

I 緒 言

馬鈴薯が北海道における畑作経営上不可欠の安定作物として重要な地位を占めていることは、現在その作付面積が概ね8万町歩を上下して、畑地面積の1割以上を占めていることから背かれよう。しかし北海道における馬鈴薯の生産量は概ね3億貫に上り、全国における生産の4割以上に及んでいるが、このことは北海道における馬鈴薯栽培が全国的見地からも極めて重要な役割を果していることを意味する。ことに、北海道産馬鈴薯が単に食用ばかりでなく、種薯用として例年ほぼ120万俵に近い数量が府県に移出されている事実は、全国的に馬鈴薯の生産が北海道における馬鈴薯栽培の成果に依存することの極めて大きいことを如実に示すものといつてよい。しかし馬鈴薯が経営上不可欠の安定作物であるとはいえ、生育期間中絶えず病害虫の脅威にさらされ、病害虫防除の徹底を期さない限り生産の安定は望まれないこともまた周知のとおりである。ことに病害虫、就中病害の大半が種薯によつて伝染する関係上、病害防除の完璧を期して健全無病の種薯を生産することが北海道のみならず、全国の馬鈴薯生産増強に及ぼす影響の至大なことも自明の理である。

従来北海道における馬鈴薯病害としては、馬鈴薯疫病、馬鈴薯夏疫病、馬鈴薯黒悲病、馬鈴薯萎縮病類等糸状菌によるもの、またはウイルスによる病害が重視せられ、放線状菌による馬鈴薯瘡癩病を別にすると、真正細菌による病害としては僅かに馬鈴薯軟腐病のみが注目されていたに過ぎず、馬鈴薯の細菌病について一般の関心は薄く、研究もほとんど進められていなかつた。しかるに1947年に田中一郎氏及び著者は馬鈴薯輪腐病が北海道に発生していることを確認した。本病は1940年前後アメリカ合衆国及びカナダにおいて猖獗を極めた細菌病であつて、本邦に侵入するのを厳に警戒していた病害である。本病はその後数年にして北海道全地域のみならず、全国各地にも分布することが知られた。これと時期を同じくして上川北部地方において従来馬鈴薯凋萎病と称せられてい

た病害が激発したが、著者は本病が *Fusarium* 性病害として取扱われていたことに疑問をいだき、1948年以降本病病原について検討を加えた結果、本病原が1種の細菌、すなわちナス科植物青枯病菌であることを確認し、本病は馬鈴薯青枯病に他ならぬことを明かにした。これら馬鈴薯輪腐病、馬鈴薯青枯病及び馬鈴薯軟腐病の3細菌病は北海道における馬鈴薯生産にそれぞれ重大な支障を与えているばかりでなく、種薯非生産地帯に主として発生する馬鈴薯青枯病を除く他の2病害は府県へ移出される種薯中にも見出されることが多かつたため、北海道産種薯の声誉を失墜させる禍根ともなつた。このように第二次世界大戦後俄かに北海道における馬鈴薯の栽培にとつて細菌性病害の重要性が認識せられるに至り、緊急これが防除対策の樹立を要請されたのである。

これらの病害の問題化した経緯上、その応急的な防除対策の樹立及び実施とこれに伴う技術的解明が先行し、病理学的究明において未だ欠けることが多いのは遺憾であるが、著者はこれらの細菌病、特に馬鈴薯輪腐病及び馬鈴薯青枯病について性状の究明に努め、防除法の確立を図るべく調査を進めた。馬鈴薯輪腐病については特に病徴判定の困難性に鑑み、症状発現と病原細菌の組織内分布との関係を究明し、種々の本病診断法の優劣と実用価値を検討するとともに、病原細菌の細菌学的性状を明かにし、その寄主体侵入経過及び伝播経路を調査した。また、本病と馬鈴薯品種との関係、本病発生環境等についても調査を進め、さらに本病防除上採り上ぐべき対策を検討した。本病は1950年乃至1952年頃発生最も著しかつたが、著者は各関係機関の本病防除対策の実施により発生著減しつつある経過を示すとともに、本病防除に関するこれらの努力にもかかわらず、今なお本病発生の根絶しない理由の検討に努め、今後特に注意すべき防除対策を論じた。前述のように著者は *Fusarium* 性病害とされていた馬鈴薯凋萎病が馬鈴薯青枯病に他ならぬことを確認したが、この暖地性病害と認められる馬鈴薯青枯病が寒冷地の北海道、しかも北部地方に猖獗するという特異発生相の災態及び原因の把握に努め、病原細菌の一

般性状を調査し、本病防除上必要な対策を論じた。この馬鈴薯輪腐病及び馬鈴薯青枯病についての調査結果については既に報告（輪腐病については當場報告第6号、青枯病については當場報告第4号）したのであるが、ここにその後の調査による知見を加えて両者を要約し、あわせて馬鈴薯軟腐病、その他の細菌病についての見解を加え、北海道における馬鈴薯の細菌病に関する諸問題を総括して論述することとした。

本調査研究に対して常に懇篤な御指導を賜わった栃内吉彦博士に深甚の謝意を表し、また本調査研究の遂行に絶えず鞭撻と助言とを与えられた北海道農業試験場場長桑山覚博士及び病理昆虫部長田中一郎氏に衷心感謝の意を表す。馬鈴薯輪腐病の研究については北沢健治、故中村藤枝、安藤隆、春貴紀男、桑山隆、舟山広治の諸氏、馬鈴薯青枯病の研究については春貴紀男、舟山広治の諸氏が熱意ある援助を寄せられたことに深く感謝する。なお、調査研究実施上多大の便宜を供与された各関係機関及び関係諸氏に感謝する。特に北海道農業試験場元作物部長吉野至徳氏（現北陸農業試験場長）、同第4研究室長永田利男氏、北海道立農業試験場元美深分場長小山八十八氏（現十勝支場）、元嘱託故阿部太五郎氏、北海道大学元助手星野好博氏（現東北農業試験場園芸部）、助手四方英四郎氏、北海道農務部中川謙吉氏（現網走支庁産業課長）、横内道明氏、寺田一寿男氏の各位より寄せられた御厚情にも衷心感謝の意を表す。

Ⅱ 馬鈴薯輪腐病

(1) 欧米各国における本病の発生沿革

SPIECKERMANN (1910) が1908年ドイツにおいて馬鈴薯の1種の細菌性導管病を発見し、1913年にこれを *Bakterienringfäule der Kartoffel* (*Bacterial ring rot of potatoes*) と命名し、翌1914年には KOTTHOFF と共著で病原細菌について詳細な論文を公表した。これらが馬鈴薯輪腐病に関する最初の記録であるが、1904年当時ドイツに発生していたという *Bakterienringkrankheit der Kartoffel* (APPEL-1906) もおそらく本病でないかという見解もある (SPIECKERMANN & Ko-

TTHOFF-1914, STAPP-1927)。

本病はその後ドイツを中心として北ヨーロッパ各国に分布することが知られ、次いでカナダ及びアメリカ合衆国にも侵入したが、この分布の経過及び被害の状態については當場報告第6号に詳説したとおりで、現在本病の分布はイギリス本土及び南ヨーロッパを除く世界の全地域に及んでいる。本病がヨーロッパからカナダ及びアメリカ合衆国に侵入したのはほぼ同時期とみられ、カナダでは1931年にケベック地方に (BARIBEAU-1931, 1935)、アメリカ合衆国では1932年に種薯生産地のメーン州に発生することが知られた (BONDE-1937)。しかし、カナダ及びアメリカ合衆国では本病は最初病原細菌が不明の疾病として別の病名が付けられていたもので (BARIBEAU-1931, 1935 SAVILE & RACICOT-1937, BONDE-1937)、1938年 BURKHOLDER がこの病原細菌を同定するに至って初めてドイツにおける *Bakterienringfäule* と同一疾病であることが確認された。この間、本病はカナダ及びアメリカ合衆国の各地に急速に蔓延し、1940年頃には猖獗を極めて馬鈴薯栽培に重大な脅威を与えるに至った。このためカナダ及びアメリカ合衆国においては本病、特にその診断及び防除に関する研究が一斉に進められ、幾多の知見が発表され、本病撲滅のため厳重な措置が講ぜられるようになった。この結果、本病の被害は最近漸く軽微になりつつあるが、今なおこれが防除のため悩まされつつあるのが現状であるという。

(2) 北海道における本病の発生沿革

馬鈴薯輪腐病の発生が北海道において正式に記録されたのは1947年で、この発見の経緯、分布の経過等に関しては、既に當場報告第6号に詳述した。すなわち著者は、1947年7月下旬、恵庭町島松北海道農業試験場馬鈴薯試験地及び札幌市琴似町北海道農業試験場の圃場、あるいは早来町元安平村及び恵庭町の馬鈴薯採種圃の馬鈴薯に発生した1種の凋萎性疾病が馬鈴薯輪腐病の症状に酷似

することを認めて調査を進め、翌1948年3月前記発病圃場産の貯蔵塊茎の症状を調査してその確信を深め、病原細菌の検出及び分離培養に成功した結果、これが馬鈴薯輪腐病であることを同定するに至つたのである。

本病の発見された当時はその分布は局部的なものとも考えられたが、1948年春期には本病病薯、あるいは本病の初期被害株が各地で発見され、その発生経路からみて本病は当時既に広く分布していたのでないかと推定されるに至り、この推定は同年夏期における本病発生の実態調査によつて如実に裏書された。すなわち、同年11月北海道農務部農政課の発表によると、本病はほとんど全支庁管内に分布し、原種圃及び採種圃における発生は全面積の約10%、1,353町歩に及んだ。当時は本病の発生が島松馬鈴薯試験地で育成した新品種「馬鈴薯農林1号」、「馬鈴薯農林2号」、「島系30号」等に多く、「男爵薯」、「紅丸」等の在来品種に僅少であつたことが注目された。

1949年には本病に対する一般の認識も深まり、調査も行届いたため、本病発生町村数は前年の56町村よりも倍増し、新育成品種（種薯栽培は禁止されたが一般用には栽培されていた）は勿論、在来品種の発病したものも続々発見された。さらにその後本病発生分布調査の進捗に伴い、本病発生町村は逐次明かにされ、1951年頃の馬鈴薯栽培町村には特殊の町村（漁村、または水田地帯の町村で種薯更新をほとんど行わなかつたところ）を除いてほとんど全部にわたつて本病が一応分布した状態となつた。また全般的には各支庁管内でも種薯栽培に熱心で、原種栽培を行なつた町村ほど早くから本病に汚染されていたことが認められた。なお、本病は当初原種圃及び採種圃以外には発生がまれであつたが、逐次食用、澱粉用の一般圃場にも広く浸透するようになり、1952年度における農業改良課の調査によると、調査市町村208箇所のうち、77%以上に既に分布していることが示された。

本病の発見が第二次世界大戦終結後間もない頃であつたので、当初本病は戦後の混乱時期に外国ことにアメリカ合衆国から本邦に侵入したものと

推定する人が多かつた。すなわち、当時のわが国の状況では輸入植物に対する検疫の完全を期し難かつたことや、占領軍の放出食糧、あるいは占領軍関係の食糧としての雑穀、馬鈴薯等が一部においてひそかに種苗用に供されていた事例がこの推定の根拠となつたのである。しかし、著者は既に（報告第6号）に述べたように、本病は戦前既に北海道に侵入していたものと解している。その理由を要約すると次のとおりである。

1) 戦後占領軍関係の馬鈴薯を入手して内密に栽培していた事例もあるが、その栽培地域における本病の発生は必ずしも濃厚ではなかつた。

2) 1947~48年には本病は主として原種圃及び採種圃に発生しており、また「馬鈴薯農林1号」、「馬鈴薯農林2号」、「島系30号」等、島松馬鈴薯試験地で育成され、1943年以降、各試験機関、恵庭町等での第1次原種栽培を経出したものに系統的に多く発生していた。

3) 1943~44年頃に配布された新品種の原々種を栽培した恵庭町の某農家は当時においても栽培中、あるいは貯蔵中に現在見られるような株の凋萎、塊茎の腐敗を経験したと述べている。

4) 島松馬鈴薯試験地における本病発生の正式の記録は1947年であるが、同試験地職員の観察、同試験地事業成績に示された塊茎の腐敗の記録の逐年増加の傾向、新品種と接触の少ないウイルス病被害品種の隔離圃場での塊茎腐敗がほとんど皆無であつた事実、あるいは田中（1950）が示した事例等から推定すると、本病は同試験地に1942年頃既に存在していたのでないかと疑われる。

5) 島松馬鈴薯試験地が開設された1937年以前に他の馬鈴薯試験地に本病が発生していたとすると、農林系、島系以外の在来品種が先ず本病に汚染されているべきであるが、実情は全く反対である。

従つて、本病は島松馬鈴薯試験地開設にもち込まれ、同試験地で育成された新品種が各地に配布された当初既に本病を保有していたのでないかと想像されるのである。しかして、同試験地に海外から輸入された種薯の輸入年度及び輸入先と同試験地における本病発生との関係を検討してみる

と、1939年5月に輸入されたドイツ産の「ステルケライヘ1号」、他2品種の種薯に本病が混入していた疑いが濃厚である。

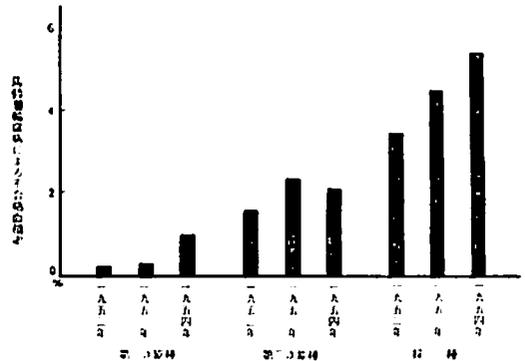
なお、1939年輸入のものは同時に秋田県刈和野試験地においても栽培されているので、本病は同時に同試験地にも侵入したのではないとも疑われるが、この点はもはや確かめることはできない。(同試験地では本病が1947年には確かに発生していたことが知られている)。

(3) 北海道における本病の発生現況

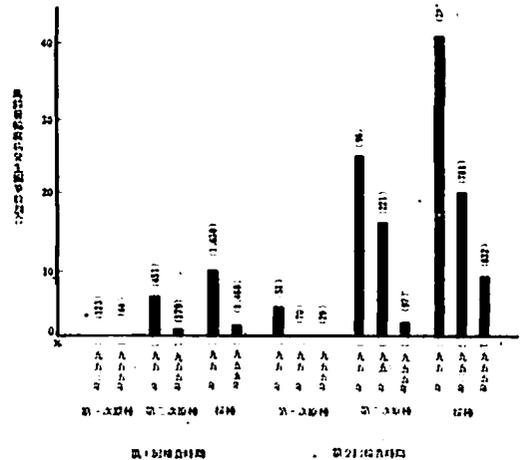
前述のように本病は1951年前後に北海道の大半の町村に分布するに至り、その発生増加の趨勢は北海道における馬鈴薯の栽培に一大暗影を投じつつあった。しかし、本病発見以来農林省、北海道及び各関係機関が講じつつあった防除対策の効果が次第に現われ、1952年頃を峠として本病の発生は次第に減少の傾向を示している。すなわち、本病発祥地となつた島松馬鈴薯試験地では1951年以降全く本病の発生が認められない状態となり、1948年発足当初に本病の発生を認めた農林省馬鈴薯原々種農場4場(中央、胆振、後志及び十勝各農場)においても現在全く健全無病の原々種を配付しつつある。町村においても、ことに早くから本病に汚染された町村において、現在既に本病の駆逐に成功し、ほとんど発生が認められなくなつたところも少なくない。農林省食糧事務所及び北海道種馬鈴薯検査協会の圃場検査の時代を経て1951年以降、植物防疫法による国営の種馬鈴薯検査が実施され、この検査の強化と原々種農場産原々種の系統増殖栽培の徹底とによつて本病の原種圃及び採種圃における発生は逐減しているといつてもよい。農林省農業改良局植物防疫課の資料(1954)によると、原種圃及び採種圃の馬鈴薯輪腐病による検査不合格率は1952年以降もむしろ増加している(第1図表参照)。しかし、これは圃場検査が次第に徹底してきたこと、特に防疫補助員の技術の熟練による本病発見の機会が多くなつたためと見るべきで、実際の本病発生率は減少していると

解すべきである。この実証の例に農林省横浜植物防疫所の資料を挙げることができる。

すなわち、植物防疫官が第1回検査時期(階層別検査時期)及び第2回検査時期(輪腐病対象検査時期)に直接抽出した圃場を検査した場合の本病発生率を1952年、1953年及び1955年の3ヶ年について比較したものであるが、第2図表のように



第1図表 北海道における原種圃及び採種圃の馬鈴薯輪腐病による検査不合格率 (農林省農業改良局植物防疫課資料による)



第2図表 植物防疫官抽出検査による原種圃及び採種圃の馬鈴薯輪腐病発生率 (農林省横浜植物防疫所札幌支所の資料による)

1952年に比して1953年には本病発生率が低下し、

1955年にはさらに著しく低下している。

現在原種圃及び採種圃に供用する種薯はほとんど原々種農場産の系統であり、1955年に採種圃で栽培された種薯は原則的には1952年に原々種農場で生産されたものである。1951年度以降の原々種はほとんど無病と認められるから、この系統増殖栽培にもかかわらず上記のような本病の発生が認められることはむしろ奇異である。この事態は系統栽培過程における本病再感染によつて惹起されたものとみられるが、この再感染の突進、その原因の究明については別に論及する(本章(15)参照)。

しかし、原種圃及び採種圃での本病の発生減退の傾向に反し、食用、澱粉用等一般栽培圃では本病はむしろ広く浸透し、一部においては発生増加の傾向にあつて逆に原種及び採種栽培のものを汚染する危険性を如実に示しており、今後原種圃及び採種圃においても防除対策をゆるがせにすれば再び往時のような被害を現出するおそれがあるというべきである。

(4) 府県における本病の発生現況

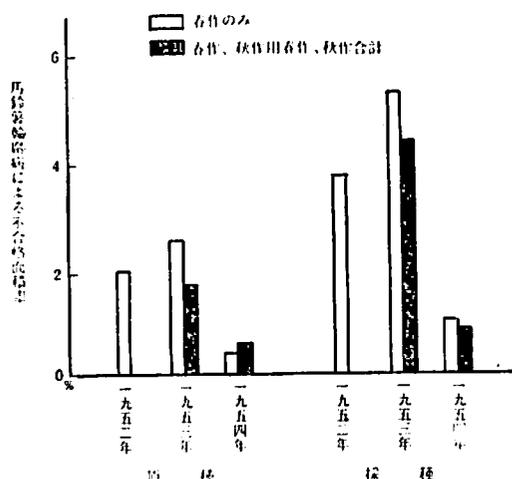
北海道において本病の発生が正式に記録された翌年、すなわち1948年には府県にも本病の発生することが知られた。しかし、当時はまだ本病に対する認識も浅く、主として試験機関の圃場、農林省馬鈴薯原々種農場等で本病が発見された程度であつた。その後本病に対する認識が深まるとともに、1949年以降統々と各地で本病が発見され、1950年乃至1951年までには大半の府県に本病の分布することが知られた。なお、既述のとおり、島松馬鈴薯試験地に送付された秋田県下刈和野試験地における1947年産の種薯中に本病病薯が発見されていることや、島松及び刈和野両試験地と各府県試験機関との種薯移動交流の事情等を考慮すると実質的には本病は1947年以前に既に府県にも発生していたのでないかと考えられる。

最近ではその例が少ないが、4、5年前には北海道産種薯を移入した府県において、移入当時、貯蔵時、あるいは播種前に多数の本病病薯が発見

され、あるいは多量の腐敗欠減が生じ、府県と種薯生産地との間に種々の問題が起つた例が少なくない。この場合、北海道の実情に照合してあまりにも高率な病薯混入率、あるいは腐敗率が往々報告されたことがあり、おそらく凍害、疫病その他による腐敗もすべて本病にかこつけられた嫌いもあるが、いずれにしても北海道産種薯が府県における本病発生の大きな根源となつたことは否定できない。しかし、府県に移入された北海道産種薯の後裔による本病の継代蔓延は高冷地、寒地等以外ではあまり問題にならない。中川及び白坂(1950)は福島県において、栃木県農業試験場(1949)は栃木県において本病の被害薯は収穫時、あるいは貯蔵中に腐敗することが多いと報じ、向、土屋及び草葉(1950)も暖地では本病は自然に淘汰されやすく、一般に種薯移入当年の被害で終ることが多いと述べている。ヨーロッパの例でもBELOVA(1940)はソ連邦の南部地方では中、北部地方よりの種薯移入当年に本病が相当発生しても、後裔では漸次消滅すると報じている。すなわち、暖地では本病病薯は植付後他の腐敗細菌や青枯病菌の混生によつて腐敗し、あるいは病原菌の活動が抑圧されて発生が軽微となり、収穫時に残存した病薯も貯蔵中に腐敗枯死して自然消滅することが多いものとみられる。また一方、北海道においても種薯に対する検疫が逐年強化されており馬鈴薯輪腐病を保有する種薯の府県に移出される危険性は極めて稀薄となつてきている。ただ一般栽培のもの、あるいは種薯不合格のものが特別な経路で府県にもち込まれて種薯に供されているものには危険が多い。

府県では北海道産種薯のほか上北、碓氷及び八ヶ岳の各農林省馬鈴薯原々種農場産原々種を特定府県で系統増殖し、これをも一般栽培の種薯に供している。すなわち、前記の原々種が青森、岩手宮城、福島、群馬、山梨、長野、岡山、広島及び長崎の各県でそれぞれ系統増殖され、自県及び他府県に配付されている。上記各県の原種圃及び採種圃における本病の発生程度を検疫結果からみると(農林省農業改良局植物防疫課—1954)、1954年には著減していることがわかる(第3図表参

照)。すなわち、1954年には原種4,105反のうち本病発生のため不合格となつた面積は19.8反で、不合格面積率は0.5%であり、採種18,266反のうち本病による不合格面積は162.2反で、その割合は0.9%である。この発生率は同年の北海道における発生よりもやや低い。一般栽培圃における本病発生の実態は把握し難いが、系統増殖の検査合格種薯で更新することにより、その被害が軽減されることは当然期待してよいであろう。



第3図表 府県における原種圃及び採種圃の馬鈴薯輪腐病による検査不合格率
(農林省農業改良局植物防疫課資料による)

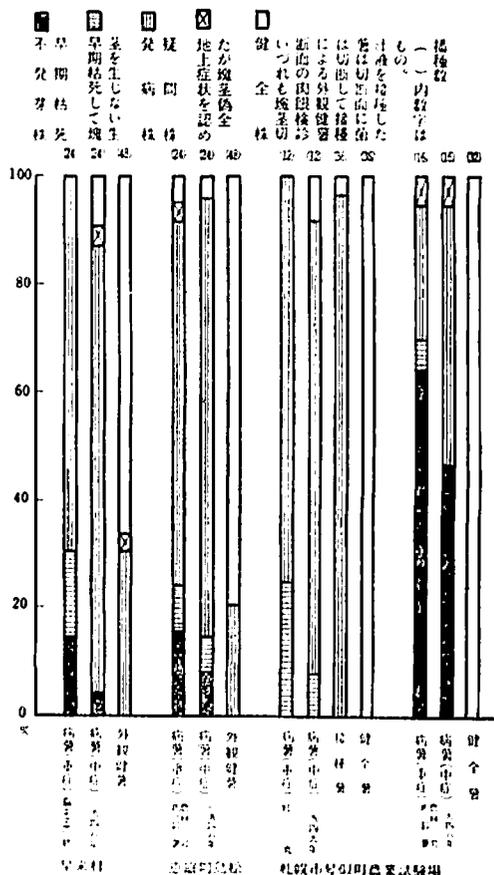
(5) 本病による被害実態

本病による被害を的確に評価することは、本病症状の診断が困難なこと、二次的な病害虫の被害を伴いやすいこと、本病被害の発現が種々の時期に認められること等のため極めて困難である。特に馬鈴薯の地上部茎葉に本病症状が認められなくとも塊茎が発病していることがあり、また塊茎の外観及び内部の肉眼的検診のみで発病の有無を判定することの不可能な場合があるので、本病の馬鈴薯収量に及ぼす影響を正確に評価することはできない。従つて、単に塊茎の肉眼的検診に基づき本病の収量に及ぼす見掛け上の影響を論ずるに過ぎないのは止むを得ないところである。これに関

しては既に前報告において詳しく検討を加えたがここにその大要を示すと次のとおりである。

1) 本病の病薯を播種すると第4図表に示したとおり、不発芽及び早期枯死による欠株を生ずることがあり、ことに症状の進んだものでは欠株率が高くなる。しかし、症状の軽いものでは普通開花期前後まで外観健全に発育する。

1948~49年頃は本病に対する認識も少なく、症状の甚しい種薯の播種されたことが多いため、発芽不能及び早期枯死による欠株も相当多く認められたが、現在本病の発生も少なく、また本病に対



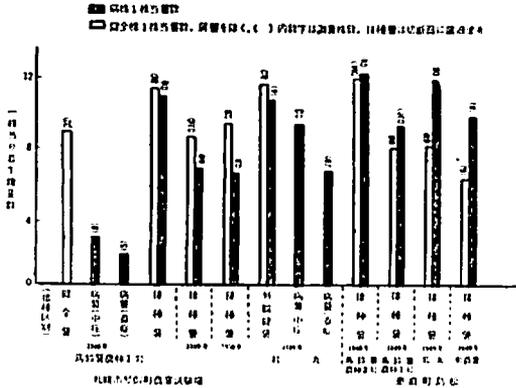
第4図表 馬鈴薯輪腐病病薯を播種した場合の欠株生成率

する認識の深まつた原種及び採種栽培では病薯自体による欠株はほとんど問題とならない。ただ、食用、澱粉用等一般栽培では往々種薯に対する注

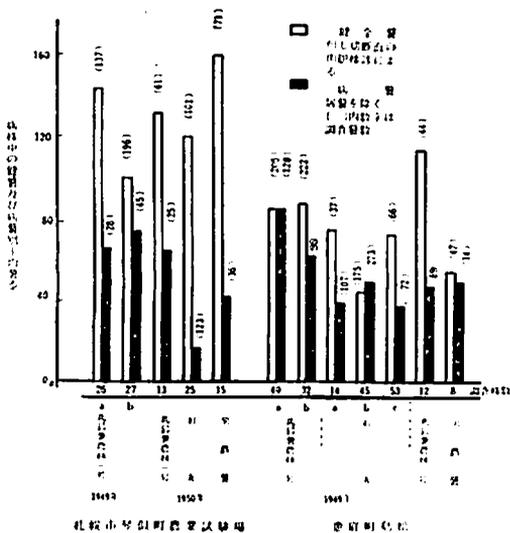
意を欠き、病薯播種による欠株生育も時として等に付し難い場合がある。

ずしも少数になるとは限らない。すなわち、病勢の進行状態によつて病株の着生塊莖数が多少影響を被るものと認められるが、一般に収量減の大きな要素となるほどのものではない。

(d) 同一試験圃場内の病株について病薯と残余の健全薯との平均薯重を比較した結果は第6図表のとおりで、病薯の方が総体的に軽量である。勿論、個々の塊莖については大きさ、症状の程度等により、健病と重量との関係が一様でないのは当然である。



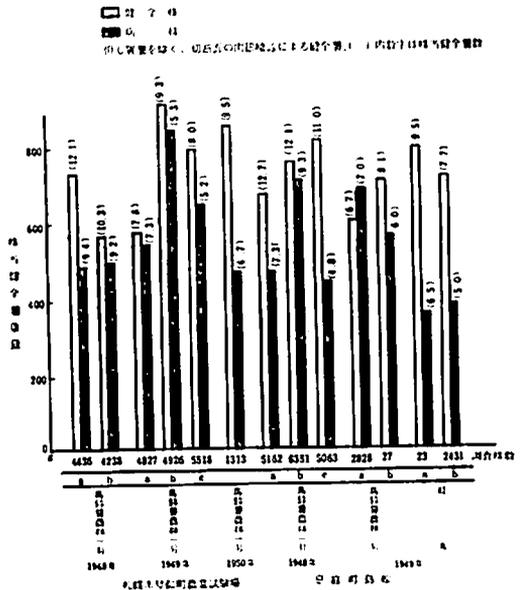
第5図表 馬鈴薯輪腐病病株と健全株とにおける1株当着生塊莖数



第6図表 馬鈴薯輪腐病病株中の健全薯と病薯との薯重比較

2) 馬鈴薯の見掛け上の収量減に及ぼす要因としては、欠株生成以外に次の諸点が考慮される。

(i) 同一試験圃場内での収穫期における健全株と病株の1株当着生塊莖数を比較すると第5図表のとおりで、症状の甚しい病薯を播種した場合の病株では着生塊莖数が健全株のそれに比して少ない。しかし、病原細菌を接種した種薯を播種した場合の病株では健全株に比して着生塊莖数が必



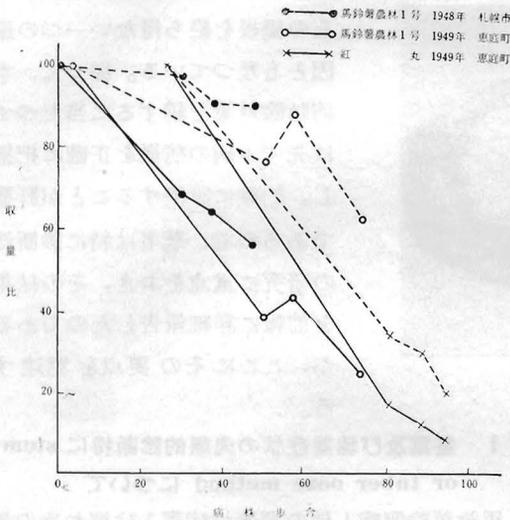
第7図表 健全株と馬鈴薯輪腐病病株中の健全薯の株当収量比較

(v) 発病率が約50%であつた同一試験圃場、同一試験区での健全株1株当収量と病株中健全薯のみの株当数量を比較した例を第7図表に示したが、多くの場合病株収量は健全株収量よりも低い。病株1株当健全薯数が健全株のそれより著しく少ないときはその収量差の甚しいことは当然であるが、健全薯1薯当重量が病株の場合にむしろ多くなる傾向があるため、両者間の健全薯数に著しい差がない場合は収量差も著しくなく、また時には逆の結果を示した例もある。健全薯1薯当重量が病株でむしろ多いことは、大薯に発病少なく小薯の発病が多いことを示すようにもみられるが

この点は確かめられなかつた。

(二) 従つて、病株が多いと健全薯収量が少なくなることは当然で、同一試験圃場、同一試験区の数例を示した第8図表はこの関係を明白に裏書きしている。

すなわち、病株歩合と健全株収量とは概ね逆比的な関係にあることを示し、健全株の収量のみを対象とするときは病株歩合によつて減収率が概ね推定される。しかし、病株中の健全薯を含めた健全薯合計収量を対象とすると、減収率は病株歩



第8図表 馬鈴薯輪腐病発生程度と減収との関係

合ばかりでなく、病薯数歩合にも左右されてくる。病株の全薯数に対する病薯数歩合が病株歩合の低い場合に多いこともあるので、病株歩合と病薯数歩合とは必ずしも正比的な関係を示さないことがある。しかし、多くの場合病株歩合が高いほど、病薯数歩合も概して高い傾向を示し、両者を総合して全体的に減収率も高くなる。

3) 収穫時において外観上健全と認められた塊茎でも内部に病原細菌が潜在していて貯蔵中、あるいは輸送中に症状が進み、外部に症状が現われるとともに腐敗崩壊することがある。この場合の塊茎腐敗率は生産圃場における本病発生程度、収穫時における塊茎選別程度、貯蔵条件等によつて異なるが、過去において10%を超えた例もある。

特に貯蔵前の選別が不十分な場合にはその腐敗率の高いことは当然である。

以上のように本病によつてもたらされる被害の要素は SKAPTASON (1943), BARIBEAU (1948) 等が指摘しているとおり、圃場における塊茎腐敗による収量減と輸送、貯蔵中における塊茎腐敗による欠減が主要なものであり、特に採種栽培にあつては検査不合格と収量減とが農家経済に大きな影響を与えるものといつてよい。しかして本病の損害の影響が生産農家のみならず、種薯の配布をうけた農家にも及び、両者間に係争を起す場合が少なくない。

(6) 本病の病徴

本病の病徴については既に當場報告第6号に詳述したので、ここではその特徴のみを要約するにとどめる。

馬鈴薯の茎葉における病徴は、普通7月中旬以降下葉部が緊張を失つて萎凋してくるので注意せ

られる。凋萎葉は最初僅かに褪色し、葉脈間の一部が淡黄色となつて緑色部と斑入りの状を示し、後次第に全体が黄変してくる。時には黄色の暈状斑点を生ずる。葉縁部は僅かに上方に内捲し、壞疽をおこして次第に黒褐変する。かかる病

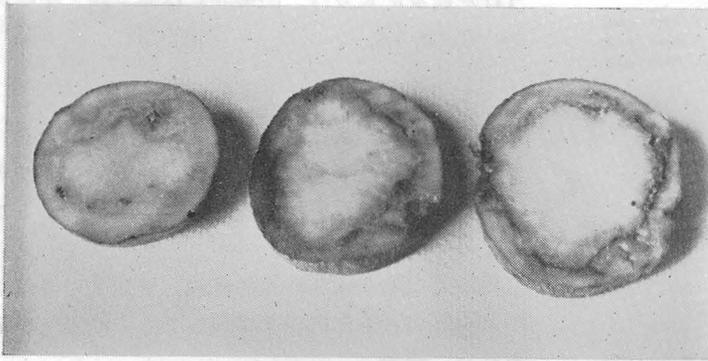


第1図 馬鈴薯輪腐病病株の葉の凋萎状態 品種「馬鈴薯農林1号」(桑山隆氏写)

徴は常に下葉から始まり、次第に上葉に及び、茎頂部も活気を失つて萎垂れてくる。凋萎葉は早期に枯燥し、茎は立枯状となる。この病徴は株の全

茎に現われることもあるが、1株のうち1茎乃至数茎にのみ現われ、残余の茎が健全に見えることも多い。なお、重症の病薯を播種したものでは往々6月中、下旬、発芽後間もない繊弱な茎葉に病徴が現われることがある。この場合茎は総体として伸長不良、節間短縮が目立ち、活気のないずんぐりした形状をとることが多い。

病株の茎、葉柄、ストロン及び根を切断して切断面の周壁を強く圧すると、変色していない維管束部から病原細菌を充満した乳白液が滲出してく



第2図 馬鈴薯輪腐病病薯 (西山保直氏写)

る。これらの器官は外観上異状を示さないのが普通であるが、末期には二次的侵害菌のため褐変あるいは赤褐変し、縦裂したり、軟腐状となることがある。

塊茎では維管束部を中心とする病変部が輪状に乳黄色を呈し、さらに進んで淡褐色、時に黒褐色に変じ、病変組織はその後次第に崩壊して内部の肉質髓部と完全に分離するに至るが、まれに塊茎基部から中心部へ全面的に肉質髓部が乳黄色に変ずることもある。切断した塊茎を強く握りしめると病変部の碎けることが特徴で、また本病原細菌のみの侵害のときは決して悪臭を発しない。しかし多くの場合、二次的に侵入した腐敗細菌類が周囲の組織を速かに侵し、全薯あるいは一部組織を軟腐させて本病の病状を混乱に陥し入れる。塊茎の外皮は当初ほとんど異状を呈しないが、次第に基部あるいは芽部が淡赤褐変し、僅かに軟化凹陷する。症状がさらに進むと変色部が拡大し、維管束部に達する亀裂を生ずる。

地上部の茎葉に病徴が認められない株でも塊茎が発病している場合もあり、また塊茎内部の症状が肉眼的に全く診断できない場合があることに留意しなければならぬが、この点については次節で述べる。

(7) 本病の診断法

本病診断の困難なことが過去においてアメリカ及び本邦等における本病の発見、あるいは病名の決定を遷延させた大きな原因であり、また現在においても本病の発生を看過し、その禍根を絶ち得ない一つの原因ともなっている。従つて、本病防除対策を講ずるに当たつては先ず本病の病徴を正確に把握し、的確に診断することが肝要であるので、著者は特に診断法の研究に重点をおき、その結果を前報に詳細報告したのであるが、ここにその要点を記述する。

1 茎葉及び塊茎症状の肉眼的診断特に stem or tuber ooze method について

馬鈴薯輪腐病と他の凋萎性病害とは概ね次の地上部症状の差異で区別される。すなわち、馬鈴薯黒脚病では当初から地際部が黒変軟腐するが、馬鈴薯輪腐病の早期発病株では最初から黒変軟腐することがない。また、馬鈴薯炭疽病の場合には茎の病斑部が折損しやすく、該部に黒色小粒点が密生し、馬鈴薯軟腐病の場合には茎の一部に折損傷痕部の存することが多く、その上部は緑黄色水潤状に凋萎軟腐し、馬鈴薯黒瘧病の場合には地際部に気生塊茎を密生したり、頂葉部が多少赤紫色を帯びて捲葉するが、これらの点は馬鈴薯輪腐病の場合には全く認められない。馬鈴薯フザリウム性凋萎病の場合は凋葉の黄変、葉縁の下捲乃至波状捲縮等で、馬鈴薯青枯病の場合は急激な褪緑凋萎捲葉等で凋葉の黄斑、葉縁の黒褐化、上捲等の特徴を有する馬鈴薯輪腐病とは区別が可能である。しかし、これらの凋萎性病害、特に馬鈴薯輪腐病

馬鈴薯青枯病及び馬鈴薯フザリウム性凋萎病の3者がそれぞれ典型的な症状を示さない場合、あるいは発病末期になると区別が困難になることがあり、馬鈴薯の品種、環境条件によつては全く区別し難いことがある。更に、これらの凋萎性病害と湿害、早害、ケラの害等との区別も容易でないことがある。このように地上部の凋萎症状で病名を決定できない場合は凋萎株の塊茎を調査する必要がある。この場合馬鈴薯輪腐病、馬鈴薯青枯病、馬鈴薯軟腐病、馬鈴薯黒脚病、あるいは湿害以外のものでは塊茎が腐敗していないので問題とならない。腐敗薯が存在していた場合、その外皮に亀裂を生じていたときは馬鈴薯輪腐病の疑いが濃厚で、この塊茎または同一株の他の塊茎を切断したときに維管束が乳白色乃至乳黄色に変色し、塊茎を握りしめると該変色組織の崩壊するものが存在すれば、馬鈴薯輪腐病による凋萎株と判定することができる。すなわち、塊茎の維管束を侵す他の病害としては馬鈴薯青枯病及び馬鈴薯フザリウム性凋萎病が知られているが、前者は初めから維管束が黒褐変し、該部から細菌粘液を漏出するし、後者は基部近くが凹陷して褐変するか、または維管束が単に淡褐色に変色するのみで、該組織の崩壊、細菌液の分泌を伴わないからである。しかし、夏期においては馬鈴薯輪腐病の病薯は軟腐を伴いやすいから、馬鈴薯軟腐病や馬鈴薯青枯病の末期症状と区別できないことが多い。更に塊茎に症状が現われていない凋萎株では原因の究明がいよいよ困難となる。従つて、夏期において茎葉の凋萎及び塊茎の腐敗の肉眼的検診のみによつて馬鈴薯輪腐病の判定を下すことはかなり危険性を伴うことになる。

この欠陥を補うためにはむしろ stem ooze method を用いるとよい。すなわち馬鈴薯輪腐病の病薯の維管束はほとんど変色しないで（但し末期には二次的に褐変することがある）、茎部を握りしめると切断面の維管束から乳白液が溢出してくることを利用し、凋萎株の茎の地際部を横切し、切断面維管束の変色状態及び該部からの乳白液溢出の有無を検する方法を採るのである。他の凋萎性病害、たとえば馬鈴薯青枯病では罹病

茎維管束部が普通には褐変しており、該部から汚白粘液が溢出してくる。また、馬鈴薯フザリウム性凋萎病の病薯では維管束部、あるいは皮層の一部が褐変しているが、強く圧しても褐変部から乳白液、汚白粘液等特異な汁液を決して溢出しない。また、早害、その他生理障害の場合でも馬鈴薯フザリウム性凋萎病の場合と同様の現象を呈する。馬鈴薯軟腐病、馬鈴薯黒脚病、馬鈴薯炭疽病等の場合は茎の切断面が全面的に軟腐、あるいは繊維化し、または空洞化している。従つて凋萎茎の stem ooze method によつて特に変色していない維管束部から乳白液が溢出してくる場合は馬鈴薯輪腐病と認めても誤りはない。幾多の調査例においても、維管束部から溢出した乳白液中にはグラム染色検査で常に馬鈴薯輪腐病菌が証明された。著者は圃場における本病診断の決め手として本方法を常に採用しているのであるが、本方法を実施する場合、凋萎茎の地際部以下のなるべく軟い茎の部分切断の方が判定しやすい。二次的侵害菌の影響で維管束部、髄部等が褐変しているときも、溢出液の状態で概ね判定できるが、逐次茎の上部を切断して確認した方が安全である。

しかし、凋萎茎の維管束部から乳白液を溢出しないものは馬鈴薯輪腐病でないかと断定することは誤りである。もともと乳白液が溢出するのは本病原細菌の密度が濃厚な場合であつて、その密度が稀薄な場合には乳白液として肉眼的に識別できないのは当然であり、この場合には維管束部汁液のグラム染色検査を行なつて本病原菌の存否を確かめる必要がある。しかし、圃場において迅速に診断する必要があるときは、凋萎茎、あるいは疑問茎について stem ooze method を用いて検査すれば充分であらう。

次に、収穫期、あるいは貯蔵中の馬鈴薯輪腐病薯の診断は生育期間中におけるよりも典型的な症状を示すことが多いから比較的容易であり、この場合塊茎の切断面を握りしめて維管束部組織が崩壊するか否かを検すれば一層確実に診断できる。この方法を tuber ooze method という。なお、凍結による腐敗薯が馬鈴薯輪腐病と誤認されることがあるが、この場合も tuber ooze method を

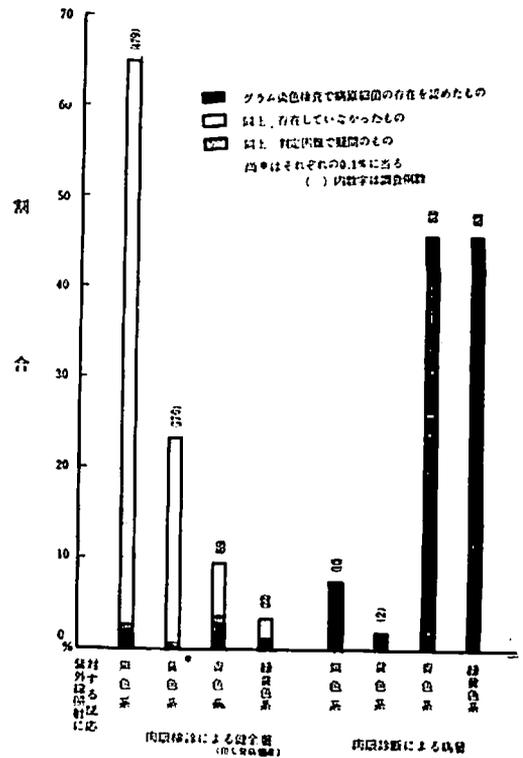
用いて検すれば判定を誤ることはない。勿論、本病原細菌が塊茎に侵入していても上記の病変を示さない場合もあるから、この証明には後述する紫外線照射法、グラム染色法等特殊な診断法が必要となつてくる。

2 塊茎の紫外線照射反応による診断

馬鈴薯輪腐病菌が産生する Rivoftavin が紫外線に反応して緑黄色蛍光を発することから、塊茎の切断面に紫外線を照射して馬鈴薯輪腐病菌の存在を判定する方法がアメリカの一部において利用されている (IVERSON & KELLY - 1940, IVERSON & HARRINGTON - 1942, GLICK, ARK & RACICOT - 1944等)。本邦においても本方法が早くから採用され、本病の防除上大きな役割を果たしてきた。しかし、著者が本方法による本病の診断技術、その効果等について検討した結果を要約すると次のとおりである。

塊茎の基部に近い部分を横切りとし、切断面に紫外線を照射すると、薯面の呈する色調、発光状態は多種多様であるが、維管束部の発光することが最も多く、皮層部に次ぎ、髓部の発光するものは比較的少ない。維管束部では一部、または全周が輪状に発光することもあるが、時に斑点状に発光し、しかも各様の発光状態の混在することが多い。皮層部でも周皮に沿つて全周が発光することもあるが、多くは斑点状に発光し、髓部でもほとんど斑点状に現われる。発光状態は千差万別であるが黄白色、淡黄色等の黄色系統のもの、青白色、青黄色、青紫色等の青色系統のものと、緑黄色の蛍光を示す緑黄色系統のものとの3群に大別される。緑黄色系統の発光は概ね維管束部に認められることが多く、他はいずれの部位にも認められる。第9図表は1948年及び1949年の2箇年にわたつて調査した本病発生圃場産の塊茎の切断面特に維管束部の紫外線照射に対する反応と本病原細菌との関係を総括したものである。これによると、肉眼検診で病薯と認められたものにはすべて本病原細菌が検出されているが、紫外線照射によつて緑黄色の反応のみを示すものでなかつた。すなわち、緑黄色系統の反応と青色系統の反応がそれぞれ45.7%を示したが、黄色系統のものが1.5

%、反応を示さない無色系統のものが7.2%も存在した。病薯の状態と反応との関係を検討してみ



第9図表 塊茎切断面の紫外線照射に対する反応と馬鈴薯輪腐病菌との関係 (1948年及び1949年2箇年合計)

ると、症状の軽微乃至中庸のものでは概して緑黄色系統の反応が顕著に現われるが、症状の進んだもの、特に褐色乃至黒褐色部、あるいは空洞を生じたものでは青色系統（これに緑黄色が斑点状に混合発現することもある）の反応が強く現われる。なお、褐色部にはそのままの色調が残る。黄色系統の反応、または無色のものは症状の極めて軽微なものか、あるいは却つて著しく進んだものに認められることが多く、また塊茎切断後時間の経過に伴う薯面の乾燥によつてこの発現が多くなる傾向があつた。

他方、肉眼検診で健全薯と認められたものは紫外線照射に対して反応を示さなかつた無色系統が64.7%及び黄色系統のものが23.0%で大半を占め

たが、青色系統を示すものが9.3%及び緑黄色系統のものが3.0%も存在した。これらの健全薯のうちグラム染色検査の結果、馬鈴薯輪腐病菌の検出されたのが4.3%に上つたが、紫外線照射反応との関係では無色系統のものに1.6%（無色系統全薯数に対して2.5%に当る）、黄色系統のものに0.1%（同系統全薯数に対して0.6%）、青色系統のものに1.6%（同系統全薯数に対して17.4%）及び緑黄色系統のものに1.0%（同系統全薯数に対して31.8%）の病薯が発見されたことになる。勿論、本調査は本病発生圃場産の塊茎について行なつたものであるから、本病無発生地産の塊茎では紫外線照射に対する反応も当然多少異なり緑黄色系統、青色系統のものの発現は少なくなるものと推定される。

すなわち、この結果を総合すると、紫外線照射に対して緑黄色系統及び青色系統の反応を示すものすべて本病原細菌が存在するとは限らないと同時に、黄色系統の反応を示すもの、あるいは無

反応のものには本病原細菌が存在しないとは断定できないことになる。しかし、大体において緑黄色系統の反応を示すものには本病原細菌の存在することが多いから、これを病薯として除去し、青色系統の反応を示すものもその危険性が多いから病薯、または疑問薯として除去すれば、看過される病薯の数は極めて少ないことが期待できる。何となれば病薯で黄色系統及び無色系統の反応を示すものは比較的少ないからである。しかして青色系統の反応を示すものにも病薯である可能性の強いものと、極めて弱いものがあり、これは色調発光部位、発光状態等で概ね区別される。しかし、その色調の変化は極めて微妙なので、適切に表現することは至難であり、経験と訓練にもとづく検定時の直感にまつよりほかない。ただ著者は前述の調査結果や、その他随時実施した調査結果にもとづき、紫外線照射による本病病薯鑑別の基準を一応次表のとおりに定めた。但し、肉眼診断で健全薯と認めたものを対象としたものである。

第1表 塊茎の紫外線照射検定による馬鈴薯輪腐病判定基準

発光部位、状態	判定	備考
(A) 維管束部に輪状、一部線状あるいは斑点状に緑黄色乳蛍光の発現するもの 青色あるいは黄色系統の色調のところ に上記の緑黄色部の現われたもの。周皮に接した皮層部あるいは髓部にもまれにこの反応の現われることもある	病薯	本病病薯でないものも一部混じていると思われるが、一般には病薯として除いた方が安全である
(B) 維管束部が輪状、あるいは一部黄色 黄白色を呈するもの	健全薯	維管束部の褐黄木栓化したものに多い
(C) 維管束部が輪状、一部線状、あるいは斑点状に青色、青白色、青黄色乃至青紫色の発光を示すもの	鈍い色調のもの 疑問薯 (特に斑点状に一部鈍青黄色を呈するものは病薯としてよい) 明るい色調のもの 健全薯	一般の場合はすべて疑問薯とした方が安全である
(D) 周皮に沿つて黄白色、乳白色を呈するもの	健全薯	品種によつて多く現われるものがある

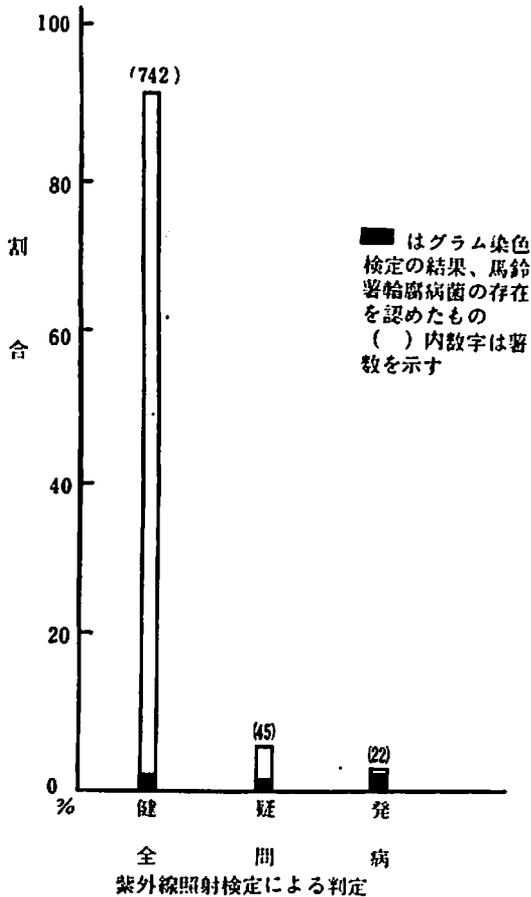
(E) 周皮に沿い、あるいは皮層部に斑点状に青紫色乃至青黄白色部の現われるもの	健全薯	疫病、炭疽病、傷痕部等に多く見られる
(F) 髓部に同上斑点の現われるもの	健全薯	

上記の基準にしたがい、1948年及び1949年において本病発生圃場産の塊茎の肉眼検診で健全と認められたものについて紫外線照射検定を行い、他方グラム染色検査を行なつて紫外線照射法による病

にも本病原細菌が検出された場合もあり、反対に紫外線照射で発病と判定されたものに本病原細菌が検出されなかつた例も少なくなく、紫外線照射検定の不適中率は総体として6.7%であつた。

なお、1948年産塊茎の肉眼検診による病薯152個について紫外線照射検定を実施したところ、3個は照射検定で健全の反応を示し(但し、病原細菌を検出した)、4個は疑問の反応、145個は発病の反応(但し、病原細菌を検出しなかつたものは疑問のものに2個、発病のものに2個)を示した。

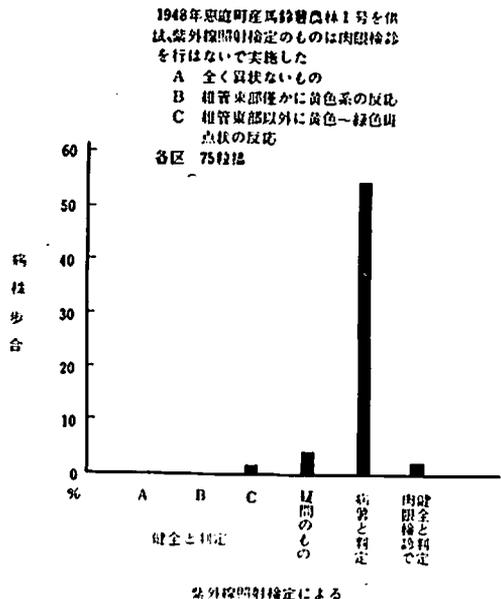
さらに、紫外線照射検定を行なつた種薯を圃場に播種した例を示すと第11図表及び第12図表のとおりである。



第10図表 肉眼検診による健全薯の紫外線照射検定による馬鈴薯輪腐病診断効果 (1948年及び1949年2箇年合計)

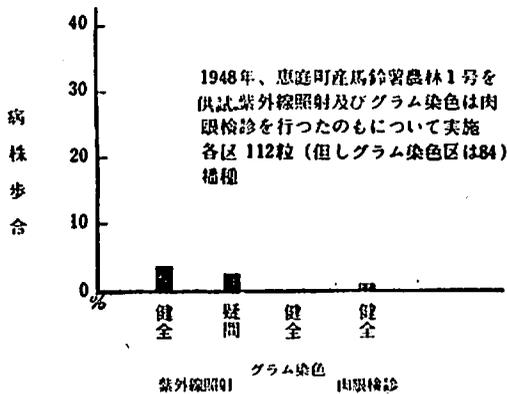
薯診断適中度を調査したが、その結果を総括したのが第10図表である。すなわち、肉眼検診による健全薯のうち紫外線照射で健全と判定されたもの

第11図表 種薯の紫外線照射検定による馬鈴薯輪腐病防除効果 (1)



これらの諸成績を総合すると、紫外線照射法は

必ずしも的確な診断法とは認められないということになる。すなわち、本方法は時には慎重な肉眼検診とほとんど大差のない結果を示すに過ぎないこともある。しかし、特殊の場合を除き、一般に



第12図表 種薯の紫外線照射検定による馬鈴薯輪腐病防除効果 (2)

は種薯の切断に際して肉眼検診を慎重に実施することは到底望み得ないところで、病薯の看過されることは免れ難い。また、慎重な肉眼検診でも発見し得ない病薯が存在する。従つて、前述の調査成績の多くが実証しているように、看過された病薯のうちの70~80%以上が紫外線照射検定によつて除去されるから、本病の発生が多い種薯に対して本方法を利用することは、健全薯を多少犠牲にすることがあつても防除効果は著しいと認められる。ことに、病薯診断上最も確実とみられるグラム染色検査法は多大の労力及び時間を要するから大量の種薯検査に利用することは普通困難である。従つて、大量の種薯検査を行う場合には多少効果が劣つても、紫外線照射検査法を利用するのが実用的であろう。なお、本方法は低温で貯蔵したものを低温下に、且つ薯の切断面の乾燥しないうちに実施する必要があり、薯面の反応判定には充分熟練しなければならぬことは論をまたない。

3 被害組織汁液のグラム染色による診断

本病の診断に馬鈴薯茎部、塊茎等の組織、特に維管束部汁液のグラム染色検査法を利用したのは Savile 及び Racicot (1937) が最初であるが、

その後多数の人が本病診断上本法の有効なことを実証し、本方法は現在実用に供しうる本病診断法中最も確実なものと認められており、著者も本病診断上に利用していることは既述のとおりである。

本方法を本病診断に利用する根拠は、グラム陽性細菌で馬鈴薯の伝染性病害を惹起するものは馬鈴薯輪腐病細菌以外に存在しないこと、本菌が比較的特異な形状を呈して、他の二次的に関係のあるグラム陽性の腐敗細菌とも区別しようといふところにある。しかし、細菌のグラム染色性は必ずしも不変のものばかりでなく、時には不定性を示すことがあり、あるいはまたグラム陰性菌が濃染されて陽性菌と誤認されたり、あるいは他のグラム陽性菌を本菌と誤認するおそれもある。更にまた、本病原細菌の分布密度が稀薄であると、看過される危険もあり、従つて試料採取、塗抹の良否、染色操作等によつては本菌の検出に失敗する危険性がある。すなわち、本方法を利用するには染色鏡技術に熟練することが特に大切である。また、本方法によつて多量の試料を短時間内に検査することは普通不可能であるから、特殊の場所、特殊の条件以外には大量に実施することは困難である。しかし本邦においては、既に本方法が農林省馬鈴薯原々種農場で採用され、また島松馬鈴薯試験地においても本方法を実施した結果、本病の駆逐に成功したのである。

(8) 肉眼検診によつては症状を判定することの不可能な罹病株の発生程度及び地上部症状と塊茎症状との発現する割合

本病発生圃産塊茎の切断面の肉眼検診で健全と認められたもののうちにも、グラム染色検査で本病原細菌の存在が確認されることがあることは既述のとおりであるが、この肉眼検診にもとづいて健全株と病株とに区別した場合、それぞれの健全薯にどの程度病原細菌がグラム染色検査で検出されたかを示すと第2表のとおりである。

すなわち、次表によると収穫時の塊茎切断面内