではKに始まりMで正常となるが、病苗ではMに於て始め僅に認められる。生育Lの苗が發病すれば子葉の先端が光澤を失い次で稍々柔軟となるが、此の時の葉の含水量は正常の86%内外に對し20~25%を失う。次で子葉の兩端は下垂して萎凋を示すが、此の時35~46%の水分を失い、同化澱粉は前者では殆んどなく、後者では全くない。

(2) 罹病による呼吸作用の變化

生育Jの苗を發病させて、8~23°C適濕土壌に移植

し、1日1回採集し10本を1組として呼吸瓶に入れた。第5表は2回の平均値である。即ち病徴發現後4日目の病苗は170%の最高を示し、其後は漸次低下し遂に健苗よりも低くなる。

第5表 病苗の呼吸量 (CO₂ mg/h)
21~22°C, 日光直射なき明室, 無風

經過時間	生體 1g 當量	健全對比數
0	1.433	98.17
60	1.472	—
72	1.543	116.68
84	2.062	—
96	2.469	176.66
108	1.690	—
120	1.332	113.28
132	0.901	—
144	0.523	77.79
156	0.238	—
168	0.118	73.84

(3) 罹病による蒸散作用の變化

第 6 表 病苗の蒸散量 (g/2h) (日光直射せる明室, 扇風機による 微風, 20~23°C, 湿度 71~85%)			
生育 J の苗 を同上の如く 整へ, 蒸散作 用を測定した 結果を第 6 表 に示す。即ち 3 日目の後に 最大 154% を 示し, 4 日目 から逆に急速 に減少してき て, 1 時的亢 進に次ぐ慢性 の衰弱が起 る。	経過時間	生體 1g 當量	健全對比數
	0	0.1433	107.7
	60	0.1543	135.4
	72	0.2062	—
	84	0.2469	154.3
	96	0.1691	—
	108	0.1332	83.3
	120	—	—
	132	0.0901	—
	144	—	—
	156	0.0523	36.8
	168	—	—
	180	0.0238	—
	192	0.0113	8.5

(4) 考察及び小結

根の被害が同化作用に及ぼす影響に就ては報告が見當らないが, 水分不足が同化作用を害する報告は多數⁽⁶⁾⁽¹⁴⁾あるから, 根を侵された棉苗の同化障害の概要は本實驗の結果からも察知出来る。

病植物の呼吸作用の亢進に就ては, 多數の報告⁽²⁾⁽³⁾⁽²⁷⁾⁽³²⁾⁽³⁵⁾があるが, 病苗に關するものはない。又此の實驗法に多少の缺陷があつた。然し罹病による棉苗の呼吸作用の増大があり, 甚だしいエネルギーの消費が行われて居る事は明らかである。

罹病による蒸散作用の増大の報告⁽¹³⁾⁽²⁵⁾⁽²⁸⁾⁽³³⁾は多い。然し苗の病害に關するものはない。此の實驗には不備があつたが, 呼吸の増大に伴う蒸散量の増大は當然であり, 又續いて来る甚だしい衰弱は重要であらう。

罹病による同化作用の障害, 呼吸による勢力消費, 蒸散作用の衰弱等により罹病苗の弱點はいよいよ増大し, 病苗の恢復の困難さが解る。

4. 結 論

棉苗は子葉展開初期から側根伸長初期頃までは根腐

立枯病に罹り易く, 罹つた苗は恢復し難く且つ枯死し易い時期にあり, 棉苗の生理學的及び病態生理學的實驗の結果は此の事實を裏書する様に見える。

(1953 年 3 月 12 日受領)

引用文献

- 1) 鎌谷大節, 進藤敬助: 北日本病蟲報, 2: 5, (1951)
- 2) Allen, P. J.: Science, 88: 2278, (1938)
- 3) ——— and Goddard, D. R.: Amer. Jour. Bot., 25: 613, (1938)
- 4) Bartholomew, E. F.: do, 18: 765, (1931)
- 5) Briggs, G. E.: Proc. Roy. Soc., 91: 249, (1920)
- 6) Brilliant, A. W.: Compt. Rend. Acad. Sci., 178: 2122, (1924)
- 7) Daggs, R. G. and Wardlaw, H. S.: Jour. Gen. Physiol., 17: 303, (1933)
- 8) Daster, R. H.: Ann. Bot., 38: 779, (1924)
- 9) Detmer, W.: Vergleichende Physiologie des Keimungsprozesses: 336, (1880)
- 10) Erygin, P. S.: Plant Physiol., 11: 821, (1936)
- 11) 古田 力: 北日本病蟲報 2: 5, (1951)
- 12) Gregory and al.: Phytopath., 42: 613, (1952)
- 13) Harvey, R. B.: do, 20: 259, (1930)
- 14) Iljin, V. S.: Jour. Ecol., 4: 65, (1916)
- 15) Irving, A. A.: Ann. Bot., 24: 805, (1910)
- 16) Jones, W. W.: Plant Physiol., 11: 565, (1936)
- 17) Kettering, C. F.: do, 10: 40, (1935)
- 18) 木場三期: 日植病報, 11: 186, (1942)
- 19) ———: 朝鮮總督府農試報, 15: 32, (1943)
- 20) Martin, E. N. and Clements, E. F.: Plant Physiol., 10: 616, (1935)
- 21) McClellan: Phytopath., 42: 407, (1952)
- 22) Meyer, B. S. and Radder, D. S.: Plant Physiol., 11: 437, (1936)
- 23) Miller, E. C.: Ann. Bot., 26: 889, (1912)
- 24) Miller, M. F.: Mo. Sta. Tech. Bull., 76: 25, (1925)
- 25) Murphy, H. C.: Jour. Agr. Res., 50: 387, (1935)
- 26) 西門義一, 宮脇雪夫: 植物病害研究, 4: 184, (1951)
- 27) Pratt, R.: Science, 88: 62, (1938)
- 28) Reover, W. H.: Jour. Agr. Res., 54: 375, (1937)
- 29) Stilles, W. and Leach, W.: Proc. Roy. Soc., 111: 338, (1932)
- 30) Stone, W. E.: Jour. Agr. Res., 45: 421, (1932)
- 31) 鈴木直治, 曾我友子: 日植病報, 17: 152, (1953)
- 32) Weimer: Jour. Agr. Res., 21: 627, (1922)
- 33) Weiss, F.: do, 27: 107, (1924)
- 34) West, J. and Stucky, W. R.: Mem. Imp. Coll. Trop. Agr. Trini., 4: 20, (1931)
- 35) Yarwood, C. E.: Jour. Agr. Res., 49: 549, (1934)

Summary

Cotton seedlings are highly susceptible to damping off (*Fusarium* spp.) at the beginning of the development of lateral roots.

Cotton seedlings affected at this stage, 8 to 15 days old (H~K in Fig. 1) are hardly able to recover and killed easily.

At these critical stages, especially 10 to 12 days

old (I and J in Fig. 1) cotton seedlings show little or no carbon assimilation, maximum respiration rate, minimum transpiration rate, and exhaustion of stored-up food.

The infection by damping off fungi often causes over-increase of respiration and over-decrease of transpiration in cotton seedlings.