

ジャガイモ黒脚病の伝播様式

尾崎政春† 谷井昭夫†† 馬場徹代†† 土屋貞夫†††

MODE OF TRANSMISSION OF POTATO BLACKLEG DISEASE

Masaharu OZAKI, Akio TANII, Tetsushiro BABA
and Sadao TSUCHIYA

ジャガイモ黒脚病菌の生態的特性を明らかにし、本病の防除方法の確立に資するためその伝播様式に関する性質を検討した。

本病多発生は場産の塊茎および *Erwinia atroseptica* (van HALL) JENNISON を接種した塊茎を植えると、高率に黒脚病が発生する。また、接種塊茎を切断した切断刀で健全塊茎を切断すると、病原細菌は健全塊茎に感染し、人為的には場で黒脚病を発生させることができることから、この病原細菌は塊茎伝播のほか、切断刀の接触感染による伝播をすることが明らかとなった。また一方、前年に多発生したほ場でも健全塊茎を植えると本病は発生しなかった。それゆえ、ジャガイモ黒脚病の防除の原則は健全塊茎の植え付けとり病塊茎の処分にあるといえる。

I 緒 言

北海道でのジャガイモ黒脚病の観察は、成田¹²⁾ (1958) によれば伊藤が古くより発生を示唆していたというのが詳細は明らかでない。

同じく成田(1958)は1955年7月中標津町で本病と思われる病株を観察しているが、黒脚病類似病害として取扱っている。その後、この病害は中標津町のでん粉原料用ジャガイモほ場で毎年継続してわずかに発生していたが、1967年ころから急速に発生地域を拡大し¹³⁾¹⁴⁾、1971年に発生が確認された市、町は第1図のようである。この急激な拡大の原因は詳かでないが、最近新たに発生が認められた十勝支庁および上川支庁管内の調査では、発病ジャガイモはいずれも農家が中標津町農家と直接取引した原採種体系にない塊茎であるといわれている。本病の発生面積の正確な数字は把握し難いが、1969年各支庁の聞き取り調査によれ

ば、根室が900 ha、釧路が35 ha、網走が650 ha、十勝が45 ha前後であると推定されている。また、現在発生が最も多い中標津町と弟子屈町では作付面積2,000 haに対して、1968年47%、1969年66%、1971年80%のほ場に発生が認められている。しかし、これらはすべてでん粉原料用ジャガイモであって、品種は「紅丸」が主体である。また、本病による被害は種子用塊茎としての価値を失うことはもちろんであるが、実質の減収も大きく、たとえば1968年に行なった被害査定によれば、第2図のようであって、8月末の観察で発病株をマークし収穫時に調査した結果、発病率の1%増大は収穫塊茎の約20 kgの減収に相当し、試算によれば30%の発病率で20%の減収となった。

筆者らは、病原細菌の諸性状と病徴から本病を *Erwinia atroseptica* (van HALL) JENNISON によるジャガイモ黒脚病(Potato blackleg disease)であると同定した(日本植物病理学会報に投稿中)。それゆえ、従来、本病類似症状として取扱ってきたものの大多数は本病であると推定して取扱うこととし

† 根釧農業試験場

†† 中央農業試験場

††† 元根釧農業試験場(現十勝農業試験場)

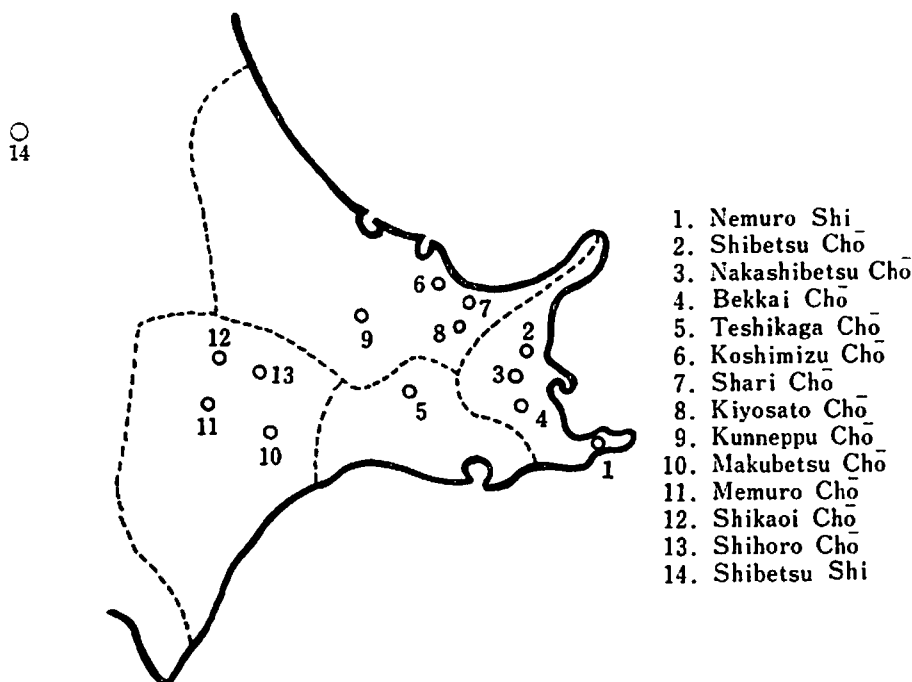


Fig. 1 Covered area by potato blackleg disease (1971).

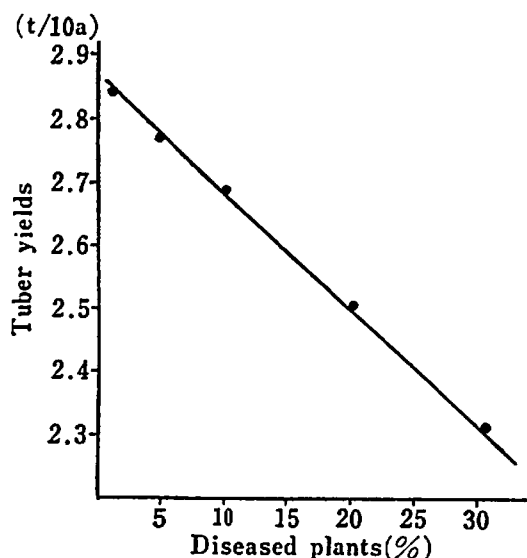


Fig. 2 The effect of potato blackleg disease to tuber yields (1968).

たい。

この報告は前述の発病現状から、北海道農業における種子用ジャガイモ塊茎生産の重要性にかんがみ、原採種体系の汚染を受け、本病の防除方法の確立を目的として、伝播様式に関する発病生態を記述したものである。

本報告を発表するにあたり、常に多大なご援助とご助言をいただいた元根釧農業試験場松村宏場長（現新得畜産試験場長）、本稿の校閲を賜った根釧農業試験場平沢一志場長、ならびに試験用ジャガイモ塊茎を分譲いただいた根室馬鈴薯原種農場山崎英夫場長に厚く感謝の意を表するとともに、調査にあたり熱心にご助力くださった元北根室地区農業改良普及所徳光孝普及員（現上川北部地区農業改良普及所）、根室馬鈴薯原種農場加藤公貞技師に謝意を表する。

II 試験方法および結果

1 塊茎伝染

1) 自然り病塊茎による発病

(1) 試験方法

試験は1968年と1969年の2年間に未発病地ほ場と多発病跡地ほ場の2か所で行なった。

a) 多発病跡地

前年本病が多発生した中標津町開陽の苦米地勝氏のは場で、試験区は1区42m²の7区3反復乱塊法設計によった。処理区別は、植え付け塊茎をつぎのように異にした。(a)本病多発生ほ場塊茎（農林1号）、(b)原種ほ場塊茎（農林1号、紅丸および

ニエツ), (c)原種は産塊茎(農林1号, 紅丸およびニエツ)。施肥および耕種方法は農家慣行法により, 発病調査は8月下旬に各区全個体の地上部を観察して, 発病率を算出した。

b) 無発病地

過去にジャガイモを栽培したことのない根釧農業試験場内の牧草地を耕起して用い(両年とも別々に), 試験区は1968年には1区50数株の3反復設計で, 供試塊茎は多発病跡地に用いたのとおなじ「農林1号」を使い, 1969年は1区61m²の1反復設計で, 供試塊茎は多発病跡地に植えた(a), (b)と同一のものをを用いた。施肥および耕種方法は標準栽培法に準じ, 発病調査は8月下旬または9月上旬に, 各区全個体の地上部を観察して判定した。

(2) 試験結果

多発病跡地での発病率は Table 1 のようであり, 無発病地での発病は Table 2 のようであった。すなわち, 2か年の多発病跡地および無発病地を通じて多発生は産塊茎を用いた場合の発病率が高いことは, 本病がり病塊茎によって越冬伝播することを明らかに示すものである。一方, 1968年の多発病跡地に健全塊茎を植えた場合は, きわめて低率ではあるが発病が認められた。しかし, 同年の無発病地健全塊茎栽培にも, 1個体の発病があったことから推察して, 1968年の健全塊茎は栽培作業のどこかで汚染があったものと思われる。これしに対し, 1969年の両は場の発病様相はきわめて明解であって, 塊茎伝播に疑問の余地はなかった。

2) 人為接種塊茎による発病

Table 1 Occurrence of blackleg disease by the different tuber in the field infested year before.

Planted potato tuber (variety)	Percent of diseased plants	
	1968	1969
Infested seed field (Norin No. 1)	6.2%	12.8%
Stock seed field (//)	0.6	0
// (Benimaru)	0	0
// (Eniwa)	0.2	0
Breeder's stock field (Norin No. 1)	0	0
// (Benimaru)	0.2	0
// (Eniwa)	0	0

Table 2 Occurrence of blackleg disease by the different tuber in no-infested field.

Planted potato tuber (variety)	Percent of diseased Plants	
	1968	1969
Infested seed field (Norin No. 1)	10.0%	26.7%
Stock seed field (//)	1.0	0
// (Benimaru)	—	0
// (Eniwa)	—	0
Breeder's stock field (Norin No.1)	—	—

—: no try

(1) 試験方法

試験は1970年に場内未発病地を用い, 病原細菌を接種した原種用塊茎(農林1号)を植え付けて, 標準耕種法で栽培し, 生育期間を通して発病を観察した。病原細菌の接種は, 昇汞500倍液で1時間表面殺菌をし, 水洗後風乾した健全塊茎に, 殺菌コルクボーラーで直径5mm, 深さ15mmの穴をあけ, その中にあらかじめ普通寒天斜面培地

Table 3 Isolates of the pathogen used for tuber inoculation of seed potato.

Pathogens & isolates No.	Host plant (variety)	Date	Locality
<i>Erwinia atroseptica</i>			
P — 1	Potato (Norin No. 1)	1967. 7.11	Nakashibetsu
P — 3	Potato (Norin No. 1)	1967. 7.11	Nakashibetsu
P — 14	Potato (Norin No. 1)	1967. 7.11	Nakashibetsu
<i>Erwinia carotovora</i>			
CKS 16	Chinese cabbage	1969. 8.30	Kushiro
RKS 23	Radish	1969. 8.30	Kushiro
SR 1	Rutabaga	1969. 8. 9	Nakashibetsu
C — 1	Uncertain	Uncertain	Tohoku Univ.

に27°C, 24~48時間培養した細菌を塗布し塊茎小片でふたをして、湿度を保持し20°Cの定温に2~3日置き、接種部位を切断して腐敗を確認し、供試した。接種に用いた菌株はTable 3のとおりである。

(2) 試験結果

観察結果はTable 4のとおりである。

黒脚病菌を接種した塊茎は7月中旬までに発病し、病徴は自然発病と類似し、また、高い発病率を示した。これに対し、無接種および軟腐病菌を接種したものは、まったく発病しなかった。しか

Table 4 Development of sprouts and blackleg symptoms on inoculated* potato tuber (1970).

Pathogens & isolates No.	Number of seed pieces planted	Number of seed pieces sprouted	Number of seed pieces producing blackleg plants
<i>Erwinia atroseptica</i>			
P — 1	60	35	9
P — 2	60	57	8
P — 14	60	50	14
<i>Erwinia carotovora</i>			
CKS 16	60	33	0
RKS 23	60	52	0
SR 1	60	60	0
C — 1	60	55	0
Control	60	60	0

*: Put bacteria into the hole of tuber by cork borer cutting.

Table 5 Development of sprouts and blackleg symptoms on potato tubers inoculated with *E. atroseptica* and *E. carotovora*.

Pathogens & isolates No.	Cork borer inoculations			Cutting knife inoculations											
				1st cut			2nd cut			3rd cut			4th cut		
	P ^a	S ^b	BL ^c	P	S	BL	P	S	BL	P	S	BL	P	S	BL
<i>Erwinia atroseptica</i>															
P — 1	24	17	0	24	23	4	24	24	1	24	24	2	24	23	5
P — 3	24	21	8	24	24	2	24	24	2	24	23	0	24	23	3
P — 14	24	13	2	24	22	4	24	24	1	24	24	2	24	24	1
<i>Erwinia carotovora</i>															
CKS 16	24	19	0	24	24	0	24	24	0	24	24	0	24	24	0
RKS 23	24	21	0	24	23	0	24	24	0	24	24	0	24	24	0
SR 1	24	22	0	24	24	0	24	24	0	24	24	0	24	24	0
Control	24	24	0	24	24	0	24	24	0	24	24	0	24	24	0

^a: Number of seed pieces planted, ^b: Number of seed pieces sprouted

^c: Number of seed pieces producing blackleg plants.

もこの現象は供試菌株間に差異がなかった。一方、接種による萌芽抑制は両菌種とも同様であって、不萌芽塊茎はいずれも土壤中で腐敗消失していた。これらのことから、ジャガイモ黒脚病は軟腐病と明らかにその生態を異にすると考察された。

2 切断刀による伝染

(1) 試験方法

1970年に、根刈農試ほ場において、人為的に病原細菌と接触させた塊茎(農林1号)を、1区12.6 m² (40株)、8処理3反復設計で植え付け、標準耕種法で栽培し、生育後期までの発病を観察した。病原塊茎は前記2~2)で行なったと同じ菌株をまったく同じ方法で接種し、発病させた塊茎を用いた。接種方法は、この腐敗部分を切断して病原細菌と接触させたナイフで健全塊茎を縦いて4個まで切断して連続接種し、接触順位の塊茎単位に植え付けた。

(2) 試験結果

結果はTable 5に示した。すなわち、黒脚病菌を塊茎に連続切断接触させると、4番目の塊茎にまで感染を起こすことができた。その発病率は20%以下であって、高くはないが、1番目と4番目とで差がないことから感染は4番目以上にまで可能と推察される。これに対し、軟腐病菌を接種した塊茎では黒脚病症状はもちろん、軟腐病症状を呈するものもまったくなかった。また、不萌芽塊

茎も黒脚病菌接種の場合は低率ながら 4 番目接触塊茎まで生じたが、軟腐病菌の場合は菌注入塊茎のみで (1 個体だけ 1 番目接触の塊茎で生じたが、誤差の範囲と判定)、接触伝染性に明らかな差異を認めた。なお不萌芽塊茎はすべて土壌中で腐敗消失していた。

以上のことから、ジャガイモ黒脚病は植え付け時の切断刀で、健全塊茎へ接触伝染し、発病を増大することが明らかとなった。

III 論 議

1 塊茎伝染

ジャガイモ黒脚病の塊茎伝染性については古くから知られ¹⁾¹¹⁾¹⁵⁾¹⁶⁾²⁰⁾, LEACH⁸⁾(1927)は病塊茎を植えると黒脚症状となることおよび病原細菌はストロンを通して新塊茎に侵入することを観察し、KOTILA & COONS⁷⁾(1925)も発病の 99%は塊茎に由来するものであると述べており、その他の報告でも、塊茎伝染性を否定する結果はみあたらない²⁾⁴⁾⁵⁾²¹⁾。この試験においても、自然り病塊茎および人為接種塊茎の発病結果から塊茎伝染性に対する疑問の余地はまったくないことが証明された。これに対して、ジャガイモ軟腐病菌の塊茎伝染性は、人為接種試験の結果でほとんど否定的であった。このことは、両細菌の分類上の近似性から考察して、興味あることであると共に、両病害の生態上きわめて重要な事実である。そしてまた、実際農業上では、たとえばカナダおよびアメリカのミシガン州、ユタ州およびアイダホ州などでは、種子用ジャガイモ栽培の検疫規定の中に、ジャガイモ黒脚病の発生に関する最大許容量を第 1 回目検査で 2%以下、第 2 回目検査で 1%以下に定めている。北海道は将来わが国の食糧基地として方向づけられており、特に、ジャガイモについては、種子用塊茎生産地として、今後とも重要な位置を保つのであるから、早急に本病を種子用ジャガイモ塊茎の検疫規定の中に採用し、厳重な監視をする必要があろう。

2 切断刀接触伝染

ジャガイモ黒脚病が塊茎切断におけるナイフ接触で起こるかどうかは SMITH¹⁹⁾(1950)の報告が詳

しい。彼は黒脚病菌と軟腐病菌を人為接種した塊茎を用いて、切断による接触伝染を調べ、黒脚病菌は切断 5 日後でも侵入し発病しうることを認め、軟腐病菌ではこのような現象を認めていない。筆者らの試験においても黒脚病菌は塊茎切断による接触で健全塊茎に高率に感染発病させうることを認めたが、軟腐病菌では接種した塊茎は腐敗するけれども、茎葉部の軟腐症状を呈するものはまったくなく、健全塊茎への感染もほとんど認められなかった。

黒脚病菌の接触感染による発病が、1 回目接触と 4 回目接触で差が認められないこと、時には後に接触した塊茎が高い発病率を示したことは、感染の限界が 4 回目以上におよぶことを示すと共に、発病を支配する条件が単に接種菌量のみでなくその後の栽培環境の影響が大きいことを示していると考察される。このことは実際場面で、同一は場産り病塊茎を同様の方法で植え付けながら、は場環境の相異によって、発病率に大きな差異が認められることがあった。

3 土壌伝染

ROSEBAUM & RAMSEY¹⁸⁾(1918)は前年秋に接種塊茎を土壌に混入したは場で、ジャガイモが健全に栽培され、感染を認めなかったことから、本病の土壌伝染を否定し RAMSEY¹⁷⁾(1919)や KOTILA & COONS⁷⁾(1925)は土壌中に病原菌を多量に注入して、戸外と室内で越冬させ、それから病原菌の再分離を試みたが成功していない。一方、LEACH⁹⁾(1930)は土壌浸出液を塊茎スライスに接種し、腐敗部の移植を繰返して病菌を分離しうることを認め、GRAHAM³⁾(1962)は本菌は土壌中で単独に棲息することはないが、植物根部で無病徴のまま生存すると述べている。最近、LOGAN¹⁰⁾(1969)は黒脚病菌は土壌中では 8~9 週間で消滅するが、茎の導管部では越冬できることを認めている。

しかし、軟腐病菌と黒脚病菌とは、通常の細菌学的性質のみでは区別しがたく⁶⁾、塊茎伝染が両者の最も大きい相異点で、土壌から分離されたとする報告⁹⁾¹⁰⁾¹⁵⁾には、この点の確認がなく、分離細菌が確実に黒脚病菌であるという証明がなされていない。

Table 6 Development of blackleg symptoms on the healthy potato tubers planted in the potato field infested year before

Plot	Rate of diseased potato plants	
	1970*	1971
1	14.2%	0%
2	2.5	0
3	14.2	0
4	10.0	0
5	11.7	0
6	8.3	0

*: Planted potato tubers were inoculated with *E. atroseptica*.

筆者らは、SMITH⁽¹⁹⁾(1950)の方法を修正したコルクボーラー処理による接種塊茎の植え付けによって両者が確実に区別できることを明らかにした。しかし、このような接種塊茎による方法は、かなりの日数を要するため、生化学的性質と血清学的性質を組合せた簡便な区別方法について検討中で、これについては別に報告する予定である。

この試験においては、菌の生存に関する実験的解明は行なわなかったもので、土壌中のどのような条件で越冬が可能であるかどうかは明らかでないが、前年度発病が多かったほ場に連作しても、健全塊茎を植え付ければ、ほとんど発病は認められなかった(Table 6)ので、一般には土壌伝染の可能性は乏しいと考えられる。しかし、軟腐性細菌病の場合も連作すれば必ず発病するものではないから、このような傾向だけで、土壌伝染性を完全に否定することはできない。また、もし仮りに土壌伝染がないとしても、ジャガイモは前年掘り残しのヒコ生えが必ずあるので、北アイルランドで行なわれているように、発病ほ場では5年間ジャガイモの作付けを休むことが望ましいと考える。

IV 摘 要

1. ジャガイモ黒脚病の発生分布と被害について述べ、本病防除のために伝播様式を明らかにしようとした。

2. り病塊茎および接種塊茎を前年多発病ほ場と無発病ほ場に栽培し、本病の伝染発病の主体は

塊茎伝播であることを明らかにした。

3. 塊茎切断刀による接触伝染性を検した結果、り病塊茎を切断したナイフでは4回目切断以上の塊茎にまで感染を起こさせうることが明らかとなった。

4. これらのことから、本病の伝播様式は、塊茎伝播性が主体であって、植え付け時の塊茎切断ナイフによる接触感染が発病拡大を助長し、本病菌の土壌中生存および土壌伝染の可能性は低いと結論した。

引用文献

1. APPEL, O., 1902; Der Erreger der "Schwarzbeinigkeit" dei den Kartoffeln. Ber. Deut. Bot. Gesell., 20, 128-129.
2. GRAHAM, D. C., and W. J. DOWSON., 1960; The coliform bacteria associated with potato black-leg and other soft rots.
I. Their Pathogenicity in relation to temperature.
II. Biochemical characteristics of low- and high-temperature strains. Ann. appl. Biol., 48, 51-64.
3. ———, 1962; Black leg disease of potatoes. Reprinted from Scot. Agric., Spring, 4pp.
4. ———, 1964; Taxonomy of the soft rot coliform bacteria. Ann. Rev. Phytopath., 2, 13-42.
5. HELLMERS, E., and W. J. DOWSON., 1953; Further investigations of potato blackleg. Acta Agric. Scand., 3, 1, 103-112.
6. ———, 1959; *Pectobacterium carotovorum* var. *atrosepticum* (van HALL) DOWSON, the correct name of the potato black leg pathogen; a historical and critical review. Eur. potato J., 2, 251-271.
7. KOTILA, J. E., and G. H. COONS., 1925; Investigation on the blackleg disease of potato. Mich. Agr. Expt. Sta. Tech. Bul., 67.
8. LEACH, J. G., 1927; The nature of seed-piece transmission of potato blackleg. Phytopath., 17, 155-160.
9. ———, 1930; Potato blackleg: the survival of the pathogen in the soil and some factors influencing infection. Phytopath., 20, 215-228.
10. LOGAN, C., 1969; The survival of the potato blackleg pathogen over-Winter. Rec. agric. Res

Minist. Agric. N. Ire., 17 (2), 115-121.

Summary

11. MORSE, W. J., 1917; Studies upon the blackleg disease of the potato, with special reference to the relationship of the causal organisms. Jour. Agr. Res., 8, 79-126.
12. 成田武四, 1958; 北海道における馬鈴薯の細菌病に関する研究. 道農試報告, 8, 65.
13. 尾崎政春, 谷井昭夫, 馬場徹代, 土屋貞夫, 1968; ジャガイモ黒脚病とその病原細菌 (予報). 日植病報, 35 (5), 362.
14. ———, 土屋貞夫, 1970; ばれいしょ黒脚病類似病害について. 北農, 37 (1), 24-27.
15. PATEL, M. K., 1929; Viability of certain plant pathogens in soil. Phytopath., 19, 295-300.
16. PETHYBRIDGE, G. H., 1912; Investigations on potato diseases. Jour. Dept. Agr. and Tech. Instr for Ireland., 12, 334-360.
17. RAMSEY, G. B., 1919; Studies on the viability of the potato blackleg organism. Phytopath., 9, 285-288.
18. ROSEMBaum, J., and G. B. RAMSEY., 1918; Influence of temperature and precipitation on the black-leg of potato. Jour. Agr. Res., 13, 507-513.
19. SMITH, W. L., 1950; Pathogenic differences manifested by *Erwinia atroseptica* and *Erwinia carotovora*. Phytopath., 40, 1011-1017.
20. STAPP, C., 1929; Die Schwarzbeinigkeit und Knoll-innasfäule der Kartoffel. Arb. Biol. Reichsanst. Land-u. -Forstw., 16, 643-703.
21. WALKER, J. C., 1957; Bacterial soft rot of vegetable blackleg of potato. Plant Pathology, 101-106, McGraw-Hill.

1 Potato blackleg disease has been widely distributed in eastern Hokkaido since 1955. The damage is not only in a poor crop, but also in not getting new, good potato tubers for planting.

2 When we had planted healthy tubers, blackleg disease was not observed on the potato plants, even in a field that had been infested the previous year. Conversely, the blackleg symptom was observed on the potato plants which grew from infected-or infested-tubers in virgin fields. These results proved that one of the main methods of disease transmission is through infected- or infested-tubers.

3 In the experiment, two cutting knives were prepared. One of the knives was contaminated with *Brwinia atroseptica* and the other with *E. carotovora*, by cutting a tuber affected with each bacteria. The former knife was found capable of transmission of the disease to tuber pieces that were cut with the knife even up to the fourth cutting. But there was no evidence of transmission of the disease by the latter knife.

4 Thus, it has been shown that blackleg infection was transmitted by the tuber cutting knife; but that the transmission of soft rot disease was another matter.



Plate 1 Wilt symptoms on potato petiole and leaves in June



Plate 3 Inky-black lesions at the base of the stems



Plate 2 Wilt symptoms on potato petiole and leaves, and collapsed stems in August