棉苗根腐立枯病に關する研究(第1報)

發病機構及び大被害の發生の原因

木 場 三 朗

(朝鮮總督府農事試驗場龍岡棉作支場)

(昭和 16 年 11 月 20 日 受 領)

Saburo Koba: —A Study of *Fusarium* Take-all of Cotton
Seedling. I. Patho-Oecological Observations, and the
Cause of Outbreak of the Disease.

I. 緒 論

例を最近に取れば、昭和 13 年に於ては平安北道・平安南道・黃海道・京畿道を含む中・西鮮地方に於ては、6 月上旬に一齊に棉苗の立枯を見、被害面積は播種總面積の 80% を越へ、各圃場の被害歩合は 50~90% に及び慘憺たる狀況を呈したのである。

朝鮮では古くから小滿 (5 月 20, 21, 22 日) の日には寒風が雨を孕んで襲來するものとして、之を「シヨマンの風」と呼び、棉苗の立枯を原因するものと考へられてゐる。棉苗立枯

は大體 3~5 年に一回大發生を見る様であるが例年でも多少の發病 (10~40%) がある爲に甚だ多量の播種を要し、發病稍大ならば部分的の追播を行ひ、發病少なければ缺株部に胡麻、萊菔白菜其他雜多な作物が混作せられて居たのである。昭和 14 年より西鮮地方の在來棉は陸地棉に轉換され始め、昭和 16 年度に於ける中西鮮地方の陸地棉栽培面積は棉作總面積に對し、京畿道黃海道の殆んど全部、平安南道の約 8 割、平安北道の約 4 割に達したのである。而るに陸地棉は熟期が遅く、6 月に入つてからの播種は甚だしく其の收量を減じ、秋に降雨が多ければ 5 月下旬播種に於ても既に甚だしい收量の低下が見られる。

第1圖 播種期と陸地棉の收量 (10亞當莖)
(木浦 113ノ4 號, 表中數字は昭和年
度, a は點播 b は條播による試驗)

今假りに昭和 13 年度に於けると同様な苗の立枯が陸地棉に発生したとするならば、追播を要すると云ふ判断を下せるのは6月上旬であつて追播の実施は早くも6月中旬になると思はれるから、第1圖に明らかである通り収量は皆無に近い。即ち中西鮮地方の棉苗立枯の發生の有無が其の年の棉の収量に及ぼす影響は甚だしく増大し來つたのである。

野瀬氏(1938)は鮮内各地に於ける棉立枯苗から5種の病原菌を分離し其の性質に関する報告を行ひ、昭和 13 年之等病原菌を著者に與へられた。岩垂氏(1940)は滿洲國に於ける棉苗立枯に對してセレンサン種子塗抹法を提唱して赫々たる實績を見た。當地に於いては棉栽培の歴史が古い爲か、セレンサンの使用は4箇年の成績に於て充分の効果を期待し得なかつた事と、朝鮮に於ける大發病の瀬度が尠い爲に之が毎年の使用は朝鮮に於ては不適當である事に鑑み、他の對策によらんとして實驗を行ひ此處に述べる成績を得たのである。

本試験を行ふにあたり種々便宜を賜はつた湯川場長、懇切なる指導と校閲を賜はつた吉井教授、種々教示を賜はつた澤村支場長、野瀬技師、横尾技手に謹んで感謝の意を表する。

II. 西鮮地方に於ける棉苗立枯病の病原菌

昭和 13 年棉苗病害の大發生に當り、著者は平安南道棉作の中心地帯である、龍岡郡・江西郡・大同郡の3箇郡に於て、砂質地及び粘土地につきて各乾燥地及濕地の被害苗（在來棉）各 50 本を採集して、之が病原菌の分離を行ひ、其の大部分が *Fusarium spp.* による根腐立枯病である事を明にした(第1表)。元來西鮮地方に於ける棉苗立枯は一般に腰折病

第1表 平安南道に於ける棉苗立枯病の發病歩合(%)
(昭和 13 年度、採集地は被害 80% 以上の畑)

採集地	土質	土乾地の濕	<i>Fusarium</i>	<i>Colletotrichum</i>	<i>Alternaria</i>	Bacteria	<i>Rhizoctonia</i>	不明
龍岡郡	砂質地	乾	84%	5%	2%	4%	3%	2%
		濕	78	6	1	3	12	4
	粘土地	乾	85	1	5	4	1	4
		濕	80	5	3	1	10	1
大同郡	砂質地	乾	95	0	0	1	4	0
		濕	72	0	5	2	21	0
	粘土地	乾	80	8	0	0	11	1
		濕	73	5	1	4	15	2
江西郡	砂質地	乾	95	2	0	0	0	3
		濕	81	1	1	2	3	2
	粘土地	乾	90	1	0	0	7	2
		濕	76	2	0	0	9	3

(*Corticium vagum* BERK. et CURT.) であるとせられて居たのであるが其の被害は極めて尠く最大 20%, 處に依つて皆無である。

次に著者は昭和 14 年南鮮地方の麥間作棉の旱害状況を視察し、忠清南道の各地より病害による被害苗各 50 本を採集し、病菌の分離を行つた結果、特に其の海岸地帯に於て炭疽病

による被害が大である事を知つた(第2表)。

第2表 忠清南道に於ける棉苗立枯病本数

採集地	採集圃場の被害歩合	<i>Fusarium</i>	<i>Colletotrichum</i>	<i>Rhizoctonia</i>	其 他
大田附近(山間部)	25(%)	25	16	3	6
保寧附近(海岸部)	48	5	36	5	4
洪城附近(")	52	6	38	0	8

次で昭和16年西鮮地方は5月下旬より6月上旬に懸けて長期の降雨を見、幼葉に斑點性諸病害の甚だしい發生を見たのであつて、之は腰折病及炭疽病發生の好条件下にあるものと考へ、黃海道的主要棉作地帯である海岸線及び平安南道の山間部棉作地帯の中心地成川を視察し、被害立枯苗各30本を採集して、病菌の分離を行つた。其の結果は第3表に示す通り

第3表 西鮮地方に降雨特に多き場合の棉苗立枯病原菌

採集地	<i>Fusarium</i>	<i>Colletotrichum</i>	<i>Alternaria</i>	Bacteria	<i>Rhizoctonia</i>	其 他
黃海道 殷栗	24%	38%	12%	9%	11%	6%
平安南道 成川	32	25	18	7	13	5
" 龍岡	38	32	16	3	9	2

炭疽病の被害は第2表の南鮮地方の夫れと同様に見えるが棉の總本数に對する被害歩合に換算すれば3%に當り南鮮地方の18%よりも尠く、昭和13年度の龍岡地方の4.8%よりも寧ろ尠いのであつて、16年度に於ける *Fusarium* 菌による被害が特に尠なかつた爲に生じた見懸上の増加である。腰折病は相變らず尠い。

野瀬(1938) 岩垂(1940) 兩氏の成績に於ても棉苗立枯病原菌は *Fusarium* が第1位を占め炭疽病菌が之に次ぐ事が記載されてゐて以上の成績と一致する。

以上を要するに西鮮地方の棉苗立枯は主として *Fusarium* 菌に依つて起る根腐立枯病であると見て良い。野瀬氏は2種の本菌を得て居るが著者は更に之と異ると思はれる2種を得てから病原となる *Fusarium* 菌は今の處4種があると思はれる。

III. 根腐立枯病の病徴

溫室内の無消毒土壤に育成した棉苗を發芽後2週間に於て最低気温 5°C~10°C に降下する室外に2~3日間放置し、後水中に於て靜かに根の土を落せば主根又は支根の先端1~0.2 cm が褐色又は橙色に變色して居るのを見る。之が根腐立枯病の最初の病徴であつて病斑は漸次擴大して遂には根の全面に互る様になる(第2圖)。病徴が充分進展しない時でも導管中の菌絲の進行は速で導管部の褐色變は相當上部(時に地際)に達して居る場合が多い。土壤中の水

第2圖 根腐立枯病の根の被害状況(陸地棉)

分が飽和に近い状態にあれば病徴が根の全部に現はれても、地上部は全く健全と異らない。

第3圖 根腐立枯病被害苗の矮化
Aは健全苗 Bは病苗(陸地棉)

而し被害苗は水の吸収が不
充分である爲に旱害を受け
た場合と同様、子葉は濃緑
色を呈し全體として矮性と
なる(第3圖)。生育は一般
に遅れる。例へば本葉の展
開は一葉毎に4、5日遅れ
て来る。其の詳細は第II報
に述べるが、棉の生育に及
ぼす影響は大きい。

發病後10日位を經過し

て大體第3圖の病狀を呈するものに就て鉢への給水を斷つて健全苗と比較觀察を續けると、
溫室内に於ける5寸鉢10本植砂質壤土の試験に於て健全苗は13日間の斷水後(土壤水分
は容水量の10.2%)も尙生命を保つに反し、被害苗は8日の斷水(土壤水分は容水量の30.7%)
に依つて既に生命を失ひ、之に再び灌水を行つても萎凋から恢復する事がない(第4圖)。即
ち根腐立枯病の被害に依
つて旱燥に對する抵抗性
が甚だしく低下する事が
明らかである。此の事は
麥間作に於ける棉苗の旱
害の問題にも關係する。

第4圖 被害苗に灌水を斷つて萎凋を起さしめた狀況
(矮性のものが早くから萎凋を始める)

圃場に於ても同様に

當病氣が進行して居ても急速な乾燥が起らない限り苗は容易に萎凋を來さない。苗の矮化も
圃場全體に一樣に起つて居れば判斷に苦しむのであつて發病の有無は苗を引抜いて根を検す
るのでなければ判明しない。而し土壤の乾燥が進むに従つて、先づ子葉は水分缺乏の症狀を
呈して兩側に垂れ、次で萎凋は莖に及んで多少變曲する。而し實際の場合は萎凋に次ぐ植物
體の枯死と乾燥とは急速に起るのが普通であるから苗は直立のまま枯死する場合が多い(第
4圖)。

根腐立枯病は後で詳細に述べる様に其の環境の如何に依つては甚だ容易に恢復する。而し
其の被害の影響が長く殘留すると草丈は健全の $\frac{1}{3}$ 以下であり、全體として旱害を受けたかの
觀を呈し、開花數も1~2箇に過ぎずして、古色蒼然として民間で所謂「年老ひた棉」を生
ずる。

IV. 根腐立枯病發生の機構に關する試験

(a) 試験の時期——以下の發病の機構に關する試験は3月中旬より5月上旬に懸けての春期と10月上旬より11月中旬に懸けての秋期とに行はれた。之は後に述べる様に氣溫が高ければ本病は全く發病しないからである。

(b) 供試品種——陸地棉の早熟性 113ノ4 號を用ひた。之は現在西鮮地方での獎勵品種である。

(c) 供試苗の育成——鉢の蒸氣消毒土壤に對して4種の *Fusarium* 菌を馬鈴薯寒天培養基に培養して胞子を作らしめ、之を硝子乳鉢で磨碎して胞子と菌絲の混合懸濁液を接種して、之に消毒種子の播種を行ひ、之を 12°C 以上の溫度を保つた溫室内に置いた。

(d) 供試病原菌——野瀬氏(1938)が分離された2種の *Fusarium* 菌及び著者が分離した2種の *Fusarium* 菌の混合接種を行つた。尙之等病原菌の分類學的研究は未だ行はれて居ないから此處に擧げた4種と云ふ事は不確實である。

(1) 發病と氣溫との關係

根腐立枯病は氣溫が 12°C 以上であれば土壤水分・日照等を加減して試験しても容易に發病しない事は第4表に示す通りである。表中「濕」とは鉢の底より水が漏出するに至るまで

第4表 根腐立枯病の發病%と氣溫との關係

直射日照下育成苗					寒冷紗覆育成苗				暗室7日間育成苗				無菌 對照區	
氣溫 (°C)	濕土		乾土		濕土		乾土		濕土		乾土			
	2日目	5日目	2日目	5日目	2日目	5日目	2日目	5日目	2日目	5日目	2日目	5日目		
8	25	48	14	40	21	32	18	34	25	32	21	39	0	0
10	4	16	0	13	3	17	2	32	6	18	3	22	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1日1回の灌水を行つた區であり「乾」とは其の $\frac{1}{4}$ 量を施した區である。對照區は土壤消毒を行つた無接種區であり、發病は接種した病菌に由來したものである。溫度の調節は定溫器により供試苗は各區20本である。

(2) 發病と最低氣溫との關係

根腐立枯病が冷雨に依つて發生する事は既に古くより知られた事實であるが、實際圃場に於ては西鮮地方の早春にあつても 12°C 以下の低溫が長時間繼續する事は尠く晝間は 20°C 以上に上昇する。又低溫の繼續時間に比例して發病は増行しない(第4表)。次に平均氣溫が同じく 14°C 又は 12°C であつても發病する場合と然らざる場合とが有る。依つて此處に自然の溫度の日變化に於ける最低氣溫を標準に採つて試験した處多少明確な、臨界溫度とも稱す可きものが得られた。

第5表 最低氣溫と發病との關係
 (供試苗各區 30 本, 對照區 20 本)

14 年 秋 期		15 年 春 期		15 年 秋 期		16 年 春 期	
°C	發病歩合(%)	°C	發病歩合(%)	°C	發病歩合(%)	°C	發病歩合(%)
1.0	100	2.0	100	0.8	100	1.8	100
3.2	100	3.1	100	2.5	100	2.4	100
4.3	100	3.8	100	3.5	100	3.0	100
5.2	100	5.1	100	4.9	86	4.8	100
5.8	75	6.1	82	6.3	84	5.5	83
6.7	76	—	—	—	—	6.3	72
7.0	42	7.2	24	7.8	28	7.8	35
8.4	18	8.6	10	8.8	12	—	32
10.4	5	9.8	6	9.3	3	10.1	3
12.1	2	12.3	0	11.5	0	11.6	1
13.2	0	13.8	0	13.0	0	12.4	0
14.5	0	14.2	0	14.8	0	15.2	0

即ち溫室内 (12°C~27°C) に育成した棉苗 30 本宛を午後6時から戶外又は小硝子室に移して自記寒暖計を附し、翌朝之を溫室に返して其後3日目に根を水洗して其の先端の發病の如何を検した。其の結果を第5表に示す。本試験は病菌無接種の棉苗 20 本宛の對照區を附したが何れも發病を見なかつた爲に表には記入を省略して居る。又、鉢の土壤溫度と氣溫との間に 1°C 以上の差を認めなかつた。

即ち最低氣溫が 13°C 以上であるならば發病しない。6°C 附近に於て急に發病歩合を増加し始め 4~5°C に至ると殆んど全部が發病する。特に注意せらる可き事は定溫の試験に於ても變溫の試験に於ても 12°C と云ふ同一發病臨界溫度が得られた事である。

最後に、棉に傷を與へて *Fusarium* 苗を接種すれば 13°C 以上に於ても發病を見る場合があるから高溫下に於ける發病の抑制は外部よりの侵入が阻止される事が大である爲と思はれる。勿論 25°C 等の高溫に於て菌絲塊中に無傷の棉の根を導入しても病變を起すのであるが、此の現象は非寄生性の菌に依つても屢見られるのであつて別の問題に屬すると思はれる。

(3) 發病と土壤水分との關係

溫室内に於て8寸鉢に種子 20 箇を播種し、發芽後生育一様なもの 10 本を残し、之に對して下記の通りの灌水を 10 日間續け、後同時に 5.2°C~6.3°C の最低氣溫を有する外氣に 5 日間觸れしめ其の間中も亦同様の灌水を繼續した。後、根を水洗して發病の狀況を調査したものを第6表に示す。無發病の對照區は記入を省略する。尙土壤水分の測定は各5鉢に就き撤水後2時間前後に行つた。

(a) 540 cc (第2回は 500 cc) を三回に分つて灌水する。午前8時 240 cc (第2回は 200 cc), 午後1時 100 cc, 午後5時 200 cc.

(b) 300 cc を 100 cc 宛三回に分つて灌水(時間同前)する。

- (c) 200 cc を 100 cc 宛午前 8 時と午後 5 時に灌水する。
 (d) 100 cc を 50 cc 宛同上二回に灌水する。
 (e) 50 cc を 25 cc 宛同上二回に灌水する。
 (f) 25 cc 午前 8 時に灌水する。

第 6 表 灌水量と發病歩合
 (供試苗 10 鉢, 100 本, 對照區 20 本)

試回 驗數	灌水量cc	病本數本	健全數本	計本	發病歩合%	容水量に對 する水分%
第 一 回	540	85	17	102	83.3	100
	300	68	31	99	68.7	63
	200	68	32	100	68.7	42
	100	23	78	111	20.7	25
	50	61	43	104	58.7	18
	25	73	18	91	80.2	11
第 二 回	500	71	7	88	80.7	100
	200	69	17	86	80.2	38
	100	50	41	91	54.9	22
	50	30	44	80	40.0	16
	25	56	21	77	72.7	10

試験の結果は水分が充分あつても又は甚だしく缺乏して居ても發病し易く、容水量の20%前後が最も發病し難い事を示した。特に水分過剩區の症狀は重く何れも全根の腐敗を起した。此の腐敗が水分過剩に原因する生理的障害でない事は對照區（無菌區）の無發病に徴して明らかである。

(4) 發病と日照との關係

温室中に於て各區共 2 日毎に播種を行ひ、試験苗を大體同様な生育過程にある様に注意し、全鉢を 7 區に分ち、各區 2~3 日の間隔を以つて、充分の灌水後、寒冷紗の日覆を行ひ、後之を同時に取除いて最低氣溫 7.1°C~6.3°C の普通室内に移し 5 日後に根を水洗して發病の

第 7 表 日照と發病との關係
 (供試苗 100 本宛)

日覆日數	健全本數	發病本數	計	發病%
2	37	40	77	51.9
4	55	30	85	35.3
6	40	39	79	49.4
8	38	25	63	39.7
10	47	30	77	39.0
13	39	36	75	38.0
16	33	47	80	58.8
無覆對照區	57	17	74	23.0

如何を検した。其の結果を第 7 表に示す。

即ち日覆をせざる對照區 23% の發病に對して 2 日間日覆區では 51.9% で約 2 倍の發病がある。然るに 16 日間日覆區（最後まで日照を與へない區）に於ても 58.8% で大差がない。之の事實は低温襲來前に曇天が存在するならば發病を大とする事を示して居る。

(5) 發病と線蟲との關係

棉苗中には例年少數の線蟲被害苗が見られる。即ち子葉には黃白色周縁不明瞭な不整形斑點を生じ幼莖及び幼根は多少肥大して居る。昭和16年春、溫室内の根腐立枯罹病苗を檢鏡中何れにも多數の線蟲を發見したので横尾氏に調査を依頼して次の4種を得た。(a) *Aphelenchus avenae* BASTIAN (b) *Aphalobus* sp. (1種) (c) *Dorylaimus* sp. (2種) (a)は棉苗其他多種の植物に寄生する種であり、(b)は新種と思はれるものであつて棉苗への寄生の可能性があり、(c)は非寄生性であつて二次的に棉に侵入したものであるとせられて居る。

之等線蟲は何れも被害苗の腐敗部又は腐敗部と健全部との境界部に發見せられるが根腐立枯病の症狀は線蟲の存在の如何に左右せられない。線蟲が病菌の植物體への侵入を助けるか否かと云ふ事を明にせんとして次の試験を行つた。先づ次の三種の土壤を用意する。

- (イ) 200°C 6時間乾熱消毒した無線蟲土壤。
- (ロ) 消毒を行つた土壤に線蟲のみによる被害苗の地上部の表面を殺菌した後磨碎し殺菌水懸濁液を作つて撒布したもの。
- (ハ) 全く何等の處置も行はなかつた土壤。

而して之等に等しく *Fusarium* 菌を接種し、種子を播種して、發芽後50本を1區とし最低氣温 5.2°C~6.6°C の外氣に5日間放置し、根を水洗して發病の如何を檢した。其の結果(イ)無線蟲區に於ては69%の發病に對し(ロ)消毒後線蟲接種區は98% (ハ)無消毒區は96%の發病を見た。

此の成績は線蟲が *Fusarium* 菌の棉への侵入を援助した事を示すと云はねばならないが、其の力は弱く菌のみにても相當高率の發病が起る事が解る。

以上根腐立枯病發生の機構に就て試験した結果と龍岡地方の氣象狀況(省略)とを比較考察すれば、西鮮地方に於ては毎年早春の氣象條件は根腐立枯病の100%に近い發生を原因す

第5圖 根腐立枯病より恢復成長した棉の根。
(A, B 健, C, D 病)

るに充分である筈である。然るに實際、大被害は必ずしも毎年起らない。此の事實は追究を要する。

今試みに圃場の棉苗の根を移植鉢にて丁寧に取り出して、水洗して檢すれば、昭和15年5月14日の4°Cの低温襲來後5日目の調査に於て98%の發病を認め、同16年5月16日の2.9°Cの低

溫襲來後7日目の調査に於て86%の發病を認めたのである。15年度の調査は砂質地・赤色粘土地に就き、乾燥地及濕地の種々の民家の園場より採集せる一萬本に近き棉苗に就て調査したものであり、16年度の調査は200本に近い病苗より病原菌を分離して病原を確かめた結果の平均値である。即ち毎年棉苗の大部分が一應は根腐立枯病に罹病して居るものであると云ふ事實は疑ひを容れない處であつて、此の事實は成育棉に於て、多くは主根が傷けられ地表に淺く側根が擴つて居る事實(第5圖)と良く一致する處である。尙斯る被害が棉苗の生育に及ぼす影響は環境の如何に依つては甚だ大であるが之は第II報に述べる。

V. 根腐立枯病の恢復の機構に關する試験

棉苗は既に記載した通り、環境が良ければ、根腐立枯病によつて根の一部又は全部の被害を受けても被害根の恢復又は新根の再生を起して容易に活着生長を持続する。以上の事實と發病が毎年100%に近い事實とを併せて考慮すれば根腐立枯病が大發生を行ふか否かと云ふ事は結局其の年の環境が本病よりの恢復に適當であるか否かに依つて決せられる事になる。即ち本病の防除法は恢復の促進が出来るならば達成せられるのであつて畑作物の治療と云ふ全く新しい場面が展開する。依つて先づ本病恢復の機構が明らかにされねばならない。以下の試験中共通するものは次の通りである。

(a) 供試苗——發病の試験に於て發病を認めたものの中で被害程度の大體一樣なものを選んで、元の鉢に返して植えたものを使用する。

(b) 恢復の調査——一部は根を検して再生根及び恢復根の本數及び伸長の長さを検し、一部はそのまま灌水を斷つて枯死に至るまで放置して、乾燥に對する抵抗性の強弱を調べ、實際園場に於ける恢復の狀況を察知する資料とした。病苗が枯死乾燥を始めて子葉が折れる様になつた時を以つて苗の枯死の時としたが、早春及び晩秋甚だ乾燥する朝鮮では別に(2)に述べる標準試験との間に1日以上誤差が見出せなかつた。

(1) 恢復過程の解剖學的研究

根腐立枯病菌侵入の箇處は根の先端である。侵入した病菌は皮層を橙色、褐色又は暗褐色に變色せしめつつ擴大するが多くの場合一部は速に導管を傳はつて莖に達する爲、横斷面に於て檢鏡すれば、根の初生導管は始め橙色に着色し、後褐色に變ずる。維管束の配置がTetrarchである棉の幼根では屢々肉眼に依つて四つの褐色微點を見る。

(イ) 皮層の被害

初生皮層に侵害を受けた場合には内皮の内側に一列にCork形成層を生じて(第6圖B及C)盛んに分裂を開始し、分裂に依つて生じた娘細胞の細胞膜はSuberinの集積を行ふ。此の娘細胞が2~3層に達する頃には外部の皮層との交渉は全く斷たれて皮層部は病菌と共に黒變して脱落し、甚だ速に恢復に向ふ(第6圖C, 第7圖C)。此の場合皮層部は黒褐色となり、外觀上は病菌の被害の爲に根の全部が腐敗し去つたかの觀を與へる。而し横斷面を検

第6圖 根腐立枯病被害根の恢復狀況の解剖

A. 初生組織の被害, B. 初生皮層の被害に伴ふ内皮の内側に於ける cork 形成層の生成と第二次維管束の出現, C. 初生皮層の脱落時に於ける根の組織
e 表皮; a 皮層; s 内皮; kc cork 形成層と cork 層; b 韌皮纖維; po 初生篩管; pl 第二次篩管; c 形成層; ms 射出髓; st 第二次導管; at 初生導管; m 髓

すれば内部が生きて居る事に氣附く。勿論此の初生皮層の脱落は一般植物の根の Primary tissue が Secondary tissue に轉移する過程に必然的に現はれる生育の一過程であるが、健全な棉に於ける皮層の脱落は6月下旬頃起り、此の場合其の進行が緩慢であつて皮層は淡紫褐色を呈し鱗狀に脱落するのであつて、病菌の侵入に對する反應として現はれる場合の5月下旬に起る黒褐色連続した皮層の急速な脱落とは甚だしい相違がある。

(ロ) 導管の被害

病菌によつて根の先端が被害を受け心柱を侵された場合に初生導管（第6圖のA）は病徴を示すのであるが此の場合細生篩管との間に明瞭な形成層が現はれ（第6圖，B）之は急速に分裂を始めて其の外部に大集團の第二次篩管を作り、内部に第二次導管を作る。従つて發病して褐色を呈した初生導管は新しい導管と髓との間に存在する事となるが（第6圖，C）、長く其の現狀を維持して、8月上旬頃までは之より *Fusarium* 菌を分離する事が出来るが、第二次導管への侵入は全く認められない。第二次導管は直ちに機能を發揮する爲に棉苗の生育は繼續せられる。普通健全苗では第二次維管束の形成は6月中旬に行はれるに反して罹病苗では罹病に次いで直ちに行はれ、甚だ早期に第二次組織を見る事が出来る。

(ハ) 細根全體の被害

最後に細根の全部が被害を受けて全く腐敗し去つた場合であるが、これは根端又はその附近が侵害を受けて起る。この場合に僅かに莖部をのみ残した苗も、水分が充分であれば莖の基部からでも根を再生して棉苗は恢復に向ふ（第7圖A, B）。而し此の場合被害の影響は棉の生育の全期に及び、所謂前述の「年老ひた棉」を生ずる。

以上を要するに根腐立枯病被害苗が容易に恢復するのは、發病が根の第一次組織に起るが第二次組織は直ちに之に取つて代つて機能を發揮する爲に地上部が受ける打撃が輕微である事に原因する事が解るのである。

(2) 恢復と細根の發育

根腐立枯病被害苗が恢復したと云ふ言葉の中には(イ)形態學的に恢復して居る場合、(ロ)生理學的に保證して居る場合等が含まれて居る。勿論形態學的に見た恢復は必ずしも豫後の健否を保證しないし、生理學的に見た恢復と雖も、恢復後未だ充分の抵抗性が出來て居ない中に甚だしく環境が悪變すれば死滅をまぬかれ得ない。根の疾病から植物が恢復したと云ふ事は恢復に依つて先づ(イ)根の恢復及び再生、(ロ)根よりの吸水作用の復活、(ハ)根の土壤深部への到達等が行はれたと云ふ事である。早春乾燥した季節風の吹きつゝる西鮮地方では(ハ)の根の深達と云ふ事が苗の病害よりの恢復の問題に於て如何に重要であるかと云ふ事は次の實驗の結果により明らかである。

即ち環境を異にして種々の被害程度の病棉苗を作り、之をそのまま灌水を斷つて萎凋を生ぜしめ、10本植5寸鉢10鉢を以つて一區として斷水の翌日第I區に灌水を始め3日目には第I區及第II區の灌水をなし、第4日目には第I區、第II區及び第III區の灌水を行ふと云ふ風に試験を進め、第21日目に及んで試験を終つた。此の方法に依つて萎凋せる苗に對して灌水を行つても終に復活を見ない時期を決定する事が出來たのであつて、灌水6時間後にも復活しないものは之を枯死せるものと認め苗を掘り出して根を検し、被害程度を調査した。而して同様の被害程度を有する苗10本宛の平均を求めて之を第8表に示した。

第8表 根の被害状況と土壤乾燥による枯死との關係

被害状況	萎凋始めまでの日数	枯死までの日数
根の再生も恢復も全く無きもの	2	2
根が腐敗し去り再生根多數なるも各5mm以下の長さのもの	2	3
根が腐敗し去り再生根の最長のものが15cm以上に達したもの	6	8
根が恢復したもの	10	13
健全なるもの	10	17

第9表 裸地に於ける土壤水分含量
(小野寺氏による、昭和4年調査、水分含量は Available water-content を示す)

土壤深度	四月十六日	五月七日	五月廿一日	六月四日	六月十一日	六月十八日	六月廿五日
5cm	12.7	16.0	16.0	8.1	1.5	2.7	13.8
10	15.2	16.6	17.7	17.2	13.2	12.5	12.5
20	15.5	17.3	17.0	17.7	13.5	13.2	12.5
30	15.4	17.1	15.8	16.8	13.6	13.1	13.1
40	12.4	15.1	14.6	14.2	11.3	11.0	11.1

降水 4月25日 96.0mm 5月6日 13.0mm
5月19日 21.6mm 6月1日 34.2mm

此の結果は明らかに被害根自身が恢復した場合は乾燥に對する抵抗力が大であり、根が一應腐敗して更に新根を再生した場合

第7圖 根腐立枯病被害苗根の恢復と再生

A; B 再生, Bは水分過多の場合。C 恢復

は再生根の長さが長いものが乾燥に對して強い事を示して居る。此の現象は圃場の土壤に植えられた場合、更に顯著に現はれるであらふ事は第9表に示す小野寺氏(1939)調査の土壤水分量と土壤の深度との關係の表に明らかである。即ち乾燥時の5cm邊の土壤は甚だしく水分缺乏を示し、10cmの深さに至つて急に水分%を増加し其れ以下の深さに於ては餘り變化がない。而して棉種子の土壤中の位置は3~5cmにある爲に棉苗の根が10cm内外の長さに達して居れば水分豊富な層に達し得るわけである。

尙前述の如く本試験に當つては萎凋苗の子葉が乾燥して指にて折れるに至つた時期を以つて苗の枯死の時期と豫想して實際の場合と比較して見た處、兩者の間に1日以上之差が無かつた。従つて爾後の試験には此の方法で生死を決定する事にした。

第10表 土壤の乾燥狀況と病苗の枯死歩合（右半は第16表より採る）

乾燥狀況		枯死狀況	
調査日	水分%	水分%	枯死%
0	100.0	—	—
2	86.8	86.3	0
4	37.7	37.6	30
6	31.3	30.4	70
8	20.8	22.2	—
10	18.3	8.5	—

更に6月上旬に於ける土壤水分の調査の結果は、早朝と夕刻との間に大差なく、第10表の左半に示す結果が得られた。之を第16表の土壤水分と病苗の枯死狀況の試験成績と並べて見ると（第10表右半）、6月上旬では晴天が4~6日續くと被害比較的大なる苗は全部枯死する事が明らかである。

以上を要するに根腐立枯病の恢復には土壤の急速な乾燥に對する抵抗力の復活即ち恢復又は再生根の充分なる伸長（10cm内外）が最も重要であると考へられる。

(3) 恢復と温度との關係

發病苗を3寸鉢に5本宛植へ40本を以つて1區として種々の温度の定温器に入れて、殺菌水を灌水すると同時に一日一回1時間宛日照に當てた。其の時の気温は17℃~22℃である。10日後各區20本宛の發根調査を行ひ其の結果を第12表に示す。即ち12℃以下に於

第11表 温度と根の發生との關係（*苗數）

試験番號	温度	根の再生本數(本)				最長根の長さ(cm)				斷水の後3日目の死滅苗數
		0	1	2~3	4~6	1以下	1~5	5~10	10以上	
I	10	20*	0	0	0	0	0	0	0	20
	11	20	0	0	0	0	0	0	0	20
	12	20	0	0	0	0	0	0	0	20
	13	14	6	0	0	6	0	0	0	20
	15	11	3	6	0	8	2	0	0	13
	18	2	4	8	6	5	6	7	0	3
II	10	20	0	0	0	0	0	0	0	20
	15	8	8	4	0	7	5	0	0	10
	20	0	2	15	3	8	5	7	0	3
	25	0	0	6	14	0	0	12	8	0
	30	0	0	5	15	0	0	10	10	0
	35	0	0	8	12	0	0	11	9	0

ては全く根の再生を見ない。温度の上昇に従つて再生根又は恢復根の數と長さを増加し 25°C~35°C に至る間に於て最も良好である(第 11 表)。

次に残りの 20 本に對しては斷水試験を行つた。根の再生が不充分であつたものは 2 日目には萎凋を始め、3 日目には枯死を始めたのに反して恢復が充分であつたものは 5 日に及ぶも尙萎凋は輕症で灌水によつて容易に復活した。其の狀況を第 11 表右端に示した。

以上を要するに、根の恢復は 13°C 以上に於て始まるが高温であるほど良い。20°C 位の低温では恢復は尙不充分で乾燥に對する抵抗力は充分出來上らない。

(4) 恢復と日照との關係

被害苗を(3)と同様に處理し、3 寸鉢植として一様に 30°C の定溫器に入れ、一は定溫器の板戸を開いて硝子戸を透して 1 日 5 時間前後日光を直射せしめ、他は板戸を閉ぢて暗室とした。6 月目に取り出して發根の有無を検した結果を第 12 表に示す。各區は 30 本宛であ

第 12 表 日照と根の發生との關係 (*苗數)

區 名	發 根 本 數			最 長 根 の 長 さ (cm)		
	1~3	3~5	5~10	1~3	3~5	5~10
明 室 區	0*	18	12	3	19	8
暗 室 區	0	21	9	12	11	7

る。即ち發根本數及び恢復根本數に大差はないが根の伸長の度は明室區に於て多少勝れて居る。

次に 5 寸鉢 10 本植として 60 本を以つて 1 區として、全部に寒冷紗の覆を行ひ、毎日 1 區宛之を取除りて 5 日に及び、其の 30 本に就て根を検し、他の 30 本は斷水試験を行つた。其の結果を第 13 表に示す。即ち日光が直射しなかつた區では日蔭の日數が増加するに従つ

第 13 表 日照と根の發生との關係 II (*苗數)

日覆日數	發 根 本 數			最 長 根 の 長 さ (cm)			斷水 8 日目 の 枯 死 苗 數
	1~3	3~5	5~10	3 以下	3~5	5~10	
0	0*	0	30	0	11	19	0
1	0	21	9	18	7	5	13
2	3	22	5	20	9	1	17
3	8	20	2	28	2	0	21
4	16	14	0	30	0	0	30
5	18	12	0	30	0	0	30

て恢復又は再生根本數と長さを減少して、其の影響は 3 日の日蔭區で著しくなつて來る。尙斷水試験に於ける 8 日目の枯死苗數に於ては對照區は皆無であるに比し 1 日日覆區に於ては供試苗數 (30 本) の半數に近い 13 本が枯死した。

此の成績に於ては日照の恢復促進に及ぼす影響が相當鋭敏に現はれて居る。而して同じく日照と恢復との關係の試験結果第 12 表に於ては發根數には差した影響がない様であり、第

13表に於けるものと異つて。今試験に供した植木鉢内の土壤溫度を測定すれば、灌水時を除いて常に鉢中の溫度が高く、殊に夕方に於ける差異は $4\sim 7^{\circ}\text{C}$ に及んで居るのであつて、之等兩試験の差異は直射日光に由來する處の土壤溫度の差異に原因する所が大であると思はれる。兎もあれ土壤水分が適當であるならば、日光の直射する程恢復に好影響を及ぼす事は實用上間違ひはないであらう。

(5) 恢復と土壤水分との關係

發病せしめた棉苗各 50 本を以つて 1 區とし、發病と土壤水分との試験と同様な方法で豫め 5 日間各區夫々 500 cc, 200 cc, 100 cc, 50 cc, 25 cc の水を分割灌水しつゝあつた 5 寸鉢に植へ、更に同様な灌水を 10 日間繼續して恢復の狀況を調査した。500 cc 區及び 25 cc 區に於ては 3~5 日目より枯死し始め、日を経るに徒つて 200 cc 區及び 100 cc 區に於ても枯死を見た（第 14 表）。10 日目に生存苗に就て根を検して發根の狀況を調査して其の結果を第 15 表に示す。表中常に水を給した區とあるのは常に水を滴下して土壤水分を容水量以上に保つたものである。

第 14 表 土壤水分と恢復との關係 I

10 日目までの	常に水を 給した區	500 cc 區	200 cc 區	100 cc 區	50 cc 區	25 cc 區
枯死苗數	0	0	11	36	50	50
同 生存苗數	50	50	39	14	0	0
容 量に對する 水分%	100	96	52	26	15	9

第 15 表 土壤水分と恢復との關係 II (*苗數)

灌 水 量	發 根 本 數			最 長 根 の 長 さ (cm)			
	0	1~3	3~5	1 以下	1~3	3~5	5~10
常に給水	0*	3	45	18	32	0	0
500cc	2	6	44	5	7	28	10
200 cc	11	33	6	0	4	7	28
100 cc	36	14	0	0	0	0	14
50 cc	50	0	0	0	0	0	0
25 cc	50	0	0	0	0	0	0

此等の結果によれば常に水を滴下した區及び 500 cc 區では 100% の生存率であるが、生存せるものの根を検すれば恢復の狀況は全く異り、水分過剩區では發根數は多いが根の伸長は甚だ悪く、100 cc 區及び 200 cc 區では發根數は少ないが根の長さは長い。

次に同様な試験方法で 10 日目に生存苗に就て給水を斷つて乾燥に對する抵抗力を硝子室内で調査した結果は第 16 表に示す通り、常に水を與へた區及び 500 cc 區では 6 日前後に枯死を見るに反し、200 cc 區以下の區では 16 日目に至るも尙生存して給水に依つて萎凋より復活する。尙甚だしい水分不足の狀況に於ては病苗は始めから漸次萎凋枯死するだけである。

第 16 表 土壤水分と恢復との關係 III

10 日目までの		常に給水 した區	500 cc 區	200 cc 區	100 cc 區	50 cc 區	含水量に對 する水分%
枯死苗數		0	0	8	32	50	
生存苗數		50	50	42	18	0	
上記生存 苗に對し 灌水	2 日目	0	0	0	0	—	86.3
	4 "	18	15	0	0	—	37.6
	6 "	32	35	0	0	—	30.4
	8 "	—	—	0	0	—	22.2
	10 "	—	—	0	0	—	8.5
	12 "	—	—	0	0	—	6.4
	14 "	—	—	0	0	—	3.6
	16 "	—	—	0	0	—	2.7
16 日目生存數		0	0	42	18	—	

即ち水分過剰ならば棉の生存に適して居るが根の伸長が悪い爲に充分恢復する事が出来ない。大體含水量の 50% 内外が眞の恢復に適當して居ると考へられるが、此の土壤水分量は一般植物の生育に對する最適保水量 60~80% よりも低い事は注意する可きである。

VI. 論 議 及 結 論

以上の試験成績を總括すれば、根腐立枯病の發生の條件としては、發芽後 2~26 日（第 III 報参照）の棉苗に於て (1) 最低氣温が 12°C 以下である事を必須條件とし、之に加ふるに (2) 土壤水分が一定時間飽和に近く過剰であるか、又は苗の萎凋に近く過乾である可き事及び (3) 冷雨前に曇天が繼續する事等であつて、最低氣温が 5°C 以下の様に特に低下すれば他の條件はなくとも 100% に近い發病が見られると云ふ事になる。別に報告する通り、棉の發芽の最低温度は陸地棉早熟性 113, 4 號では 12.5°C であり、負傷に對する治癒反應の最低温度は 13.5°C である。之等の温度と發病の臨界温度とが一致する事は、*Fusarium* 菌の棉への侵蝕が棉の細胞の抗菌的活動の休止狀態の下に於て行はれると考へられるのである。

西鮮地方では之等の條件特に 5°C 以下の低温の襲來は毎春起るものであつて、其の結果實際圃場の棉苗は毎年 90% 内外の發病がある。

然るに之等發病苗は土壤水分が充分であれば容易に萎凋を示さない爲に外觀上は全く無病の觀を呈するだけでなく、之に (1) 13°C 以上特に 25°C~30°C の高温と (2) 充分な日照と (3) 含水量の 50% 前後の土壤水分があるならば被害苗の大部分は容易に恢復して生長を續け、後日急速な乾燥に遇つても容易に枯死しない。尙苗が此の病害から容易に恢復するのは初生組織が侵されても後生組織が速に之に代るが爲である事を明にしたのである。

要するに本病が棉苗に大被害を與へるか否かは、棉苗が發病初期の狀態から如何に速に且つ高率に恢復するか否かに依つて決せられるのであつて、本病の防除法は第 III 報に述べる

如く、其の恢復を助長する方策を採れば良いのであるし、又本病大發生の豫察は其の年の氣象條件が恢復の條件に合致するか否かを判斷する事に依つて可能となる。此の目的の爲には本試験は尙不十分な點が多いのであるが其の輪廓の大體を推察する事が出来るのであつて、今大被害發生の機構及び其の予察に就て考究して見る事にする。

氣象條件と棉の收量との關係に就ては種々報告がある。先づ氣溫との關係に就てあるが GILBERT 氏 (1926) は棉の發育條件中氣溫が最大の要素である事を指摘し、KINCER 氏 (1915) は 5 月及 6 月の平均氣溫が棉の成熟に關係を有すと報告し、木下氏 (1931) は 5, 6 月の總溫量と收量とが相當密接な關係を持つと稱し、小野寺氏 (1938) は 5, 6 月の平均最高氣溫の關係が最も顯著であるとした。之等諸氏の説は要するに 5, 6 月に於ける高溫が棉の收量を増加すると云ふ點に於て一致して居るのであるが、之を根腐立枯病の試験成績から考察すると、面白い一致點がある。即ち 5, 6 月の高溫は被害苗の病熱の進行を阻止し、速かな恢復を促して枯死苗數を減し、被害が苗の生育に及ぼす影響を可及的に尠くする效がある筈である。其の詳細は第 II 報に譲るが、今發病苗を (1) は $5.2 \sim 22^{\circ}\text{C}$ の小硝子室に置き (2) は $8 \sim 28^{\circ}\text{C}$ の大硝子室に置き (3) は $13 \sim 32^{\circ}\text{C}$ の溫室に置き其の恢復の狀況を調査した。2 ヶ月後に於て草丈は夫々 20 本平均 18, 22, 及び 38 cm であり、蕾の數に於て夫々 1.3, 3.2 及び 5.9 個の差を生じたのである。而も健全なる對照區に於ては草丈は夫々 31, 35, 37 cm であり、蕾數は 4.2, 4.8 及び 5.5 個で病本の場合に比して其の相互の差異が甚だ尠くなる。即ち 5, 6 月の高溫が棉の收量に甚しい好影響を與へるのは根腐立枯病の存在が甚だ重要な要素の一つをなすと云はねばならない。

次に降水量であるが、KINCER 氏 (1915) は 5, 6 月に於ける多量の降雨は甚だしく收量を減ぜしめる事を述べ、森氏 (1922) によれば、5, 6 月に於ける全降水量は $-0.56, 30$ 「ミリ」以上の降水量は -5.54 の相關係數を收量との間に持つと稱して居る。小野寺氏 (1932) も 5, 6 月の降雨が甚だしく收量を減ぜしめる事を述べて居る。同氏は此の時期に於ける雨水の溫度は氣溫より低い場合がある事を指摘して居るが、單なる降雨に伴ふ土壤溫度の低下に於ても晴天の午后に比すれば 5 cm の深さに於て $2 \sim 8^{\circ}\text{C}$ の差を有し、溫度との關係になつて來る點もある。又降雨の直接の關係に於ても多量の降雨は發病歩合を高め、症狀を重くし、病苗の再生根の伸長を甚だしく阻害し、その後の僅かな乾燥に依つて容易に病棉苗は枯死するのであつて、5, 6 月特に 5 月上、旬より 6 月上旬に懸けての多量の降雨が棉の收量を減ぜしめる理由に於ても亦根腐立枯病は重要な役割を演じて居るものと思はれる。尙本病による被害の大發生には 6 月上中間の急速な土壤の乾燥が必要であるが之が爲には 4~6 日の晴天があれば充分である。更に 6 月中・下旬まで繼續する降雨は本病の見掛けの恢復を原因するのであるが、恢復の進行は緩慢な経過を取るが爲に其の影響は却つて長期に亘る事は第 II 報に述べる通りであつて益々根腐立枯病の役割が加重せられるのである。

以上 5, 6 月に於ける低溫と過度の降雨とが棉の收量を甚だしく減せしめ、其の原因とし

て根腐立枯病の發生が考慮に入れらる可きを述べたのである。次に試験成績を基礎にして、本病大發生を見た昭和 13 年の氣象條件に就て考察を加へて見よう。大體に於て西鮮地方の棉の播種は 4 月 20 日より 25 日までの間に行はれる。此の時期は甚だしく乾燥するのが常であるから發芽期は 5 月中旬である。然るに昭和 13 年 5 月上旬の氣溫は例年に比して高く、5 月 3 日より降雨を見始め 5 日には 58 u.m. の豪雨があり、發芽期は 6~10 日であつた。5 月 10 日には 0.8 mm の降雨と共に最低氣溫は 3.4°C に降下したのであつて此の日は苗病害發生の起日であると思はれる。其後降雨は 4 日を出ずして經續し、その間時には晴間もあつたが土壤は常に水分飽和の狀況にあつた。従つて被害苗の症狀は進行して、全根の腐敗を生じ、再生せる新根も伸長を阻害せられ、而も充分な水分に依つて苗の生命は維持せられるばかりでなく、根の發育を伴はない地上部の發育が進められて居たのである。然るに 6 月上旬に於て晴天となると共に氣溫は上昇し、土壤の急速な乾燥の爲に根の恢復不充分であつた苗は水分の需給に失調を生じて枯死するに到つたものと想定せられる。斯る狀況が自然の狀態の圃場に於て容易に起るであらう事は第 9 表及び第 10 表によりても推斷に難くない處である。昭和 11 年度に於ても處に依つては 70% 内外の被害が有つたのであるが其の氣象狀況は昭和 13 年に類似して居る。唯大雨の來るのが 13 日遅れて居る點を異にする。

以上の考察の結論として (1) 5 月上中旬に於ける土壤水分が飽和に達する程度の降雨がある事 (2) 5 月中下旬に於て最低氣溫が 5°C 内外に降下する事 (3) 5 月中旬より下旬に懸けて降雨が相續いであつて土壤の水分飽和の狀態が繼續する事 (4) 6 月上中旬に高温な晴天が 6~10 日間繼續する事の 4 つの條件が相次で起るならば根腐立枯病被害の發現は顯著であらうと想察せられる。此の中で (2) は西鮮地方では毎年起る條件である。次に (3) を缺いて 5 月中下旬に急速な乾燥が起つても或る程度の大發生が起る筈である事は實驗の結果が示して居るが、自然の狀況にあつては 5 月中・下旬に於ける氣溫は土壤の急速な乾燥を惹起するには低過ぎる様である。尙 (4) の 6 月上旬に於て更に降雨が繼續する狀況にあると、前述の如く根腐立枯病は漸次恢復に向ふのであるが、予後は必ずしも良好ではない。

引用文獻

- (1) KINCER, J. B. (1915): Correlation of weather conditions and production in Texas. Monthly weathers Review. Feb. 1915 (Smith, J. B. Agricultural Meteorology pp. 113—123, 1920)
- (2) GILBERT, B. E. (1926): The response of certain photoperiodic plants to different temperature and humidity condition. Ann. Bot. v. 40.
- (3) 木下重男 (1932): 大麥・棉・大豆に於ける收量と氣象との相關に就きて、水原高農創立 25 週年記念論文集。
- (4) 森秀男 (1923): 棉の豐凶に關する考察。朝鮮總督府農事試驗場彙報 v. 7 No. 1.
- (5) 野瀬久義 (1938): 朝鮮に發生せる棉苗立枯病に就て。朝鮮農會報 v. 12 No. 12.
- (6) 小野寺次郎 (1938): 棉の作況と氣象との關係及棉の收量豫想に就て。龍岡棉作支場業績第 3 號。

- (7) 小野寺次郎(1939): 麥間作棉の生態學的調査. 龍岡棉作支場業績報告第4號
(8) 岩垂 悟(1940): 滿洲に於ける棉花苗立枯病と其の防除に関する研究. 滿洲國立公主嶺農事試驗場研究時報 No. 32.

Résumé

In Western-Chosen, four species of *Fusaria* are found to be the cause of the take-all of cotton seedlings. No less than ninety per cent of cotton seedlings are affected by these fungi every year, which can only be detected when the roots of the seedlings were examined. The great damage of the disease happens once for three or five years.

The circumstances which favour the infection of the disease are as follows: (1) the minimum temperature is lower than 12°C , (2) the heavy rainfall which makes the soil water content to its maximum capacity or nearly so.

Affected seedlings will easily be recovered from this disease under such condition: (1) when the minimum soil temperature rises above 13°C , (2) when the water content of the soil becomes about 50 per cent of its water capacity.

The process of the recovery of the diseased seedlings was studied on the basis of oecology and pathological anatomy.

The outbreak of the take-all of cotton seedlings in Western-Chosen in 1938 was explained oecologically on the basis of this study. It is proposed that the causes of the outbreak of the disease in this year are as follows: (1) during the later half of May, the minimum daily temperature fell below 5°C successively for several days, (2) at the same time there was a heavy rain fall which was enough to bring the soil water content to its full water capacity. (3) there occurred, in succession, a continuous rainfall until the beginning of June, (4) on the contrary, at the former half of June, the soil became arid rapidly because of the continuous (for more than six days) dry weather and high temperature.