

斑点性病害が作物の収量に及す影響の機構について ： 2. トウモロコシにおける一場面

木場, 三郎
九州大学農学部植物病理学教室

<https://doi.org/10.15017/22934>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 21 (2/3), pp.285-291, 1964-12. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：



斑点性病害が作物の収量に及ぼす 影響の機構について

2. トウモロコシにおける一場面*

木 場 三 朗

Studies on the mechanisms of the effects of spotted disease upon the yields of crops. 2

Yields of seeds of the Indian corn affected by spots
artificially made by $KClO_3$ injection

Saburo Koba

緒 言

斑点性病害が、寄生物の呼吸、蒸散作用の亢進と、同化作用の減退を起こすことについては多数の報告がある。²⁾ 著者の実験によれば、それを、病斑周辺に起こる局地的永続的なものと、病斑部から離れた部分に達している全身的永続的なものと、全身的ではあるが一時的なものとの三つに分けることができる。^{3,4)} これらの生理異状は、いずれも、一般的には作物の減収の原因となる。その減収を来す様相は、その作物の栽培の目的が何であるかによつて、相当の相違がある。⁵⁾ すなわち、(a) 葉、(b) 茎、(c) 根や地下茎、(d) 花、(e) 果実や種子などに分けられるが、(a) ではその打撃は決定的であり、(b) はこれにつぎ、(c, d, e) では、ときに直接的で収量を激減し、あるいは間接的で救済の余地がある。

トウモロコシの栽培の目的は果実(種実)の生産にあるが、葉に病斑ができると、(a) 葉の同化生産物の量を減じ、(b) 花芽の形成や花器の生育を害し、(c) 落葉のため雌花や雄花の数を減じ、(d) 受精を害して種実の着生を不揃とし、(e) 種実の肥大を阻止し、(f) 幼果の脱落をおこすなどのことから、生産力の低下となることが知られている。^{1,2)}

トウモロコシで特におもしろいのは雌花と雄花の花芽形成の時期と場所には、はなはだしい差異があることである。すなわち、雄花芽は、播種後 30 日目、木葉 4~5 枚のころ茎の頂端に形成され、雌花芽は、木葉が全部展開して、栄養成長の終りに、茎の中央部の各

葉腋にはほとんど同時に、数個形成される。開花の時期は雌雄花ともほぼ同時で、生涯に一回だけ短期間に行なわれる。またイネ科作物のもつ特性としては、葉の枚数が大体一定している点があげられる。まだこの様な特性を考慮に入れて、斑点性病害と収量との関係が論ぜられたことはない。この報告は文部省科学研究費による研究結果の一部である。

実験材料および実験方法

トウモロコシの品種は、35 年 36 年は早トウモロコシを用い、37 年にはホワイトデントコーンを栽培した。普通の栽培基準に従つたが堆肥は与えていない。栽培地は砂質壤土で乾燥し易く、やや生育不良を示した。殺虫剤や殺菌剤の散布は行なわなかつた。

36 年には最も普通の成育を示したので、この年の結果について記載し、虫害の多かつた 35 年、乾害の出た 37 年の成績で補足することにする。播種は 4 月 28 日、花芽形成の前の 5 月 21 日から 3 日ごとに病斑を作つた。病斑の形成は 1 区につき 1 回である。20 木をもつて 1 区とし、2 区制である。各区の 10 木を花芽形成、花器や子実の發育、草丈、葉数などの調査にあて、他の 10 木について、草丈と収量の調査を行なつた。

一定の時期に、一定の被害度の病斑を作るために $KClO_3$ 水溶液による人工病斑を用いた。この人工病斑は、多少の毒素を産出する。一般の病原菌が作る病斑と、ほとんど同様な生理異状を作物にひきおこす。⁶⁾ 病斑形成には 0.05% $KClO_3$ 水溶液に、0.1% のエオジンを加えた液を、内径 3 mm の硝子管の先端を引伸して作つた中空針に一定量吸入させ、これで

* 九州大学農学部植物病理学教室業績

葉に穿孔すると同時に葉の傷面に塗抹した。穿孔は葉の中肋の両側に、それぞれ2列に下鳥状に与え、その間隔は、5月30日までは5cm、6月21日までは10cm、その後は13cm内外とした。これは被害度(病斑面積/葉面積%)を大体一定にするためである。この被害度は、作物の老幼、葉の新古、日照、温度、湿度、降雨などで異なるもので、その概要はすでに報告した。得られた被害度は約15~25%であり、生長するに従つて高い(Fig. 1)。

実 験 結 果

昭和36年には発芽日は5月2日であり、発芽歩合は100%、5粒ずつ点播して、2本ずつを残した。個体差も大きく、2区制であるが区間差も大きかつた。記載中の葉数というのは、調査時に緑色を保つて、正常の機能を持つと思われた葉の数で、枯死しかけた下葉や、展開不十分な新葉は含まれていない。また開花期は雄花では、その花穂の40%が開花した時期とし、雌花では、その最も長い雌蕊が3~5cm伸長した時期とした。

生育調査日の8月3日は、栄養成長が完了した時期であり、8月22日は子実の成熟期に相当する。

発病と穂および種実のつき方(種々の畸形となる)との関係は明らかにすることが困難であるが、37年

度に用いたデントコーンではいくらかの傾向を知ることができた(第2図)。しかし、同様な畸形が、ウィルス病でも起こり(向秀夫)、トウモロコシの罹病と穂の畸形との関係は複雑なものであろう。得られた結果を次に表示する。

1. 5月21日(雄花芽形成前期)発病区

発病当時には雄花芽の形成は不明である。被害度は低いが、生長が約30日間停止し、そのうち新葉が展開し始めた。その新葉には、初期にモザイク斑がみえた。雄花穂はきわめて貧弱で出現は1か月遅れ、雌花の開花は約20日間遅れ、高温障害と思われるが穂は短少で不稔である。雌蕊が現われないものもあつた。収穫は皆無であつた。

2. 5月24日(雄花芽形成初末期)発病区

発病による生育阻害は30~35日におよび、やがてそのまま、または少し生長したのち、根元から1まれに2本の側芽を出し、その約90%が頂端に雄花をつけた。葉数も草丈も小で、雄花は開花前に枯死するものもあつた。雄花の出現はないが、花芽は形成されている。収穫は皆無で、35年も37年もほとんど同様であつた。

3. 5月27日(雄花芽形成終期)発病区

発病による生育の遅延は2週間前後。初め小形の葉が2~3枚出たのち正常葉となつた。雄花の開花は7

発 病 当 時				成 熟 期 前 後		開 花 期 (月・日)		収 量 (10本当)		
月	生 育 過 程	葉 数 (枚)	被 害 度 (%)	(八月三日) 葉 数 (枚)	(八月二二日) 草 丈 (cm)	雄 花	雌 花	穂 数 (本)	穂 重 (g)	種 実 重 (g)
5.21	雄花芽形成前期	3.0	15	7.8	65	8.11	8.3	0	0	0
24	雄花芽形成期	4.0	18	8.0	41	4	—	0	0	0
27	雄花芽形成後期	5.5	14	9.0	163	7.16	7.18	20	856	430
30	最大成長初期	6.8	16	8.0	172	15	17	20	682	410
6.2	最大成長期	7.4	18	7.3	162	11	16	15	970	490
5	同上(2)	8.0	18	8.1	189	15	17	20	1110	809
8	同上(3)	9.0	20	8.1	197	15	17	20	1290	860
12	最大成長末期	9.0	23	7.8	197	15	17	20	802	316
16	雄花芽形成前期	10.0	25	8.0	176	19	22	17	740	480
21	同上(2)	11.0	23	6.8	153	20	26	12	750	374
27	雄花芽形成期	12.1	23	7.8	140	21	30	4	300	230
7.1	同上(2)	13.0	23	8.2	136	14	19	10	410	224
6	雌花器發育期	13.6	24	8.6	136	17	19	14	401	148
17	雌花開花期	14.0	24	8.0	127	14	17	8	390	172
21	雌花開花後期	14.6	24	8.6	160	18	16	—	—	—
28	種実肥大期	14.5	22	8.0	170	18	18	14	732	412
無	発病(対照区)	—	—	12.6	237	15	17	18	1456	1172

日位遅れ、雄花穂は不完全で小形である。35年度は虫害のため全滅し、37年には類似の結果を得た。すなわち草丈低く、葉は早期枯死の傾向を持ち、果実（穂）の重量が大きいわりに種実の重量が少ない。

4. 5月30日（最大成長初期）発病区

成長の最盛期にはいり、葉も大型となつている。1個体当りの病斑総数は急に増大して、大被害の観がある。生育阻害も大きく、病後の新葉はやや小型である。この区は晩熟であることと、不稔粒が多いことが特徴で、前区に似ている。35年と37年は収量がわずかに多かつた。

5. 6月5日（最大成長期（2））発病区

生育阻害は大きい。雄花穂は不正形で小形、開花は不揃である。35年はこれと同じ傾向であり、37年の収量は対照区とほとんど同じであつた。晩熟で草丈が大、収量が大であるのがこの区の特長である。

6. 6月8日（最大成長期（3））発病区

見かけの被害は大きい、生育はわずかに遅れた、8月22日にはまだ多数の葉が緑色を保ち、草丈は対照区に接近する。収量は被害区中の最高を示し、35年での収量は対照区の60%であつたが、37年では僅

少の減収であつた。

7. 6月12日（最大成長末期）発病区



Fig. 1. Leaves of the Indian-corn having necrotic spots artificially made by $KClO_3$ injection.

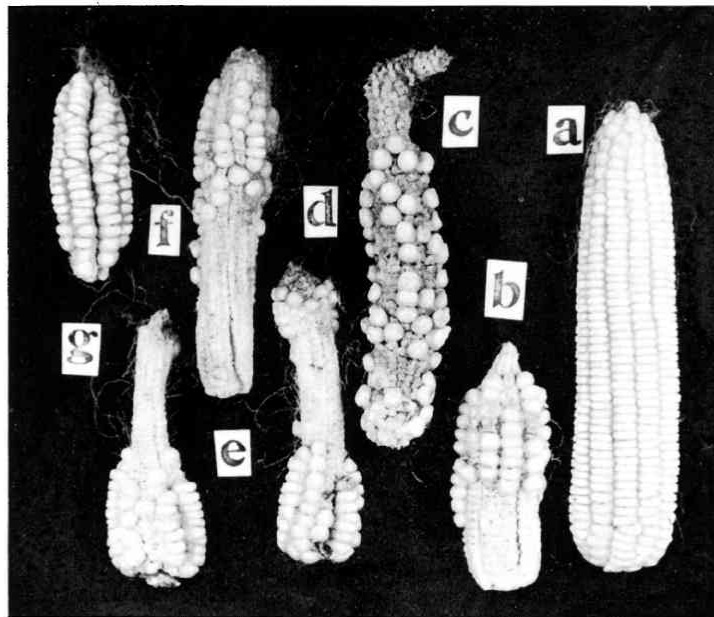


Fig. 2. Ear of the Indian-corn affected by leaf spots artificially made by $KClO_3$ injection.

a. Healthy, b, d, e. Damaged at the stage of female flower bud initiation, c, f. Damaged at the stage of flowering, g. Damaged at the stage of the most vigorous growth. But above formes of abnormal eares has many exceptions.

生育はわずかに遅れた。35年は収量は20%減、37年は25%減を示した。茎葉の熟期が遅れるが穂の熟期はむしろ早いのがこの区の特徴である。

8. 6月16日(雌花芽形成前期)発病区

生育の遅退は僅少である。雄花の出穂から開花までの期間がやや長く、雌花の開花が遅れた。8月22日には多くの緑葉を残して、晩熟であつた。35年にはこの区は虫害がなほはだしく、37年には36年と大体類似の結果を得た。

9. 6月21日(雌花芽形成前期(2))発病区

発病による生育遅退は著しくない。雄花、雌花ともに開花期が大変遅れた。開花に至らない雌花芽もある。8月22日に緑葉多く残り、晩熟を示している。35年は大体同様の傾向を示し、37年は不完全着粒のものが多かったが、いずれも収量は30%減であつた。

10. 6月27日(雌花芽形成期)発病区

雌花芽の形成は始まつたが多少不均一に行われる。生育遅退はやや大きい。この区の雄花の開花は遅くて乱れる。雌花の開花は4個だけで、他の区に比べて草丈が小さい。35年は虫害のため収穫はなかつたが、37

年には60%減であつた。

11. 7月1日(雌花芽形成期(2))発病区

発病時には雌花芽の形成も終りに近い。雌雄花の開花は対照区より遅いが前区に比べると早い。収穫、生育状況など35年も37年も大体類似の結果であつた。

12. 7月6日(雌花器、雄花器発育期)発病区

雄花の発育は雌花の発育に先行する。雄花の発育が初め停止していたが、これが何時発育を再開するかは調査しなかつた。発病のために落蕾や穂の畸形が起こつた。8月12日にはすでに下葉から枯れ始めたものが調査株の半数に及んだ。草丈が小、収量が小、早期枯死などは、35年と37年に同様に起こつた。

13. 7月17日(雌花開花期、雄花開花後期)発病区

雄花の開花期は7月14日であり尚引続き開花中である。雌花は恰度開花期にあるが尚開花は続く。8月12日の調査時には、約半数が早期に下葉から枯れ上つている。35年は虫害のため全減し、37年は健全の70%に達した。ただ種実率は30%に満たなかつた。

14. 7月21日(雌花開花後期)発病区

発病が草丈に及ぼす影響は大きい。しかし前区も同

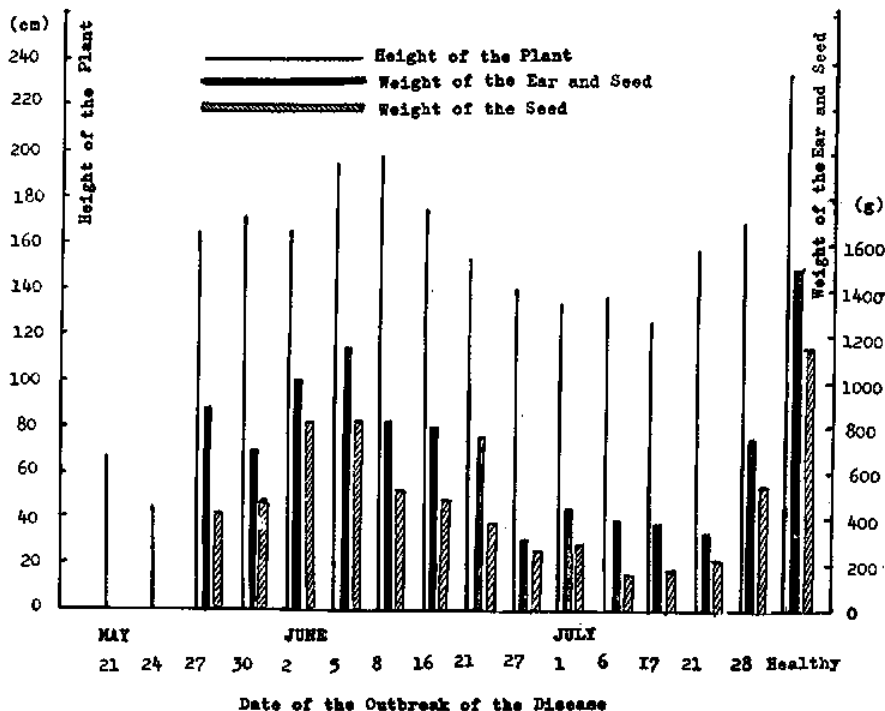


Fig. 3. The relation between yields of the Indian corn and the stages of outbreak of spots artificially made by $KClO_3$.

様であるが止め葉までの草丈にははなはだしい差異がなかった。この区には虫害が集団的に発生したので、収穫は解らなかつたが、得られた4個は中型ではあつたが完全着粒であり、実際は同量を上回り相当の量に達したものと思われる。35年と37年の収量は、それぞれ対照区の45%と55%に達している。

15. 7年28日(種実肥大期)発病区

早熟となつた。35年は虫害のため全減に近く、対照区の32%であつたが、37年は65%に達した。

16. 対照区(無発病区)

雄花の出穂は7月13日、開花は7月15日。雌花の開花は7月17日である。8月3日の葉数は12.6枚、8月22日の草丈は237cmで発病に比べていずれも格段と大きい。この頃には葉の大部分は黄変した。果実の総数は18個で、大型の6個と中型の4個は着粒完全であり、他の中型の8個にはわずかに種実の缺失が認められた。穂(果実)の総重量は1456gであり、種粒だけの総重量は1172gであつた。

発病区の穂には大型、中型、小型などがあり、着粒の状況には第2回のはかに片側だけの種粒の発育が不良なものがあつた。

考 察

果実の生産を目的とする作物に、斑点性病害が発病すれば、一般に果実の減収がおこる。作物の収量は、同化物質の生産と消費の収支と、同化物質の作物体各器官への配分のしかた、すなわち同化生産物の経済によつて支配される。この観点から、斑点性病害による減収の機構を、つぎのように分けて考えてみる事ができる。

第1は病斑形成のために起こる永続的な同化面積の縮小である。^{1,4)} すなわち、枯死した病斑部の面積(被害度に直結)と、病斑周辺に広がる無同化作用地帯(炎症地帯)の面積の合計だけの縮小である。KCIO₂による人工病斑で作られる無同化地帯は、多少毒素を出す種類の病原菌で起こる無同化地帯によく似ているから、30%ぐらいの被害度の葉では、同化作用が皆無となることがある。⁴⁾

第2には、病斑形成のために起こる病斑周辺の健全部におこる、一時的な呼吸と蒸散の増大、および同化の減退が問題である。この一時的な同化面積の縮小の度は、頂上のやや平らな山形をして、7~10日間変化を続ける。^{4,5)} その回復は、病斑周辺の生理擾乱部の縮小に始まり、ついに永続的無同化地帯を残し

て、健全葉内部は次第に肥厚して、生理作用の代償機能が現われる。しかし一般には、同化力の復活を新葉の展開に求めるために、病葉は早期に老化して、落葉が早められる。

このような障害のなかで、やや永続的なものはC/N率を低下し、開花ホルモンを減産することはすでに成書(安田貞雄)に記されているが、更に日長効果の感応度を低下し、花芽形成を阻害するであろうことは予想される。また急激で一時的なものは呼吸亢進によつて炭水化物を消費し、蒸散亢進によつて体内水分関係を乱し、各種の生理に影響すると思われるが、落葉や落果を起こしている。これらの現象が、生育時期を異にして発病した作物に、どのように現われるか、生育や収量にどう影響して来るかを知るのがこの実験の目的であつた。

(1) 幼苗期(離乳期)の発病 本葉3枚の幼苗では、この品種は花芽種子の胚乳の養分を形成していない。苗は初期成育のために、種子の胚乳の養分を使い果たした時期であるが、一方同化澱粉は葉緑粒内に微粒として作られて始原的狀態にあり、気孔は未発達でクチクラ層は極めて薄くて表皮を透した呼吸も行われる。葉に病斑ができると全身症状を起こし、生育障害は予想をこえて大きい。収穫皆無はこの全身障害による。

(2) 雄花芽形成期の発病 本葉4枚の頃にはすでに雄花芽の形成が始まつた。苗の生理は依然として離乳期的である。発病によつて花芽の形成や発育は中止し、生育の遅れが30日に達するのは回復力の缺乏によるものであろう。雄花穂は生じないため芯止めの状況にあり、根元から1本(まれに2本)の側芽を生じ急速に伸長してこれに雄花穂をつけることになる。雌花をつけるものがまれなのは、すでに高温の季節にはいり時期を失したものであろう。この区の収穫皆無は雌花器の缺損による。

(3) 雄花芽形成後期の発病 第6葉目頃から葉の形が大きくなり始める。苗はいよいよ独立の生理作用を営み始めるが、発病の障害は全身症状を呈し、立ち直りが遅れたことがその減収の原因であらう。

(4) 最大成長期の発病 本葉が6~9枚の頃は成長の最盛期である。茎も肥大を始め、葉も大型となる。葉の総面積は大きく、病斑数も多いので、一時的生理障害⁶⁾の度は激しい筈であるが、雄花芽は形成を終り、雌花芽は未だ形成が始まつていないので、これによる被害はない。回復力が大きく、新葉の出現が促進されるため熟期と夏期の高温が一致して、同化物質の

空費が多く、収量減と早期枯死を招いたものであろう。葉が肥大成長中にあれば、葉におきた病斑で起こる生理異常の悪影響に対して緩沙的作用を持つから、被害状況に比べて収量が高いのは、そのためであると思われる。

(5) 雌花形成前期の発病 本葉が10~11枚の頃は、茎の肥大は終つて伸長が盛んである。新葉の展開の速度は遅れ始める。この時期の発病は雌花芽の形成を阻害して、全減に近い減収を起こすものと予想していたのに反して、ある程度の収獲をみた。雌花芽形成に余り影響がないのは、前記の茎が持つ緩沙作用のためであらう。ただ雌雄花ともに開花が遅れること、草丈が小であることなどは減収の原因として重要であらう。

(6) 雌花芽形成期の発病 葉数12~13枚の頃、茎の中央部よりやや高い位置の各節に、雌花芽が形成される。形成された雌花芽も発病によつて消失または発育が中止される。またそのまま発育して開花結実するものもある。果実に種実が着粒する状況はきわめて変化に富み、その因果関係を推断することは困難であるが、37年度のデントコーンで得られた結果はFig. 2 (g, e, b) に示すように、果実の上の種粒の着生位置が、上端、中央、下端、または上端と下端とに限られている。これは雌花芽形成に及ぼす斑点病の影響が、短期間に限られることが考えられる。

(7) 花器発達期の発病 葉数13枚の頃には、雌雄花とも花穂の発達が急速に行なわれる。この時期の発病では、全面にわたつて種粒の着生は粗である(第2図, f, c) ものが多い。落蒂がおこっているものと考えられる。しかしその逆の推論は困難であらう。

(8) 開花期の発病 受精が害され、はなはだしい減収を予想したが相当量の収獲があつた。しかし、雄花が害された区の近くに、全く被害を受けない区があつたために、受精阻害で起こるはずの収獲皆無は現われていない。種粒の着生は前区と同様に不整であつた。これは受精阻害と花芽形成阻害とに相違があることを示すものである。前者では短期間にはげしく、後者の場合にはやや長期間に作用するといえる。

(9) 種実肥大期の発病 この時期の発病株にみられる早期枯死は重要である。葉は成熟期から老化初期にはいり、斑点性病害に対する抵抗力は弱く、病斑総数は大で、回復は困難であり生理障害も大きいことは著

者の実験からも推察できる。減収が1/2に達したことは、予想に反するが当然なこととも云える。

摘 要

斑点性病害の発生と、作物の収量との関係を研究するにあつて、トウモロコシは次のような特性を持っている。(1) 葉の枚数が一定していて、病葉を健全で置き換えられない。(2) 雄花芽と雌花芽が約1か月の間隔で、1度だけ、異なる位地に形成される。(3) 雌雄花ともに、ほぼ同時に限られた短期間に開花する。このような性質の作物に成育時期を異にして斑点性病害を発生させてみて、次のような結果を得た。

(1) 本葉3枚の苗では雌花芽形成の直前で、苗は離乳時の状態にあり、発病の被害から再起する力が弱く、収獲は皆無となる。

(2) 本葉4枚の苗に発病すれば、雄花芽の形成が害されて、生育は中止し、地際から生じた分けつ茎に雌花をつけるが、雌花をつけるものほとんどなく、収獲は皆無となる。

(3) 最大成長期に発病したものは、ただちに回復して、2/3~4/5の収獲がある。

(4) 雌花形成期と雌花の開花期頃に発病したものは着粒が悪く、収獲は1/4前後である。

(5) 果実肥大期の発病では、種実の充実悪く収獲は1/2程度である。

以上を要するに、本葉4枚目までの発病は収獲皆無となるから、ただちに再播の要がある。栽培放棄も考えられる。雌花芽の分化期から開花期の間に発病したものは、その後いかに栄養体が回復しても収獲は1/4程度であるから薬剤の撒布には考慮を要する。これに反して最大成長期の発病では、見かけの被害は大きい、減収は少ないので、薬剤撒布によつて、その後の発病を防止する価値がある。

引 用 文 献

- 1) 木場三朗, 1942. 朝鮮総督府農試集報 14: 58.
- 2) 木場三朗, 1950. 農業及園芸 25: 245.
- 3) 木場三朗, 1953. 九大農芸誌 14: 35.
- 4) 木場三朗, 1954. 九大農芸誌 14: 499.
- 5) 木場三朗, 1955. 栃内・福土両教授 還歴 記念論文集 28.
- 6) 木場三朗, 1956. 九大農芸誌 15: 275.
- 7) 木場三朗, 1961. 九大農芸誌 18: 353.

Summary

From the pathophysiological point of view, following special characters possessed by the

corn plant (*Zea mays* L.) appears to show inter-relationship with the spotted disease : (1) number of leaf blades remains constant at 14 and 16 during its life period, (2) differentiation of tassels (male blossoms) occurs during seedling or very early stage of growth, whereas that of the ears (female blossoms) takes place much later when the plant is near mature, and (3) both types of blossoms come to bloom at about the same time which lasts for a short period. Effect of the disease at various growth stages of corn plant on the yield was studied. Results were as follows :

1. When the corn plant was infected by the spot disease prior to the differentiation period of the tassels the plant gradually ceased growth. No yield of corn was produced in this case.
2. When the infection took place during the differentiation period of the tassels, the growth of the plant was severely disturbed at first but it soon ceased completely. These plants did not produce tassels at the apex, but there was one axillary shoot arising from the base of the stem, which produced tassel at the apex. As no ears were produced, there was no yield of corn.
3. When the corn plant was infected during its maximum period of vegetative growth, the plant soon recovered from the disease and yielded more corn than any other types of infected plants.
4. When the infection took place during the differentiation period of the ear, contrary to the case of the tassels, the disturbance to the growth was but for a brief period. The yield of corn usually was reduced considerably, but it depended also upon the time of the outbreak of the disease, the seeds appeared at the tip, center, or the basal portion of the ear.
5. When the corn plant was infected during the silking period, normal pollination was disturbed and resulted in ears with missing kernels.
6. When the corn plant was infected during the ripening period of the ear, the damage resulted in light weight kernels.
7. The formation of abnormal ears, caused by the spotted disease, has many exceptions.

It is concluded from the above results that when the corn plant is infected by the spot disease during its seedling stage, it should be re-seeded. If the infection occurred during the differentiation period of the ear, the damage is usually considerable and does not warrant economical control by applying fungicides, which also applies to the case where its differentiation has already been completed.

Laboratory of Plant Pathology,
Faculty of Agriculture,
Kyushu University