

I 緒 言

北海道の農耕地は総面積の13%, 1,046,000haで、畑地が73%, 水田が27%を占め、主要な畑作物は大別して、豆類、ジャガイモ、テンサイ、野菜類、果樹類、麦類および牧草類である。

近年、これら農作物の栽培面積は飼料作物の急激な増加以外はほぼ安定しているが(付表1), 昭和26~40年の収量変異係数はテンサイ14.83, ジャガイモ20.62に対し、小麦21.66, トウモロコシ24.11, 大豆30.61, 小豆34.66である³⁵⁾。すなわち、前二者は特に寒冷気象下でも、安定した収量が確保されるので、寒地畑作の基幹作物として重要である。

一方、テンサイとジャガイモを侵す病害虫は種類が多く、防除に薬剤施用を欠かすことが出来ないものは、テンサイでは苗立枯病、褐斑病およびヨトウガで、ジャガイモでは疫病およびウイルス病媒介アブラムシ類である。

これら地上部の病害虫に対して、テンサイ根腐病とジャガイモ黒あざ病は地際および地下部の感染から始まり、地上部のみの病徴では発病程度や被害が判明し難いので、一般に地上部病害程には重視されなかったが、二次的腐敗を含めればその被害は多大である。

しかし、近年農業労働力の不足と過大な生産性向上の要求から、短期輪作または短期間連作栽培が行われるようになり、必然的に土壤病害の多発生を招く結果となり注目されるに至った。

また、一般に土壤伝染性病害の防除の対象となる土壤は莫大な量であるために、温床や苗床などの集約された小規模栽培以外での完全防除は極めて

困難であって、薬剤施用などの直接的経済効果が判然としがたいので、研究の歴史は古いにもかかわらず、実用の防除技術の開発は遅れ、適確な防除手段が明らかな病害は極めて少ない。

それ故、筆者はこれら両病害の被害と発病要因を明らかにし、具体的防除方法を確立するために本研究を行なった。

研究の遂行に当り、常に有益な御指導と本論文の校閲を賜った北海道大学農学部教授宇井格生博士、筆者にこの研究を担当せしめ、種々御助言を戴いた元北海道立中央農業試験場病虫部長成田武四博士、研究手法について数多くの示唆を戴いた名古屋大学農学部教授富山宏平博士(元北海道農業試験場病理昆虫部病害第一研究室長)およびこの論文の校閲を戴いた北海道大学農学部教授岡沢養三博士ならびに四方英士郎博士に深甚な感謝の意を表する。

また、北海道立上川農業試験場土屋貞夫科長および北海道立北見農業試験場阿部秀夫研究職員(共に元北海道立中央農業試験場病虫部勤務)には、直接この研究の一部を担当して協力を戴いた。更に、北海道農業試験場病理昆虫部病害第一研究室、作物第一部第二研究室および北海道立北見農業試験場作物科には、直接および間接に多大の協力を戴いた。同様にまた、北海道糖業株式会社(元台糖株式会社)道南製糖所およびホクレン糖業部清水製糖工場の農務課には、種々の便宜と助力を戴いた。これら多くの協力者達に対し、記して心からの謝意を表する。

II テンサイ根腐病

A 既往の研究

テンサイ根腐病の最初の報告は1887年のEidam¹⁰⁾による。その後、Pammel (1891)⁶⁰⁾、Dugger & Stewart (1901)¹³⁾が米国での発生を報告し、更にLyon & Wianco (1902)⁵⁹⁾はネブラスカ州に多発生したことを報告している。

わが国では、中田・滝元・中島 (1922)⁶⁹⁾は1917年に朝鮮で発生を認め、北海道では1922年に発生を桑山・栗林・大島 (1925)⁵³⁾が報告している。

その後の研究の多くは *Rhizoctonia solani* Kühn の生理生態的性質に関するもので、これらの全貌は Parmeter et al (1970)⁸²⁾ によって総括されている。また、土壤伝染性病原菌の病原性に関する考えは Garrett (1970)²²⁾ によって代表される。しかし、これらの数多くの研究の中で、テンサイ根腐病を対象としたものは意外に少なく、土壤温度湿度と発病被害について Edson (1915)¹⁵⁾、Le Clerg (1934)⁵⁶⁾、(1939)⁵⁷⁾ があり、土壤と接触部位の発病について Richards (1921)⁸⁸⁾ が詳細に観察している。抵抗性品種の育成については Afanasive & Morris (1952)¹⁾、(1954)²⁾、Afanasiev (1956)³⁾、Downy, Schvster & Oldemeyer (1952)¹²⁾、および Gaskill (1968)²³⁾ などの報告がある。本病の被害軽減について Maxson (1939)⁶⁴⁾ は非寄主との輪作、Hills & Axtell (1950)³⁰⁾、Walker et al (1950)¹¹⁶⁾ および Williams & Ririe (1957)¹¹⁷⁾ などは窒素肥料濃度、Afanasiev & Baldrige (1968)⁴⁾ および Marras & Corda (1968)⁶³⁾ などは薬剤施用について、それらとの関連を述べている。

わが国におけるテンサイ根腐病に関する総説は柄内 (1959)¹⁰⁷⁾、遠藤・森 (1959)¹⁸⁾ および宇井 (1960)¹⁰⁸⁾ などがある。

B 発病と被害

1 発生分布

a 目的

北海道でテンサイ根腐病が生産上の障害として

注目され出したのは、1955年頃からである。しかし、その発生および被害について、全道的規模で調査されたことはなかった。それ故、1964年に農業技術指導機関と各製糖会社の協力を得て、本病の発生状況を発病最盛期と収穫期とに調査し、発生の地域的変動と被害の様相を明らかにしようとした。

b 方法

北海道内のテンサイ栽培地域を、製糖工場の集荷区域で区分し、各区域内を従来の観察経験に基づいて、仮りに根腐病多発地帯（発病株率15%以上）、少発地帯（5～15%）および散発地帯（5%以下）に分けた（付図1）。そして、多発地帯および少発地帯からは各4圃場を、散発地帯からは2圃場を任意に抽出して調査し、結果は各社原料事務所単位に整理した。

各圃場の調査畦は隣接する2畦を2ヵ所任意に選出し、各畦50m間を調査対象とした。調査は根腐病の発病最盛期（8月20日前後）と収穫期（10月10日前後）の2回を行ない、前者では株数、欠株数、発病株数および発病程度を、後者では2畦中の何れか1畦を全株掘取り、根部罹病数と程度および根部収量を測定した。調査に用いた地上部の発病指数と根部の罹病指数は付図2および3のようである。

なお、同時に調査圃場の土性および前作物などの栽培環境と、調査圃場が代表すると思われる該当地域の発病面積を、耕作者と現地技術員から聞き取り調査した。

c 結果および考察

調査結果の概要は付表2～4に示すようである。このうち、根腐病の発病度を事前推定によって区別した多、少および散発地帯別に集計すると、第1表のようであり、調査数値（付表3の地帯別地点の平均）は事前推定と一致しない場合が多かった。このことは常習的多発地帯でも、すべての圃場が多発病を示すものでなく、同様に多

発生圃場でも、発病個体が均一に分布することは極めて稀で、多くは部分的集団発病が点在する、いわゆる土壤伝染性病害のスポット状発病パターンを示す。

それ故、本病の詳細な発病分布を大面積で調査するには、航空写真解析のような鳥瞰的調査が必要であるが、ここでは結果を市町村単位で図示すると、第1図のようである。即ち、全道的視点で

Table 1. Appearance of root rot disease of sugar beet in Hokkaido. (1964)

Locality (Prefecture)	Number of checkup field	Growth stage of host	Average of degree of infection ^{a)}		
			Severe ^{b)} zone	Middle zone	Minor zone
Tokachi	28	in growth	12.9	5.3	2.6
		on harvest	18.6	10.0	8.5
Abashiri	26	do.	10.1	18.2	1.7
		do.	24.3	27.0	4.1
Kamikawa	9	do.	14.5	21.3	4.9
		do.	23.1	29.5	14.7
Kushiro	6	do.	3.0	—	5.1
		do.	2.9	—	9.4
Nemuro	4	do.	—	—	0.4
		do.	—	—	1.3
Sorachi	1	do.	10.2	—	—
		do.	22.2	—	—
Ishikari	1	do.	—	10.6	—
		do.	—	10.6	—
Shiribeshi	6	do.	32.6	24.8	1.2
		do.	25.9	12.1	3.5
Iburi	4	do.	21.7	21.4	—
		do.	28.5	18.9	—
Oshima	2	do.	17.9	—	—
		do.	—	—	—

Note:

a) Degree of infection = $\frac{\sum(\text{Number of plants in every class} \times \text{Proper indexes})}{\text{Number of total plants} \times \text{Maximum index}} \times 100$

b) Division by infectional forecasting

本病の発生を概観すると、最大の多発生地帯は十勝川流域の平地と台地であり、これに次いで、富良野盆地と周辺台地である。更に、羊蹄山南部山麓から噴火湾にかけての地帯と網走支庁の北見盆地周辺に多い傾向がある。その他は南空知の馬追丘陵の由仁町、渡島の函館市亀田の台地に多い。

これに対して、発病の少ない地帯は根釧台地、十勝南部の平地、網走支庁の海岸平野および名寄盆地である。

これらの地域的発病の多少が、気候風土による以外に、前後作の種類など耕種方法の差異および土壤条件によるかどうかを調査したが、前者には明確な関係は見出せなかった。しかし、土性との関係(付表4)を総括してみると、第2表のようである。すなわち、泥炭土は調査点数が少ないので、断定は出来ないが、発病はほとんど無く、その外の土性では何れの土壤でも発病が認められ、特に、植壤土および火山性壤土での発病面積率は

極めて高かった。また、多発性面積率の高いのは、火山性植壤土、火山性壤土、火山性砂壤土の順であって、これは一般に、テンサイの栽培には土壌の通気性がよいことと共に、保水力が強いことが

要求されるが、沖積地および泥炭地は水田が多いので、畑作の主体は火山性土壌の台地にあり、発病もこれに平行しているものと思われる。

Table 2. The infected area of root rot disease classified by soil texture.

	Peat	Clayish sod	Clayish loam	Clayish loam with volcanic ash	Loam	Loam with volcanic ash	Sandy loam	Sandy loam with volcanic ash	Volcanic ash earth	Total
Number of checkup field	1	4	9	2	20	9	9	9	22	85
Corresponded area ha	494	1254	2262	52	7688	4691	3663	8330	10103	38536
Severe infected area	0 (0)*	9 (0.7)	85 (3.8)	3 (5.8)	85 (1.2)	259 (5.5)	130 (3.5)	346 (4.2)	116 (1.1)	1032 (2.7)
Middle infected area	0 (0)	19 (1.5)	350 (15.5)	6 (11.5)	394 (5.1)	656 (14.0)	422 (11.5)	363 (4.4)	382 (3.8)	2591 (6.7)
Minor infected area	0 (0)	377 (30.0)	1649 (72.9)	9 (17.3)	4101 (53.3)	3693 (78.7)	178 (4.9)	1889 (22.7)	1779 (17.6)	13674 (35.5)

Note: *figure in () is % per corresponded area.

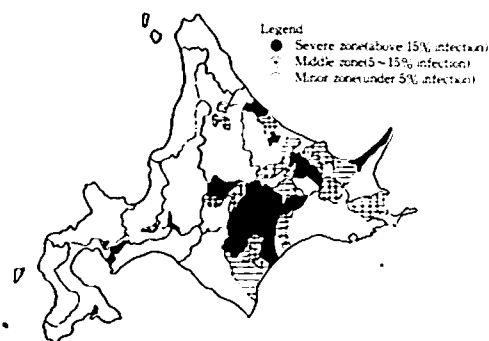


Fig. 1. The distribution map of root rot disease of sugar beet in Hokkaido (1964)

2 被害の解析

a 根部収量

1) 目的

テンサイの標準栽培の場合、生育初期における欠株は周囲株の補償作用によって、約20%までの欠株は実収量に影響しないと言われている⁴⁴⁾。しかし、これは欠株が生育の初期に、散在して生じた場合であって、言わば単位面積当たりの栽植密度と収量の関係に等しい。

これに対して、根腐病による減収は根部の肥大が進んでから、欠株か又はそれに近い腐敗を起すこと、および発生が連続または集団化することが多いので、周囲株の補償作用は少ない。それ故、機械的欠株と異なり、収量に及ぼす影響が大きいと考えられる。

これらのことから、根腐病の防除の要否を判断し、適切な防除技術を確立するためには、根腐病がテンサイの収量に及ぼす影響を、明らかにする必要がある。このため、栽培圃場での被害の解析を試みた。

2) 方法

試験1：1966年に河東郡鹿追町農家圃場で、生育の均一とみられる地点を選び、その中から根腐病の発病程度が異なる部分を抽出して、発病程度別に3段階とした（各77m²）。

調査方法は8月20日に調査基準A（付図2）によって、地上部から発病の程度を調査し、それに基づいて発病分布図を作製し、10月25日（収穫時）に根の発病を、調査基準B（付図3）によって行なった。

調査は1区50株の14区について実施した。

試験2：1966年に勇払郡早来町農家圃場で、生育の均一で発病程度を異にする8区（1区面積4.2m²）を選定し、8月8日と11月1日に試験1と同じ方法で調査した。

試験3：1967年に河東郡鹿追町農家圃場の生育の均一地点から、任意に1区26m²の30区を選定し、その中の12区については7月14日と8月8日に、各区の1/4の面積の株について、地上部から発病調査を規準Aで行ない、その株を掘り起してBによって調査し、地上部から観察される発病程度と地下部のそれとを対比した。

残り18区については、7月14日と8月8日に、地上部からの発病調査を基準Aにより行ない、また、11月11日に根部の罹病程度を基準Bで調査し、根重も測定して対比した。

試験4：1967年に千歳郡恵庭町（現恵庭市）農家圃場の生育の均一地点から、任意に40区（1区24m²）を設定し、16区は7月21日と8月31日に、残り24区は8月31日と10月20日に、試験3と同様の方法で調査した。

3) 結果および考察

結果は第2, 3, 4, 5および6図に示す。根腐病の発病は一般に根冠部から罹病し、根部へ拡大して行く場合が多いが、時に、根冠部のみの発病で止まるもの、または地際部に病徴はなく、根部に直接病原菌が侵入して発病する場合もある。すなわち、根腐病の被害を個体単位で検べると、根冠部罹病と根部罹病の程度が平行しない株があることは、収穫時に常にみられることである。しかし、これら被害を一定面積内の平均値で比較すれば、第2図に示したように8月中旬に地上から観察される発病率と、10月下旬に掘り起して検べたそれとは高い相関がある。そして更に、生育中（8月）の発病率は根部収量と高い負の相関を示した（第3図）。

しかし、この地上からみられる根冠部発病を7月中旬に調査した場合には、収穫時の根部発病とは全く相関しない（第4図）。そして、8月中旬以降におけるそれが、収穫時の発病と相関することは、年度および圃場を異にしても同様であること

が明らかとなった（第5図）。すなわち、これらのことは根腐病が7月から8月上旬にかけて進展し、8月中旬以降はほとんど新たに発病蔓延しないこと、および或る面積内の根腐病を集団で比較すれば、根冠部の発病と根部の罹病とはよく相関するので、8月中旬以降の地上部観察で根腐病の被害程度はある精度で推定出来ると考察される。

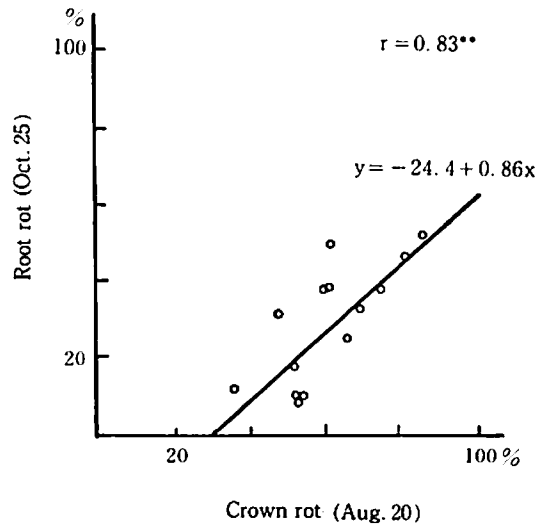


Fig. 2. The correlation of crown rot at middle growth stage and root rot on harvest time of sugar beet. (test 1)

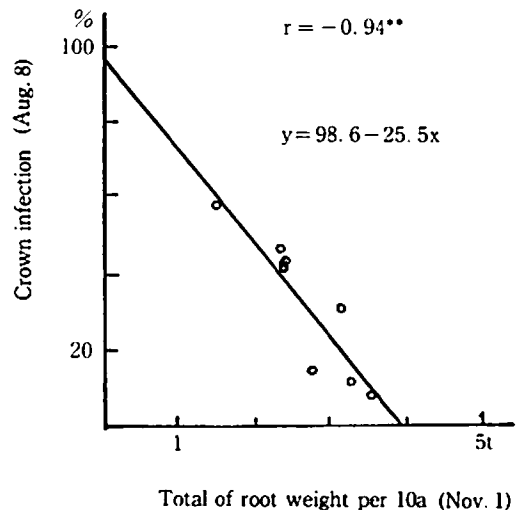


Fig. 3. The relationship between injury of yield and crown rot infection of sugar beet. (test 2)

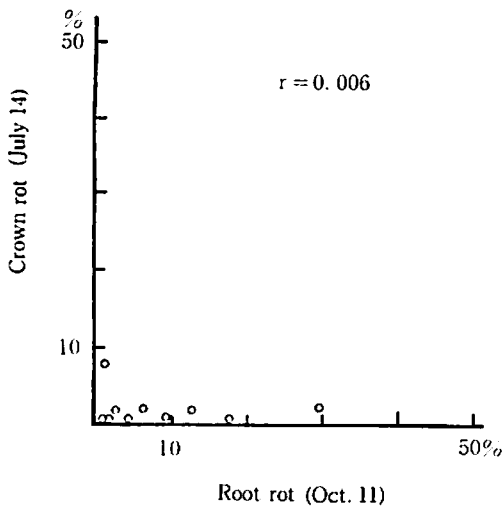


Fig. 4. The correlation of the rate of infection between crown rot at early growth stage and root rot on harvest time of sugar beet. (test 3)

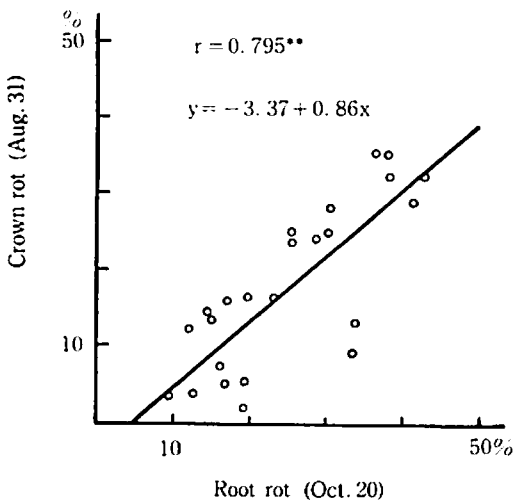


Fig. 5. The correlation of the rate on infection between crown rot at middle growth stage and root rot on harvest time of sugar beet. (test 4)

Durbin (1959)¹⁴⁾は、根部からの分離菌群は根冠部からのものに比して CO_2 耐性が強いことを認め、*Rhizoctonia solani* を空中型、地表型、地中型の生態型に分けている。しかし、この試験で分離した病原菌株間では、テンサイの根冠部と根部に対する病原力の差異は明らかでなかった。

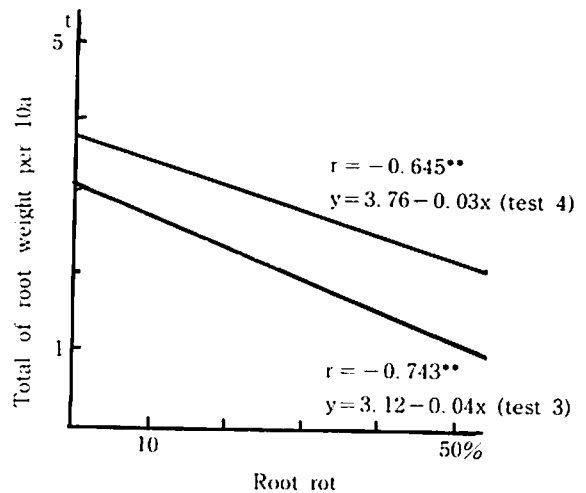


Fig. 6. The relationship between injury of yield and root rot at harvest time of sugar beet. (test 3 & 4)

収穫期における根腐病の罹病率と根部収量の関係を、試験3と4とで調査し、第6図に示した。両圃場の生産力が異なるので、単純に比較すべきでないが、両試験とも根腐病による減収の程度はほぼ直線的であって、25~30%の発病で約1tの減収となると推定される。

これらのことから、発病時期の早晚、圃場の生産力などで若干の相異はあるが、一般栽培のテンサイでは、根腐病の影響は直接根部収量の減少に結びつき、周囲株による減収補償作用はほとんどないと推定される。

b 根中糖分

1) 目的

根腐病の多くは腐生菌の二次的侵入により、甚だしい場合に根部はせんい質のみを残して消失することもあるので、根部収量のみでなく、根中糖分の減少が伴うことは想像に難くない。しかし、根腐病罹病程度と根中糖分の関係について、明らかにした試験はこれまでほとんど行われていない。それ故、この関係を明らかにするため1962および1963年に試験を行なった。

2) 方法

初年目は河東郡鹿追町農家圃場から収穫期の根部を調査基準Bによって、健全、軽症、重症に個

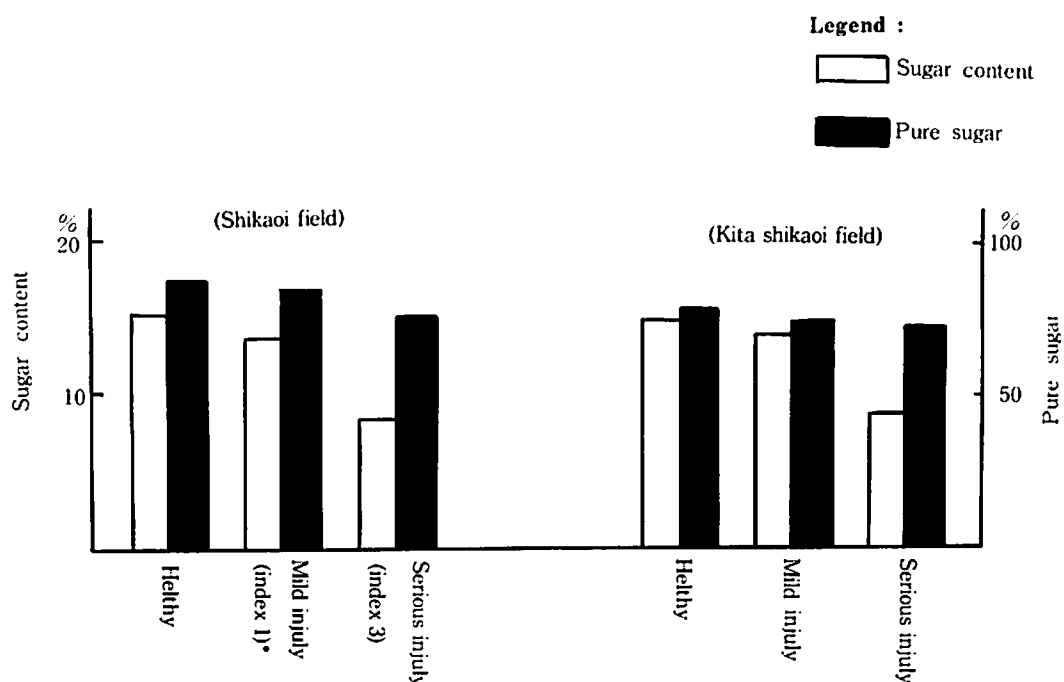
体毎に区別し、各程度別の集団から無作意に20個体を抽出採取し、てん菜研究所（現北海道農試てん菜部）に委託し、常法による糖分分析を行なった。

次年目の試験は河東郡鹿追町北鹿追農家園場で、収穫期の根部を初年目と同様にして発病程度別に40個体ずつ採集し、ホクレン糖業部清水製糖工場に委託し、糖分分析を行なった。

3) 結果および考察

第7, 8図に示すとおり、両年とも罹病程度別

の根中糖分含有率はほとんど同じで健全個体は15%、軽症個体は14%、重症個体は9%前後で、軽症の場合には健全と大差ないが、重症では健全なもの60%であった。一方、純糖率は試験によって若干の差があったが、罹病程度が高まると低下する傾向は同様である。それ故、これらの結果から根腐病の罹病は根重の減少以上に根中糖分と純糖率を低下させ、重症以上のテンサイ根部は製糖原料としての価値を失っていると判断された。



Note: *See the attached chart 3.

Fig. 7. The influence on sugar content in root harvested by root rot infection of sugar beet.

3 環境要因と発病

a 関連菌類

1) 目的

根腐病は *Rhizoctonia solani* Kühn がテンサイの根冠部または根部に侵入して始まり、初期病徴は表皮が黒褐色を呈し、その下の内部組織は淡褐色または褐色となって、健全部との境界に明らかな

分離層を形成する。更に病勢が進んだものは、根部表面に亀裂を生じ、淡褐色に腐敗が内部に拡がり、根部組織は海綿状となる。しかし、実際には土壌中の腐生菌が二次的に侵入するため、これらとの合併症状となり、最終的には根部全体が腐敗崩壊し株が枯死するので、根腐病菌単独の侵害でどの程度の腐敗まで進行するか明らかでない。

一方、北海道の根腐病は同じ *Rhizoctonia solani* によっておこる苗立枯病と連続しないのが一般的発病様相である。すなわち、テンサイは直播栽培の場合、普通4月下旬から5月上旬に播種され、約1ヵ月後の本葉2～4葉期に間引きして1本立とするが、この期間に苗立枯病が発生する。これに対して、根腐病は普通7月上・中旬から発生する（紙筒移植栽培では6月下旬から発生）ので、現象的には苗立枯病と連続しないといえる。

しかし、根腐病の発生が根腐病菌単独の侵入で起るのか、または苗立枯病に関与する菌類が先行あるいは随伴して侵入するかは生態的に興味があるばかりでなく、防除上も重要な問題であるので、圃場栽培の根腐病罹病個体を用いてその根部の各部位に存在する糸状菌類を検出し、これらの関係を明らかにしようとした。

2) 方法

供試材料は恵庭市および河東郡鹿追町の根腐病常発地の農家の、標準耕種方法（5月上旬播種、10a当たり施肥量：N11kg、 P_2O_5 15kg、 K_2O 5.5kg）に準じて栽培した圃場で、7月6日から9月1日の間に月毎の3回に発病個体を採集して用いた。

糸状菌の検出方法は、供試材料の根部罹病程度を4段階（判別基準は、根部の一部に初期病斑のあるものを1とし、病斑が根の周りを取巻く程度に発達したものを2、病斑部に亀裂を生じ腐敗が根部組織の半分以下のものを3、根部組織の半分以上に腐敗が進行したものを4とした）に区別し、無菌箱の中で各個体の罹病部位の表皮から内部へ順次に厚さ1mm、面積5mm²のスライスをミクロトームで切断作製し、滅菌水で洗滌後25℃の無菌水中に2～5日間浮上させて検鏡し、検出される糸状菌を測定した。

3) 結果および考察

結果は第3および第4表に示した。第3表から根腐病菌の検出頻度は罹病程度3までは病斑の進展と共に高まるが、腐敗が4まで進むとかえって低下する傾向を示す。このことは根腐病の進行過程で、根腐病菌の占める役割は根部腐敗の初期段階であってその後は他の腐生性微生物と交代して

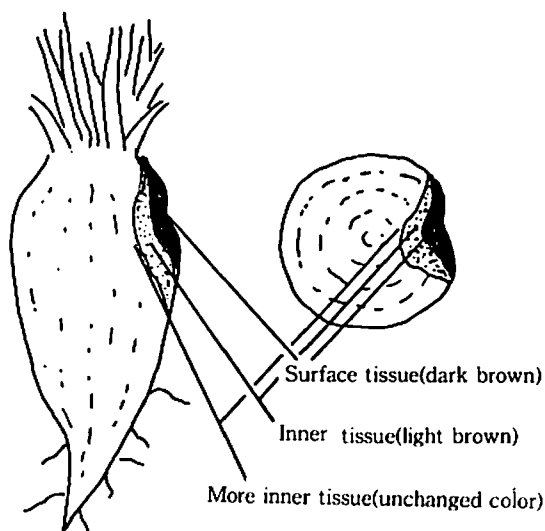


Fig. 8. Sketch of the lesion used of sugar beet root.

いる可能性を示唆している。

また、罹病初期の部位、特に表皮に近い健全組織との境界には根腐病菌よりも *Aphanomyces* 属菌の存在が認められる。これは根腐病の発病に、この菌が関係をもつ可能性を示唆するものと推察される。

Rhizoctonia solani の寄主体侵入に関しては、豆類、綿および野菜類で多くの観察があり^{9,19,70,115)}、侵入座を形成して健全表皮を貫透するもの、自然開口（主として気孔）から侵入するものおよび傷口から侵入するものを認めている。テンサイでは *Heterodera schachtii* による傷口から、根腐病菌が侵入座なしに侵入することが認められている⁸⁵⁾。また、テンサイ苗立枯病罹病苗から病原菌を検出する時、*Rhizoctonia solani* 単独で存在するよりも *Aphanomyces* 属菌または *Pythium* 属菌と複合感染していることが多いことは経験的に明らかである。

このことについて宇井(1960)¹⁰⁸⁾は、テンサイ根腐病は幼苗期に苗立枯病に罹病した個体の内で症状が悪化せずに生育を続けたものが、根部肥大期に到って菌の活動が旺盛となって症状が急速に進み、根腐症状の現われる場合と7・8月の土壤温度の急速な上昇に伴い、土壤中あるいは寄主に侵

Table 3. Isolation of the fungi in the lesion of different grades of root rot of sugar beet.

Index of infection	No. of tissues used	No. of tissues isolated			
		<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Aphanomyces</i> sp.	Sterile
1	6	1	2	2	2
2	16	7	5	0	4
3	20	12	2	0	7
4	10	2	6	0	2

Table 4. Isolation of the fungi in the lesion of different inner tissues of sugar beet root.

Parts of tissue ^{a)}	No. of tissues used ^{b)}	No. of tissues isolated			
		<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Aphanomyces</i> sp.	Sterile
Surface	33	17	7	2	12
Inner	33	14	6	0	15
More inner	33	4	1	0	12

Note: a) See fig. 8.

b) Sum of the different grade of infection.

入していた病原菌が旺盛に生育伸長を開始して新たなテンサイ根部に達し、そこに侵入してそれらを害するものと2つの発病経路があることを述べている。

次項の接種試験の結果とこの試験結果とを併せ考えると、筆者の結果もこの2つの発病経路の可能性を支持するものである。

b 接種と発病

1) 目的

本病の発病要因を明らかにするためには、圃場での自然発病の解析が必要であるが、人為的接種によって発病させその発病程度差から逆に発病環境要因を推定する方法もある。それ故、普通栽培方法では例年ほとんど発病のない圃場（札幌市琴似町八軒元北海道農試圃場）を用いて、人為接種による発病環境を知ろうとした。

2) 方法

供試品種は導入2号を用い、施肥方法を除く管理は直播標準耕種法に準じた。処理は施肥量、接種方法、接種時期および接種菌系別とし、1区面積2.8m²の4反覆分割区設計とした。

施肥量 (kg/10a)：標準施肥区 (N, P, K)；N 11, P₂O₅ 15, K₂O 5.5, 窒素3倍区 (3N, P, K)；N 33, P₂O₅ 15, K₂O 5.5, 窒素1/3倍区 (1/3N, P, K)；N 4, P₂O₅ 15, K₂O 5.5

接種方法：tooth-pick (T.P.) 接種方法を用いた。すなわち、市販の小楊枝を培養液 (glucose 50 g, MgSO₄·7H₂O 2.5g, KH₂PO₄ 5 g, NH₄NO₃ 10 g, CaCl₂·2H₂O 5 ppm, FeCl₃ trace, H₂O 1000ml) に浸漬して、蒸気殺菌後に根腐病菌（後述）を接種し、25°C、1週間培養して菌糸が十分に小楊枝上に繁殖したものを、生育中のテンサイ根部周囲の近接土壤に数本ずつ差し込んで接種源とした。これと対比して麦粒 (G) 方法を用いた。すなわち、蒸気殺菌をした含水大麦種子粒を前述の (T.P.) 方法と同様にして培養し、根部周囲土壤に数粒ずつ配置して接種原とした。

接種時期：6月12日、8月1日 (T.P. 方法は7月25日) および8月26日の3時期に行なった。

接種菌系：R-10菌は1962年分離され、元台糖株式会社小田原研究所の保存系統で、農林省農薬検査所の検定ではテンサイに病原性強とされたもの

である。R-コトニ菌は試験前年に試験地圃場の立枯病罹病苗から分離した菌系であるが、6月12日接種後に培養中の菌系生育が不良となったため、その後の使用が不可能となった。R-トカチ菌は試験当年7月に、十勝農業試験場の根腐病罹病根から分離した菌系で、R-コトニ菌に代えて8月1日以後の接種に用いた。

調査方法：接種2週間後に、各区全株を掘り取って切断し、根部および根冠部の罹病腐敗程度

を次の基準で判別し、指数を常法によって百分率に換算し、罹病度として示した。

(1) 肉眼的に健全なもの(指数0)、(2) 根部容積の30%以下が罹病のもの(指数1)、(3) 根部容積の31~50%が罹病のもの(指数2)、(4) 根部容積の51%以上が罹病のもの(指数3)。

3) 結果および考察

試験結果は第5表のとおりである。すなわち、窒素資肥料の増減はこの試験の範囲では、耐病性

Table 5. The effect of host condition and inoculum potential on root rot infection of sugar beet

Method of inoculation Date of inoculation Fertilization			Rate of infection							Degree of infection					
			Inoculators							Inoculators					
			Control	R-10	R-kotachi (R-kotoni)	Difference of inoculation method	Difference of inoculation date	Difference of fertilization		Control	R-10	R-kotachi (R-kotoni)	Difference of inoculation method	Difference of inoculation date	Difference of fertilization
		G ^b	%	%	%	%	%	%							
PK3N	June.12	TP	1.4	0	(0)	1.4	0.7		0	0	(0)	0	0.3		
					(2.8)				0.5	0	(1.0)	0.5			
		G	1.7	1.3	35.4	18.4			0.6	0.4	18.1	9.3		3.7	
	Aug. 1	TP	1.7	0	37.9	17.0	17.7	7.8	0.6	0	13.0	6.5	7.9		
	Aug. 26	G	1.5	2.8	1.7	2.3			0.4	0.9	0.6	0.8			
PKN ^{a)}		TP	1.7	5.9	9.8	7.9	5.1		0.6	4.1	5.7	4.9	2.9		
	June 12	G	0	1.2	(2.4)	1.8			0	0.4	(0.8)	0.6			
		TP	1.4	0	(3.5)	1.8	1.8		0.6	0	(1.2)	0.6	0.6		
		G	2.5	4.3	39.5	11.9			1.3	1.5	16.7	9.1		3.4	
	Aug. 1	TP	1.3	1.1	50.4	25.8	18.9	7.4	0.4	0.4	17.7	9.1	9.1		
PK1/3N	Aug.26	G	1.2	0	4.3	2.2			0.4	0	1.4	0.7			
		TP	4.6	1.2	0	0.6	1.4		1.1	0.4	0	0.2	0.5		
	June 12	G	0	2.2	(1.1)	1.7			0	0.7	(0.4)	0.6			
		TP	3.5	1.7	(0)	0.9	1.3		0.9	0.6	(0)	0.3	0.5		
		G	0	0	40.0	20.0			0	0	18.6	9.3		3.1	
	Aug. 1	TP	0	0	38.3	19.2	19.6	7.7	0	0	13.5	6.8	8.1		
Average	Aug.26	G	1.4	1.4	1.8	1.6			0.4	0.5	0.6	0.6			
		TP	1.1	2.8	2.7	2.8	2.2		1.1	0.9	0.9	0.9	0.8		
		G													
		TP	1.3	1.4	15.1	7.6	7.6	7.6	0.5	0.6	6.2	3.4	3.4	3.4	

Note: a) PKN point out standard dosage of fertilizer

b) G, TP point out grain culture and tooth pick culture individually

c) The mycelium of R-kotoni could not grow up on medium after June 12

d) The figure in table is average of 18~21 plants.

の強弱にほとんど影響しなかった。葉腐病の場合には、明らかな差異があるという報告²⁹⁾があり、窒素質肥料の多用はテンサイの葉部生育を助長して耐病性を減ずる傾向があるが、根部への影響は明らかでなかった。

接種時期による発病の差異は、R-10菌系接種では発病率が低くて明らかでなく、また、R-コトニ（R-トカチ）接種では菌系を交代させたため、6月12日との差異は論じられないが、R-トカチ菌系の8月1日と8月26日接種との発病差異は極めて顕著であることから、寄主体の反応を含めた発病環境の時期的差異は明らかに存在すると考えられる。

接種方法による発病の差異は、各菌系および各時期ともに明らかでなかった。この試験で用いたTP方法は、寄主体組織に挿入せず根部周囲の土壤に差し込んだので、接種方法としてはG方法と大差なくなり、この結果となったものと思われる。

これに対して、接種菌系による発病への影響は極めて顕著であった。すなわち、8月1日接種のR-10菌とR-トカチ菌の病原力の差は明らかであり、また、R-コトニ菌とR-トカチ菌との差は同期日の接種がないので比較することは出来ないが、上記とほぼ同様であろうことは想像に難くない。これら菌系間の病原力の差の原因は、R-トカチ菌が人工培地での継代培養が短期間であるのに対して、R-10菌は病原力が強かった時期（供試前年および前々年に接種で確認）があったが、人工培養が永くなって変異した可能性がある。また、R-コトニ菌は苗立枯病分離系統であるので、肥大根部に対する病原性は確認していなかった。しかし、この圃場土壤の棲息菌なので、環境には最も馴化しており、接種後の増殖および定着には有利であると想像していたが、根部発病での結果は逆であった。

根腐病菌の菌系間に病原力の差異があることは古くから知られ、Houston (1945)³⁰⁾はテンサイ根腐病菌の中に、子苗に対して病原力が弱いものがあることを、また、Durbin (1959)¹⁴⁾は根冠部を侵す菌系と根部を侵す菌系ではCO₂耐性が異なり、地表面と地中とで生育する能力が異なることを指摘

している。さらに、Papavizas (1965)⁸¹⁾は*Rhizoctonia praticola*と*Rhizoctonia solani*の担子孢子分離系統菌系は、テンサイ、豆、綿その他作物に対する病原性に差異があるが、これらに対する病原力も常に一定でないと述べている。最近、生越 (1972)^{75,76)}は菌糸融合反応によってわが国の*Rhizoctonia solani*菌系を6群に分け、各群の生態を比較しているが、この分類と病原力とは必ずしも一致しないようである。

この試験の結果からは、病原力の差異の原因は明らかでないが、テンサイ根腐病の発病の多少にはそこに寄生する菌系の病原力が強く関係していることが明らかであり、さらに寄主体の耐病性は生育時期によって異なることが認められた。

c 前作物の影響

1) 目的

農業技術としての病害防除手段は、化学薬品による殺（または静）菌効果を期待する前に、耕種的手法による発病抑制を考えるべきである。すなわち、その第一は耐病性遺伝子による抵抗性品種の育成利用であるが、本病菌の核学的性質（ヘテロカリオン）とテンサイ品種の一代雑種利用からその主働遺伝子利用は困難と考えられる。他の方法としては、栽培環境の改善による発病抑制または被害回避であるが、これが利用出来るのはビニールハウス栽培や育苗施設などの人為環境管理が容易な場合であって、一般畑作栽培での外界環境制御は不可能である。一方、前項に示したように本病の場合には施肥量の発病に対する影響も明確でないで、人為的に操作出来る主な発病環境要因は、前作物または前々作物の差異による影響である。

一般に、土壤伝染性病害に対しては連作を避け、非寄主作物による輪作栽培が指導されてきたが、現実の農業は立地条件と流動する経済情勢によって支配されるので、常に一定の輪作方式を採ることは出来ず、また、栽培技術的にも最良の輪作形式は必ずしも明確でない。それ故、テンサイを主軸とする作付体系を土壤病害防除の立場から検討するためには、ある輪作形体における発病の差異を論ずる以前に、前作物の種類が本病の発生にど

のような影響を与えるかを知る必要がある。このため、本病の常発圃場において前作物がテンサイ根腐病の発生に及ぼす影響を明らかにする目的で、2年間の連作試験を行なった。

2) 方法

圃場は河東郡鹿追町北鹿追川辺氏のテンサイ畑を用い、1区20m²、3反覆乱塊法設計によって区画し、試験第1年目および2年目(1963および1964年)は畑作主要作物を2年間連続栽培して、最終の第3年目(1965年)に再び各区にテンサイを栽培した。各区の主な耕種方法は第6表に示した。

最終年における各区のテンサイ根腐病の発病調査は、間引時(6月8日)、生育期(7月19日)および収穫期(10月22日)の発病率を常法によって調査した。年次途中の各区土壤中における寄生菌類の推移は、5月から10月まで毎月1回各区数カ所から採集した表土を採取し、25×30×5 cmの写真現像用バットに充填して、テンサイ種子(導入2号)50粒を播種し、戸外で2週間栽培後、全株を掘り取って水洗いして苗立枯病の発病を調査した。また、常法によって各区の罹病10個体から寄生菌の検出を行なった。

Table 6. The field design for detect of the effect by different kind of crops pre-cultured on root disease of sugar beet

The previous and 3rd year	1st and 2nd year	Variety	Sowing date	Fertilizer (kg/10 a)				
				Ammonium sulphate	Superphos- phate of lime	Sulphate of potash	Chile saltpeter	Superphosphate of magnesian lime
Sugar beet	No crop	—	—	—	—	—	—	—
do.	Sugar beet	Polyrave	May 1	20	40	20	25	20
do.	Barley	Akanmugi	4	20	45	12	—	—
do.	Orchard grass	Local variety	4	14	27	8	—	—
do.	Corn	Sakashita	13	24	40	16	—	—
do.	Bean	Chunagauzura	20	10	43	11	—	—
do.	Soybean	Kitanushiro	20	8	40	16	—	—
do.	Lucerne	Gunimurusan	20	24	40	12	—	—
do.	Clover	Akakuroba	20	20	30	8	—	—
do.	Potato	Norn No. 1	1	24	50	16	—	—
do.	Flax	Ura	1	17	50	12	—	—
do.	Rutabaga	Nemumrutabaga	1	29	50	16	—	—

3) 結果および考察

供試作物から4作物を選び、結果を図示すると第9図のようである。連作年次の土壤中の検出菌の消長は、作物の種類の差異よりも年次間の差の方が大きく、両年の差で特に顕著であるのは、初年目は6月が最高の発病で、それ以降秋期に低下しているのに対し、2年目は6月が最低発病となり、秋期の低下は少ない傾向にあることである。この原因は、各区ともほとんど同一の変動傾向を示していることから、この苗立枯病判定に基づく時期的差異は、土壤中の病原菌量の差異よりも、

実験環境の差が強く影響した可能性が考えられる。すなわち、この実験の栽培は、雨水を妨げた戸外であるため、栽培時の気温によって寄主の出芽に要する日数および寄生菌の活動が影響され、この傾向となった可能性が考えられる。

また、この両年を通してどの区においても *Rhizoctonia solani* の活性は *Aphanomyces* sp. & *Pythium* sp. に比して低かったが、これは苗立枯病を指標としたためであろう。これらの中で、菜豆連作2年目区での *Rhizoctonia solani* の活性が、他の区に比して若干高い傾向を示していることは

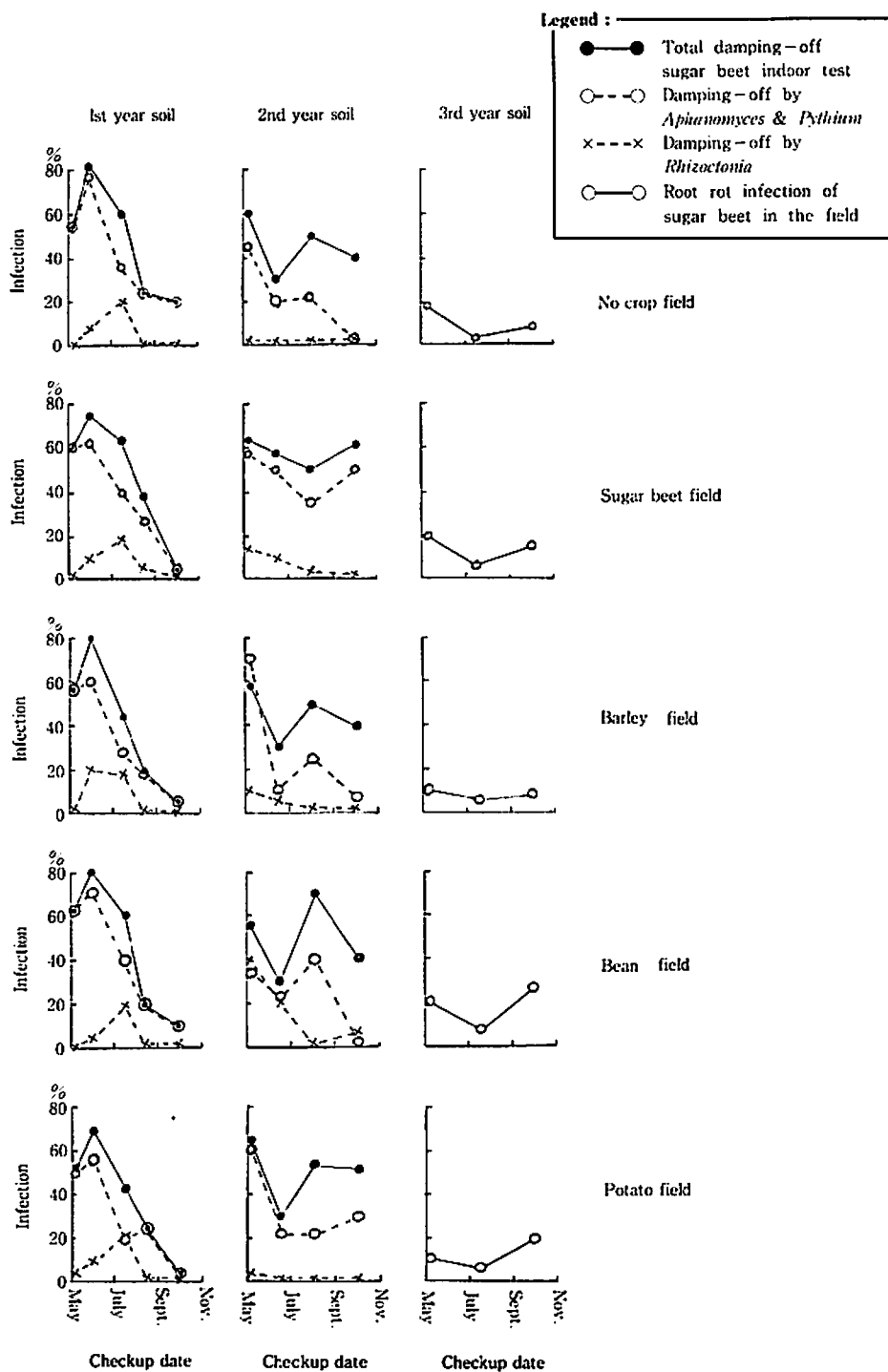


Fig. 9. Pathogenic activity of the field soil cultured different crops in testing years.

最終年の結果と併せて注目を要する。

最終年の圃場における根腐病発病率は、菜豆、テンサイおよびジャガイモ跡地で高い傾向があり、特に菜豆区のそれは他区に対して1%水準で統計的有意差が認められた(第7表)。

寄主作物の連輪作栽培がテンサイ根腐病の発生に及ぼす影響について、Buchholtz(1937)¹⁰⁾はジャガイモ跡地に根腐病の発病が激しいことを認め、Maxson(1939)⁶⁴⁾は一般に大麦などの麦類の後では土壤中の病菌は減少し、トウモロコシの前作も被害を軽減するという。Morris & Afanasiev(1952)⁶⁷⁾は、テンサイの連作を避けることは勿論であるが、ルーサンなどの跡地には根腐病が増加することを認めている。これに対して、Bissonnette(1965)⁷⁾は作物輪作による影響は明らかでないが、テンサイは土壤中の病菌量を増し、スィート

クローバーと夏期休閑を組合せると減少すると述べている。また、桑原(1969)⁵²⁾は東北、北海道のテンサイ連作試験をとりまとめて連作によって収量が減少することは明らかであり、この原因として、苗立枯病および根腐病による欠株の増加および肥料成分のバランス不均等、微量要素欠乏、有害物質の蓄積、有用微生物の変化などを挙げている。

これらの報告は試験の場所および年代も異なるので厳密には一致しない点も多いが、一般に禾本科作物の後は発病が少なく、豆科作物、テンサイおよびジャガイモなど寄生性作物の後に多い傾向があると認められ、この試験結果もこの傾向とほぼ一致し、根腐病の発病の多少に関与する環境条件として前作物の影響があることは明らかであると考察された。

Table 7. Differences of root rot infection and yield of sugar beet at the followed field cultured with various crops

Plot (prev.crops)	Dumping-off (June 8) Rate of infection	Crown rot (July 19) Rate	Grade	Root rot (Oct. 22) Rate	Grade	Root weight /10a	No. of stand /10a	No. of poor growth plant	Average of root weight
	%	%		%		Kg			g
No crop	15.9	1.9	0.38	6.8	2.5	2420	4848	1818	491
Sugat beet	19.4	3.8	1.56	12.8	5.6	1950	4747	1919	411
Barley	10.0	3.3	1.36	4.9	2.1	1950	4747	1919	411
Orchard grass	13.5	1.7	0.34	2.9	1.0	2740	5556	1111	493
Corn	6.9	5.0	1.22	10.5	5.4	2170	4848	1818	448
Bean	16.9	5.2	1.70	34.3	14.2	2750	5051	1616	544
Soybean	9.4	1.1	0.22	7.7	3.8	2740	5556	1111	493
Lucerne	7.1	3.8	0.76	3.5	1.8	1630	4848	1818	336
Clover	8.1	3.2	0.64	0	0	1580	4141	2525	382
Potato	9.9	6.7	7.48	18.4	12.5	2100	5051	1616	416
Flax	5.8	2.0	0.40	5.7	2.3	1780	4848	1818	367
Rutabaga	6.0	1.2	0.24	6.7	3.9	2580	5253	1414	491
L.S.D. (5%) (1%)	—	N.S.	—	13.7 18.7	—	N.S.	—	—	—

Note: The die out stands except from accounts of infection

C 防除方法

1 目的

*Rhizoctonia solani*は多犯性病原菌で、多種類の植物の多くの部位を各生育時期を通して侵害する。それに拘らず、この病害を十分満足出来る程度に防除する方法は極めて限られた場合に対してのみ可能であって、イネ紋枯病に対するバリタマイシン剤施用がその例である。

一般に、畑作物の土壌病害防除の考え方を大別すると、(1)栽培方法の改良など土壌環境の改善による被害の軽減、(2)抵抗性品種の利用による罹病軽減、(3)生物的、化学的または物理的手段による病原力の抑制である。(1)は長期輪作、有機物および植物栄養無機養分の適正施用、平高畦栽培による病原菌との接触回避⁵⁵⁾、土性改良などがある。(2)は亜麻立枯病および十字花科作物根瘤病で成功した事例^{65,95)}があり、これらは病原菌レースに対応する寄主の抵抗性遺伝子の利用である。(3)の生物的制御については、タバコ白絹病に対する *Tricoderma lignorum* 及び *T. viride* の抗菌作用を利用して防除剤が実用化されたが⁷⁸⁾、使用条件によって効果が不安定なため、一般には用いられなかった。物理的手段による殺菌は、主として熱処理が用いられ、Baker, K. (1967) らによって開発された空気混合による低温蒸気殺菌方法⁶⁾は、苗床土や温室またはビニールハウスのような集約栽培土壌で実用化され、防除効果も高いが、一般畑での利用には種々の制限があり、実用は困難である。それ故、現在のところでは広大な面積を対象とする防除は化学薬品を利用せざるを得ない。すなわち、一つは土壌中の病原菌を蒸気圧の高い化合物によって熏蒸殺菌する方法であるが、現在利用出来るものは eradicant であり、作物が存在しない期間に処理する必要があること、処理土壌で病原菌の復活する場合があること、施用薬価が高いことなどで、畑への利用にかなり制限がある。他の方法は比較的蒸気圧の低い化合物で、接触または浸透して殺菌効果を示すものの中から実用可能な物質を探索して、有効適切な使用方法を確立することである。しかし、実際の畑では収量レベルが異なり、また、被害の程度も一筆毎に軽重が

あり、しかもその予測はつけ難いので、これらの変動に適応し常に必要にして最小限度の処理に止めることは難しい。それ故、ここでは数地区で数年間にわたり多数回の試験を行ない、薬剤施用の発病抑制効果とテンサイの生育阻害など薬害作用を明らかにして、直接増収に役立つ薬剤とその施用方法を確立しようとした。

2 方法

試験は8年間に25回行なった。これらの試験は区制、面積、供試品種、薬剤およびその施用方法などが異なるので必要に応じて結果と共に記述するが、その他の肥培管理および調査の方法は、特に記述しない限り次の方法によった。

施肥量は10a 当たり窒素11.25kg を、硫酸アンモニアとチリ硝石との等量で用い、磷酸11.25kg は過磷酸石灰で、加里4.5kg は硫酸加里で、これらは何れも作条に施用した。堆肥は約2t を全面施用した。畦幅、株間は55cm, 22cm とし直播栽培では5月上旬播種し、6月上旬に間引作業、7月上旬中耕除草を行ない、生育中必要に応じて褐斑病とヨトウガの防除のための薬剤散布を2～3回実施し、10月上旬収穫するのを標準とした。

調査は収穫時の測定を主体として行ない、各区の外側1畦を除く中央畦(約100個体)について、調査基準図(付図3)に基づいて根部罹病程度を個体毎に判別し、次式によって罹病度を算出した。収量は各区全個体の根部重量の合計を測定し、10a 当たりに換算した。生育中期(7月下旬～8月上旬)の発病は基準図(付図2)によって行ない、参考とした。

$$\text{罹病度} = \frac{\sum(\text{該当指数} \times \text{当該個体数})}{5 \times \text{調査個体数}} \times 100$$

3 結果および考察

(1) 液剤または粉剤の土壌処理

試験結果は付表5～28に示した。これらを概括すると、有機塩素剤、有機水銀剤、有機砒素剤および有機硫黄剤の液剤および粉剤を主として播種時に、作条土壌に灌注又は混合して用いて根腐病に対する防除効果の比較を、喜茂別町の多発病畑で行なった(付表6, 8)。その結果、penta-chloronitrobenzene (PCNB) および methyl

mercury iodid (MMI) と ethyl mercury phosphate (EMP) の混合剤は、他の供試薬剤に比して防除効果が優ったが、統計的に有意差はなかった。

その後この畑は連作の影響もあって、テンサイの生育が正常でなくなり、根腐病の発生も何故か低下してしまったので試験を打ち切り、恵庭町と鹿追町に試験を移した。しかし、有機水銀剤は土壤残留毒性問題から実用の可能性がなくなったため検討を中断し、また、液剤は灌注水量が多くて実際の畑作業に適さないと判断されたので、PCNB 剤を主体とする粉剤の効果を再確認するため、投下薬量を増減すると共に、試験精度を高めるため 8~10 反復設計の試験を行なった (付表 9, 10)。その結果、PCNB 剤と bis (dimethyl thiocarbamoyl) disulfide (TMTD) 剤の根腐病抑制効果は統計的に有意であったが、何れも根部収量の低下が認められた。そしてこれが薬剤によるテンサ

イの生育阻害であることは、健全根部の平均 1 個体重の差から明らかであった。また、施用量と薬剤価格から判断して、TMTD 剤の実用化は無理であった。それ故、更に引続いて PCNB 剤の施用量など実用的使用方法について検討した結果、PCNB 剤と sodium *p*-dimethyl aminobenzene diazosulfonate (DAPA) 剤を混合施用すると根腐病の発病を抑制し、更に根部収量も増大すること (付表 12) および PCNB 5% 粉剤を発病の初期に、発病株周囲の地表面に散布すると、その後の蔓延を防止する効果があること (付表 14) が認められた。

異なる栽培環境下における防除効果を再確認するため、北海道および青森県のテンサイ栽培地帯の数カ所で更に試験を継続した (付表 15~26)。その結果はすべての地帯で一致したわけではないが、多くの試験で同様の傾向が認められた。次の

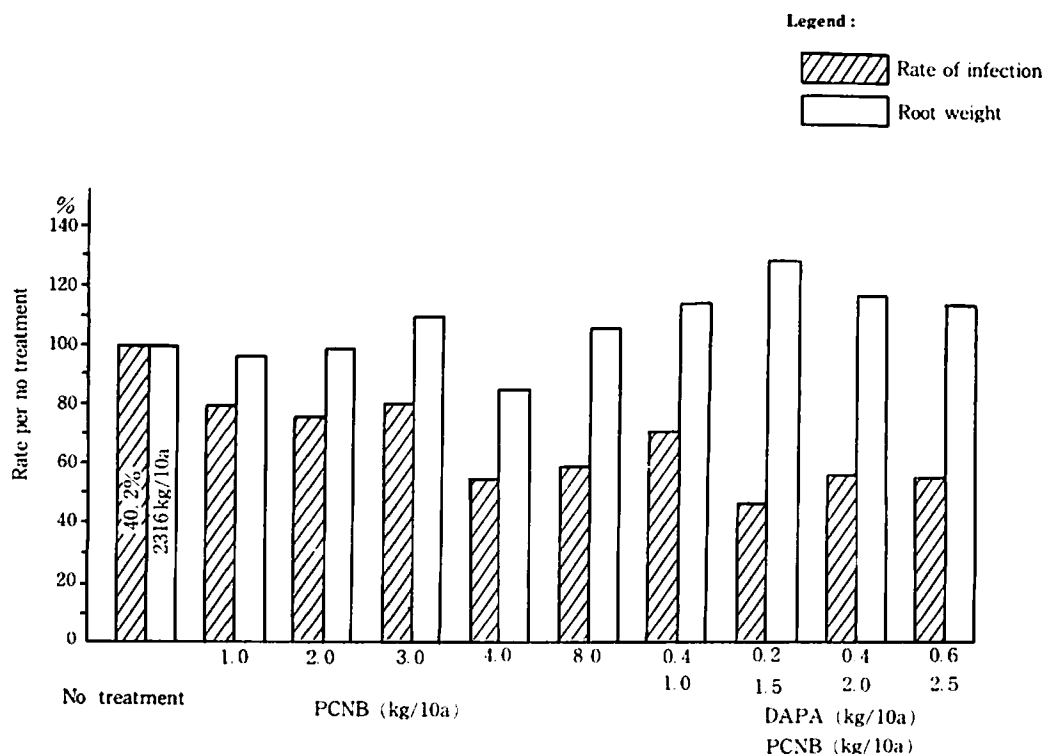


Fig. 10. Comparision of effects of fungicides used on control of root rot infection and yield of sugar beet.

で、より経済性の高い施用方法を見出すため、テンサイ種子に薬剤を湿粉衣する方法を試みたが、その防除効果は十分でなかった(付表27, 28)。

以上8年間の21試験から、発病の異常に少なかった試験を除きさらに同じ薬剤処理方法で3回以上試験していないものは削除して、PCNB剤単用およびDAPA剤混用の処理効果をまとめると第10図のようである。これから明らかなように、根腐病の発病を抑制し根部収量を増大させる処理はPCNB剤1.5kg, DAPA剤0.2kg/10aであって、施用方法はDAPA4%, PCNB10%を含む粉剤5kg/10a量を播種時まき溝土壤によく混合して用い、さらに発病の初期にテンサイの地際部土壤を対象としてPCNB5%, 粉剤20kg/10a量を地表面散布するのが適当である。なお、発病が多い畑の場合には、PCNB5%粉剤5g/株を発病初期に、発病株とその周辺株に散布する方法もその後の蔓延防止に有効である。

PCNBの作用機作については、菌体のSH基に作用すると推定され、効果は静菌的である。また、水にほとんど不溶であるので土壤中での移動は極めて小さく、残留性が高い⁷¹⁾。それ故、本剤の施用は土壤とよく混和し必要部分に分散させる必要がある。また、植物に対する害作用は、イチヂクの根に褐変を生ずることが報告されているが³⁹⁾、一般には薬斑を生ずることは少なく、生育抑制を起すことが多い。テンサイ以外ではレタスでの生育阻害報告がある⁶²⁾。

DAPAは*Pythium*属菌のNADH-チトクロームC還元酵素作用を阻害することが証明され、*Rhizoctonia*属菌のミトコンドリアのNADHは、この化合物を分解するので、この菌には無効であることが明らかにされている⁷²⁾。DAPAは水溶性

で、陰イオン化するので土壤粒子に吸着され難く、土壤水と共に移動して病原菌と接触し、殺菌作用を示す。しかし、光線によって急速に分解されるので¹¹⁰⁾、地上部の散布に適さない。植物に対する害作用は極めて少なく、1000ppmでもテンサイに障害を示さない(未発表)。しかし、本剤は現在農薬取締法による登録を行わないため、非農耕地以外の使用は不可能の実情にある。

(2) 燻蒸剤の土壤処理による防除

テンサイ栽培の前年秋に、N-methyl dithiocarbamate sodium (VAPAM) および thiourea-form (TUF) を土壤に注入し、そのまま翌春まで放置し、常法でテンサイを栽培して根腐病の発生と収量に及ぼす影響をみたが、その効果は殆んど認められなかった(付表7)。次いで、栽培年の春早くに methyl bromide (MB), chloropicrin (CP) 及び dichloroisopropyl ether (DPE) を注入し(MBはビニールフィルム被覆して地表面で噴出させた)、ガス抜き耕起後に、常法による移植栽培によって発病と収量に及ぼす影響をみた。その結果、MB剤は発病抑制および根部増収効果が極めて明らかであった。CP剤も効果はあったが、MB剤に劣り、DPE剤は発病抑制効果は高いが、処理区の根部収量が著しく劣り、実用性は全くなかった(付表13)。

これらの結果から、MB剤の播種前土壤処理は根腐病防除に極めて有効であるが、薬剤および被覆材価格、処理労力さらに薬剤の人体に対する危険性などから一般畑への実用性は極めて乏しい。しかし、土壤への薬剤残留は殆どないこと、および防除効果が高いことから本病のために調査が困難となる場合のテンサイ試験圃場で、本病をあらかじめ除去する手段としては有効である。

III ジャガイモ黒あざ病

A 既往の研究

ジャガイモ黒あざ病が植物病害として、最初に認められたのは、1858年 J. G. Kühn⁵¹⁾によるもので、その病原菌は *Rhizoctonia solani* であることが明らかにされた。その後、ヨーロッパ各地で発生が認められ、アメリカでは1891年に Pammel⁸⁰⁾によって発見された。しかし、彼はこれを *Rhizoctonia betae* としたので、アメリカでのジャガイモ黒あざ病の最初の記録は Dugger & Stewart (1901)¹³⁾による。

わが国における最初の発生は、1902年北海道農事試験場とする著書³⁷⁾があり、その後の報告はないが、1930年の北海道庁産業部農事彙報⁴³⁾に、再び報告されている。

現在、北海道では殆んどすべての栽培地帯にみられ、土壤伝染性病害の中で、最も広い分布を示すものの一つとして知られている。しかし、本病の突被害報告は極めて少なく、わが国での精しい被害調査はないに等しい。アメリカ農務局の1922年植物病害調査報告によれば、*Rhizoctonia solani* による減収は全収量の8～15%であったとされ、また、一般に全米の *Rhizoctonia solani* によるジャ

ガイモの平均減収率は2～3%、約1,000万ブッシェルであって、メイン、ワシントン、オレゴンおよびカルフォルニア州などの主産地では15%に達することもあるが、普通は8～10%の減収であるとされている。

北海道における近年の発生は第8表のように推定されている。これによれば、年による変動はあるが毎年発生し、やや増大傾向にあるといえる。

ジャガイモ黒あざ病の研究報告の中の主なものには、Gussow の stem canker により生ずる氣中塊茎に関する観察²⁵⁾、発病に及ぼす有機物施用の影響⁸¹⁾、土壤温度が発芽時の被害回避に及ぼす影響⁸²⁾、Sanford による本病の被害⁸²⁾および土壤湿度の病原力に対する影響⁸³⁾、ジャガイモ分泌物による *Rhizoctonia solani* の刺戟²⁹⁾、塊茎の芽に対する侵入について⁸⁴⁾、土壤湿度と発病の多少⁸⁴⁾、*Rhizoctonia* 属菌の侵入の対する塊茎の防御反応¹⁰⁴⁾、品種抵抗性のジャガイモの活性との関係³¹⁾、塊茎上に生ずる菌核の病原性差異⁸⁴⁾、罹病塊茎使用における発病⁹⁷⁾、土壤施薬による防除⁵⁸⁾などがある。

一方、わが国におけるジャガイモ黒あざ病に関

Table 8. Black scurf of potato in Hokkaido in recent years

Year	Area of Potato	Area of infected	Area of injured	Area of different infection		
				Severe zone	Middle zone	Minor zone
	ha	ha	ha	ha	ha	ha
1968	85500	25000	2600	0	2600	22400
1969	82700	25000	1700	0	1700	23300
1970	69800	35000	1000	0	1000	34000
1971	70100	25000	—	—	—	—
1972	73600	34000	1000	0	1000	33000
1973	74900	35000	1000	0	1000	34000
1974	68700	40500	1500	0	1500	39000
1975	70000	36500	1700	500	1200	34800

Note: It referred to the data of Plant Disease Forecasting Section in Hokkaido Agricultural Office

する研究は、概説的に記述されたものはあるが^{93, 91, 102}、生態および防除については極めて少ない。すなわち、第一次伝染源について橋本（1959）の観察²⁸があり、品種間発病差異についての報告が竹森ら¹⁰³にある。また、防除技術を主体とする報告には、北海道農試（1931）³²、道立農試病虫部（1958）³⁴、尾崎ら（1976）⁷⁹、および坪木ら（1976）の報告がある。

B 発病と被害

1 目 的

ジャガイモ黒あざ病の症状は、一般に次のように表現されている。「芋の表面に、褐色または黒色の土粒あるいは樹脂のような小さい塊がつく。この芋を植えると、芽が侵されて枯れ、次に弱々しい芽が出る。出芽後発病すると、成長が悪く葉色衰え、枯れるものもある。根元に黒褐色の病斑を生じており、一般に芽は萎縮叢生する。成熟期に達すると、茎が肥大して畸型となり、地上部にむかごのような小芋がつく。多湿下では、病斑部に病菌の菌糸、胞子が白く着生する」⁹¹。また、茎葉部の病徴について、「生育は不良となって、下葉が黄ばんで巻き上ってくる。頂葉が小形となってやや紫色をおびて葉巻病の初期のような感がある。葉は硬化して、葉腋や地ぎわに小さな気中薯が多数生ずる。これは本病の特徴ではないが、黒あざ病にかかると、この現象をよく現すものである」⁹¹とされている。しかし、一般に本病の収量に及ぼす被害と症状との関係については明らかでなく、農産物としては塊茎に付着した菌核の程度を本病の被害とし、また、種いも生産の場合には、地上部茎葉の異常症状をもって、病株抜取り処分の判定をしており、本質的被害査定として十分でない。

これらのことから、本病の発病生態と被害とを把握するため、北海道農試作物部第4研究室の多発生圃場（元千歳郡恵庭町島松）で、発病の経過を観察した。

2 試験方法

供試品種「北海16号」の塊茎のうち、菌核着生の多いもの（調査基準）で中以上のもの（写真図版II-1参照）を播種した罹病塊茎区、また、全く

菌核着生がないか、若しくは少ない塊茎（基準以下のもの）を、昇汞千倍希釈液に20分間浸漬後、水洗風乾して播種し健全塊茎区とした。

栽培は5月17日播種し、肥培管理は一般標準耕種方法によった。観察圃場は1区46m²とし、区内を2等分して、一方を生育中の堀取り調査に供し、他は立毛および収穫調査に用いた。

調査は生育初期、中期および後期について、ジャガイモの成熟過程および罹病状況を観察したが、時期によって調査個体数、基準などを異にするので、方法はそれぞれの結果の表に付記した。

3 試験結果および考察

罹病種いも区、無病種いも区のそれぞれにおける生育期ごとの堀取り調査結果は、付表29～31に示すとおりである。すなわち、各期別にこれらの結果を要約すれば、次のとおりである。

a 生育初期（播種後15～50日）

芽における代表的症状は写真図版II-(2)のように、若い茎にみられる褐色の壊死病斑で、この病徴を示した芽の割合は、罹病種いも区に多く、また、分離菌中の *Rhizoctonia* 菌検出率からみても、種いもに着生していた菌核から影響を受けていることは明らかである。

写真図版II-(3)のように、芽の頂部が侵されると、その基部から分岐して、1～2本の細い芽を生ずることが多く、また、頂芽が抑制されると、一般に側芽の伸長が促進されるが、これらは生長が速いためか、殆んど被害を受けないことが多い。しかし、これらの生長した茎はせん弱で、本数が多く、そのため後述する屑いも増加の遠因となると推察される。すなわち、本病は萌芽時に発芽の遅延、不揃いおよび細芽増加の被害を生ずる。

播種後45日になると、生長した茎の地際部に褐変および該部のくびれ症状が認められるが、これらは罹病種いも区よりも健全種いも区に多くみられ、また、該部に病原菌菌糸の着生が認められるものが少なかった。それ故、これらの症状のすべてが本病によるとは考えられず、他の原因による損傷も多いものと推察される。

b 生育中期（播種後60～100日）

播種60日後には、すでにストロンの伸長と新塊

茎の形成が始まり、これらの幼若組織には、多くの褐変した水浸状部位がみられる（写真図版Ⅱ-4）。しかし、これらの部位から、常法によって分離検出される菌類は、殆んど本病原菌以外の菌種であり、*Rhizoctonia* 菌が検出出来るのは、新塊茎に付着する菌糸塊と根部の褐変部位からのみであった。それ故、これらの水浸状褐変症状の多くは、本病の病徴とは判定出来ない。しかしながら、ジャガイモ塊茎腐敗において、本病菌と *Fusarium solani* との相乗作用の報告¹⁷⁾もあり、また、水浸状褐変症状の出現率およびその程度は、調査した各生育期を通じて、罹病種いも区の方が高いことから、黒あざ病の罹病とこれら症状の発現とは全く無関係ではないものと推察される。

一般に本病の特有症状の一つとされる気中塊茎（写真図版Ⅱ-6）の形成および茎葉頂部にみられる異常症状（写真図版Ⅱ-5）は、この時期に生ずるが、この試験では極めて稀に認められるに過ぎなかった。

c 生育後期（播種後110～150日）

調査結果は付表31に示した。この時期の最も特徴的な症状の一つは、ストロン数の増加と、その短少化である（写真図版Ⅱ-7, (8)）。この現象は生育中期に、すでにその傾向がみられていたが、収穫期に近づいて、より明らかとなり、さらに、1株に形成される全塊茎の重量では、健全種いも区と大差ないが、小形の屑いも比率が多くなり、上いも収量としては明らかに減収となった（写真図版Ⅱ-9, (10)）。

塊茎への菌核形成は、8月上旬から僅かに認められていたが、9月中旬以降に急激な増加を示した。この現象は気温の低下に伴う菌の生態変化も推定されるが、塊茎の肥大生長の停止が菌の着生に関与しているであろうことは、成熟いもに菌核形成が多いことから推察される。

上記の堀取り調査とは別に、罹病種いも区において、地上部にみられる症状別に株毎にマークし、その生育および収量を調査集計した結果を第11図に示した。すなわち、5つの地上部症状の中で、最も出現率の高かった症状は、茎の地際部への菌糸でん着であるが、この部分の茎には殆んど病斑

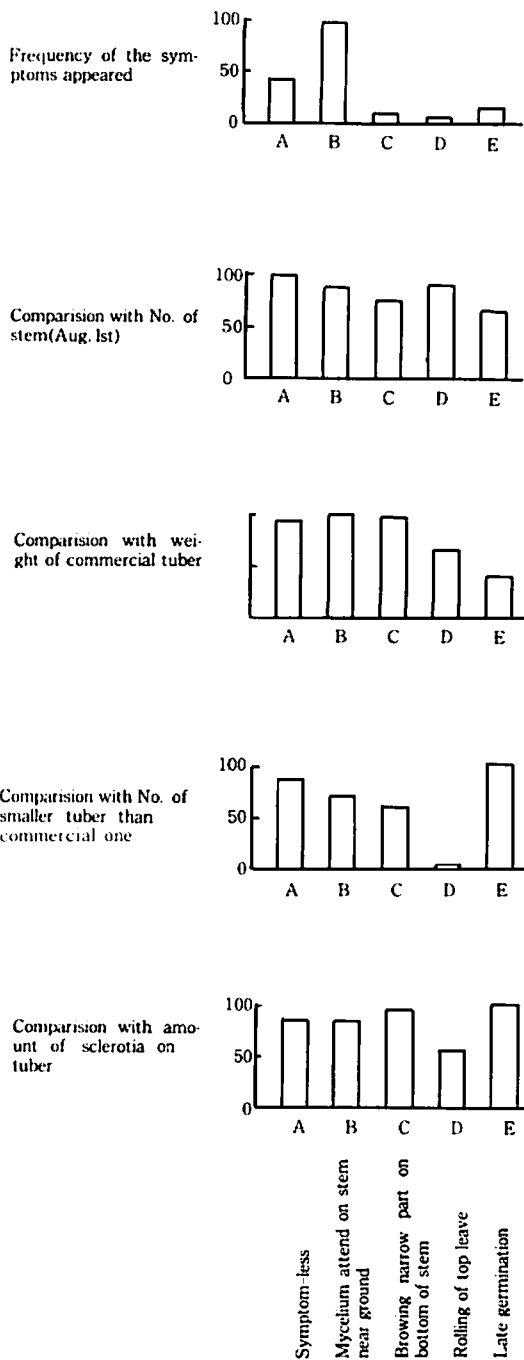


Fig. 11. Effects of black scurf infection on the growth and yield of potato.

がなく、また、この症状を示す株には、生育不良および減収が認められず、無病徴株と大差ないことから、*Rhizoctonia* 菌の存在を示す症状の一つではあるが、ジャガイモの生育に対する影響は少ない。これに対して、萌芽遅延株は発生率が低い、生育と収量への影響が大きく、最も激しい被害を示す黒あざ病の症状である。また、この症状の株は屑いも率が高く、同時に菌核付着程度も高い。このことは前述の成熟塊茎に菌核着生が多いという生育後期の観察と矛盾するようであるが、株当り上いも数が少ないために、塊茎当りの菌量が増したものと推察される。

黒あざ病罹病の地上部観察による判定症状の一つとして、従来、頂部葉の変色および巻上り異常（写真図版II-(5)）が指標とされているが、ジャガ

イモ葉巻罹病以外で、このような徴候を示すものの多くは、茎の通導組織に何等かの障害があるためであり、この試験でも茎基部の褐変くびれ症状のある株に多かった。しかし逆に、茎基部の褐変くびれ症状株の多くは、必ずしも頂葉の異常を示さないで、これのみで黒あざ病の罹病を判別することは難しい。

気中塊茎（写真図版II-(6)）の形成もまた、炭水化物の地下部への転流が茎の通導組織の機械的閉そくによって生ずる現象であり、この試験では僅かに1株に認められたのみであった。それ故、黒あざ病罹病によって稀に生ずる症状の一つであると推定される。

罹病塊茎と健全塊茎とをそれぞれ播種した圃場（各10m²）のジャガイモの生育と収量とを第12図

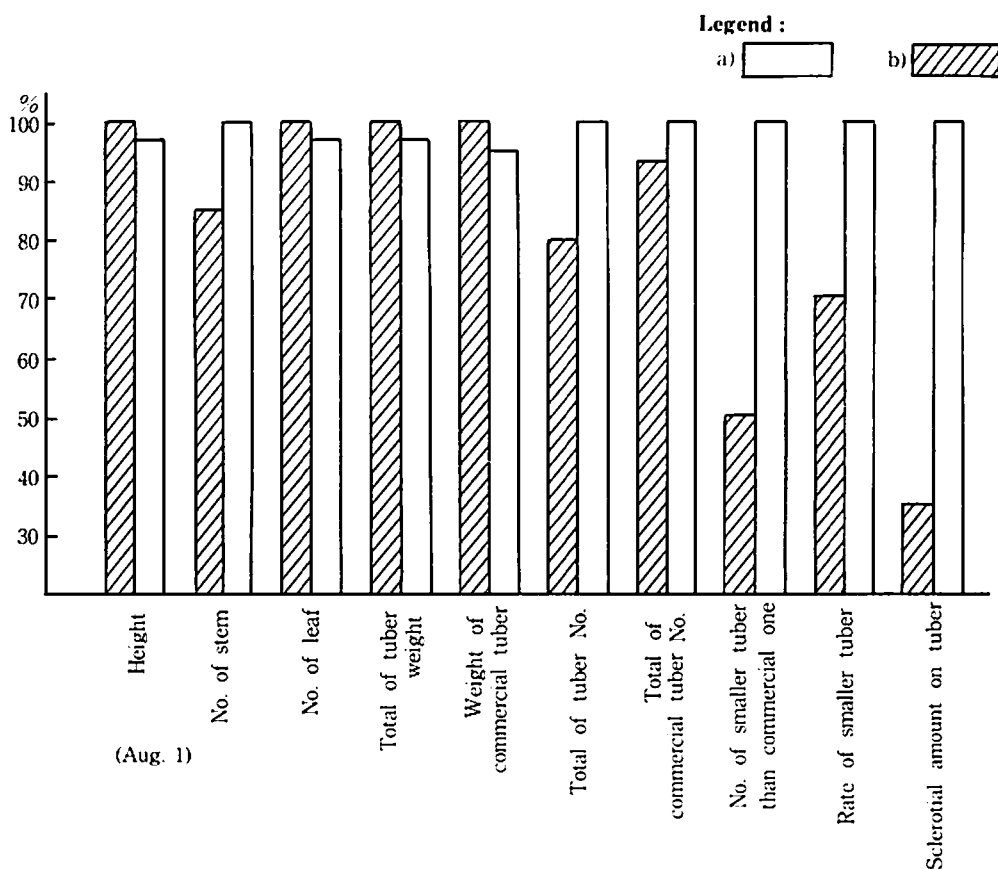


Fig. 12. Comparisons with growth and yield of the potatoes were planted seed tuber with abundant sclerotia^{a)} and without sclerotia^{b)}.

に示した。この結果から最も明らかな両区の差異は、屑薯の生成量と菌核付着程度であった。前者は萌芽時の芽の被害に基因するせん弱な茎数増加と関連するものであるが、塊茎形成では総重量で数%の減少にすぎず、数量では逆に増加する傾向を示し、本病の生産に及ぼす影響は、一般に大きくないと推察される。しかし、菌核付着程度では、約3倍の差異があり、商品価値としての生産上の差が大きいばかりでなく、種薯生産の場合は、病原伝搬上から重要である。

この畑はジャガイモ栽培頻度が高く、黒あざ病の常発地であったけれども、用いた種薯による発病差異はかなり明確であった。このことは本病の種薯萌芽時加害ばかりでなく、収穫時の塊茎への菌核付着も、用いた種薯の菌核付着程度によって、その量の増減が支配されており、本病の場合には、畑土壤に存在する病原菌よりも、種薯に由来するものの方が、作物に対する影響力が大きいと推察された。

C 防除方法

1 抵抗性品種

a 目的

北海道で栽培されているジャガイモ品種は約10種で、その栽培面積と比率は第9表のようである⁹⁰⁾。しかし、これら主要品種間の、ジャガイモ黒あざ病に対する抵抗性差異については殆んど明らかでなく、また、育種素材系統についても、強度の抵抗性をもつものが知られていない。それ故、ジャガイモの黒あざ病抵抗性検定方法を確立して、品種および系統間の抵抗性強弱の有無を判定し、実用品種の育成とその利用をはかろうとする。

b ジャガイモ萌芽時の抵抗性

(1) 人為環境での検定

(a) 検定方法に関する試験

1) 方法

蒸気殺菌した小麦粒に、病原菌を接種培養し、切りわらと共に沖積心土に混合して、木箱に入れて病土とし、これに供試4品種（北海16号、北海

Table 9. The varieties of potato in Hokkaido (1973)

Variety	Behi- maru	Norin No.1	Dansha ku-imo	Eniwa	Mei- kuin	Hokai- aka	Yuki- jiro	Taru- mae	Shire- toko	Bi- horo	Others
Ara of planting	ha 28578	ha 20553	ha 15148	ha 4717	ha 3880	ha 547	ha 364	ha 126	ha 116	ha 31	ha 840
Rate	% 38.2	% 27.4	% 20.2	% 6.3	% 5.2	% 0.7	% 0.5	% 0.2	% 0.2	% 0.0	% 1.1

Note: It referred to the data of Statistics Bureau of Government

19号、神谷薯、イーステリング)の芽の部分、直径15mmのコルクボーラーで打抜き、円筒柱型塊茎として直ちに植え付け、土壤湿度は40重量%を保ち、13°C、18°Cおよび25°Cの室温で15日間栽培し、その罹病を調査した。

2) 結果および考察

結果は第13図に示した。この試験では、塊茎打抜き後直ちに土壤に植えたので、腐敗が塊茎内に進行し、そのため各品種とも発芽が殆んど出来なかった。腐敗率は病原菌の土壤接種によって明らかに高まり、栽培温度18°Cで最も低かった。また、各温度とも腐敗率は「イーステリング」が高く、「神谷薯」が低かったため、品種間に塊茎腐敗難

易の差異がある可能性が考えられるが、後述の圃場での本病被害の傾向とは異なるので、この方法での品種間抵抗性差異の検定は不可能であると判断された。

(b) 検定試験

1) 方法

試験は2回に分けて行ない、両試験とも12品種系統を供試した。塊茎は4つ切りとし、切断面を2日間風乾してから、木箱につめた沖積心土に、各品種9個体を植え付け、その表層土壤に(a)項試験と同様の小麦粒培養病原菌を接種し、15°Cで栽培した。発病調査は所定日数後に堀取って、芽の発病率と罹病程度について行なった。罹病程度は

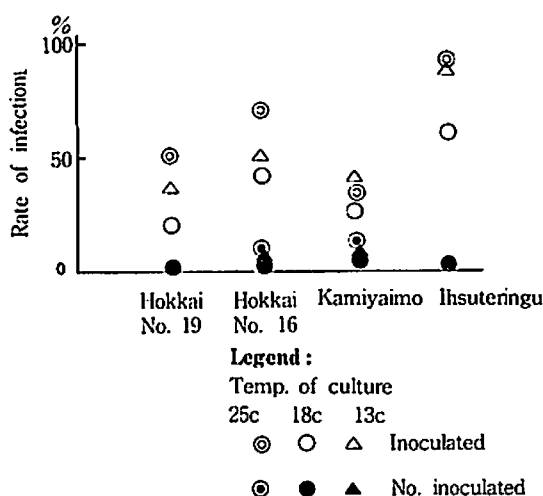


Fig. 13. Difference of tuber infection by *Rhizoctonia solani* among the varieties of potato.

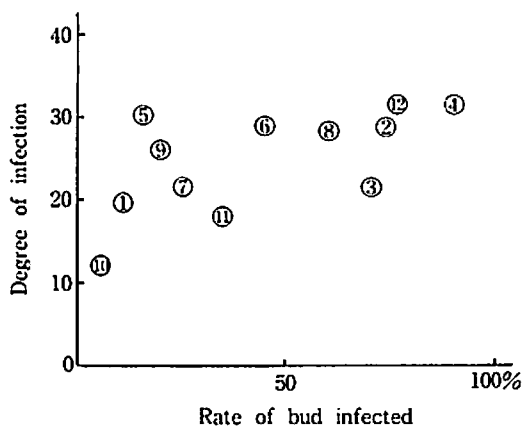


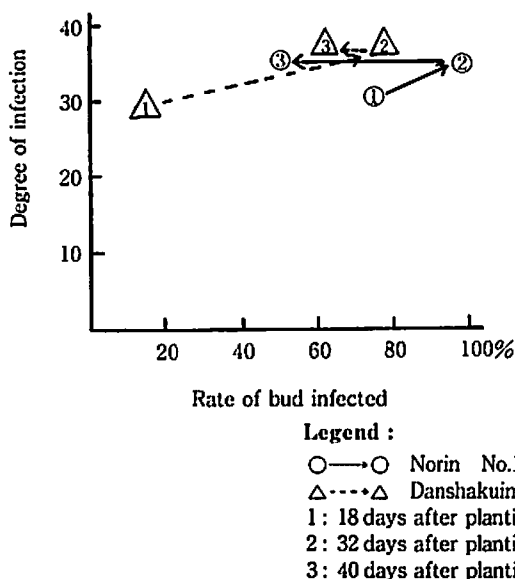
Fig. 14. Infection of young bud of potato by *Rhizoctonia solani* at 18 days after planting.

芽の病変部の大きさを5段階に分けて測定し、百分率に換算した。

2) 結果および考察

供試品種の播種18日後の罹病状況を第14図に示した。これだけをみれば、品種間に明かな罹病性差

1) test 1



2) test 2

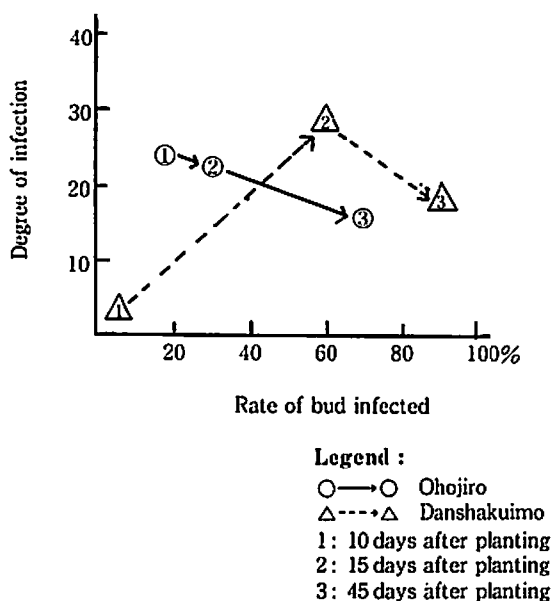


Fig. 15. Time changes of degree of infection by *Rhizoctonia solani* in the bud of potato in early growth stage.

異があると考えられるが、これは進行する病状の一断面にすぎず、罹病程度の品種間順位は調査

時毎に異なった。この時期的変動を両試験の2品種について第15図に示した。

すなわち、本病による芽の罹病は、播種後15～20日まで急速に高まるが、その後の病状の進行は変動が大きく、40～45日では低下の傾向を示す。このことは発病と被害の生育初期の項（B-3-a）で述べたように、芽の被害に対する塊茎の補償作用によって、新たな芽が活動を始めるので、初期の罹病は一時軽減した形となり、品種間の差異は接近または逆転することもあるのであろう。

これらの現象は、供試12品種間で多少の差はあるが、共通してみられるので、この方法によって品種間抵抗性差異を検定することは、困難であると考察される。

(2) 圃場での検定

(a) 方法

試験は2回に分けて行なった。場所は札幌市琴似町元北海道農試圃場で、第1試験では小麦粒に培養した病原菌を、播種時にまき溝土壤に混合接

種し、種いもは有機水銀剤で表面殺菌をした塊茎を用いた。第2試験ではこれらの人為接種を行わず、菌核付着塊茎を播種した。両試験とも栽培は一般耕種方法に準じ、調査は所定期間に生育期を追って行ない、罹病程度の判定基準は、前述の室内検定の基準に準じて、0～4の5段階指数を与えて算出した。

(b) 結果および考察

結果は第16図に示した。第1試験では全体に罹病程度が低かった。播種40日後に最低となることは、前試験と同様の傾向であったが、品種間では男しゃく薯が他の2品種に比して、常に低い罹病程度で経過した。同様のことが第2試験でも認められ、男しゃく薯は農林1号に比して、罹病性が低い傾向にあると言える。また、第2試験における美深紅は常に他2品種に比して、高い罹病程度が観察され、この方法によって、品種間の罹病性差異を一応認めることが出来たようにみえるが、しかし、これが品種の遺伝子に基づく抵抗性によ

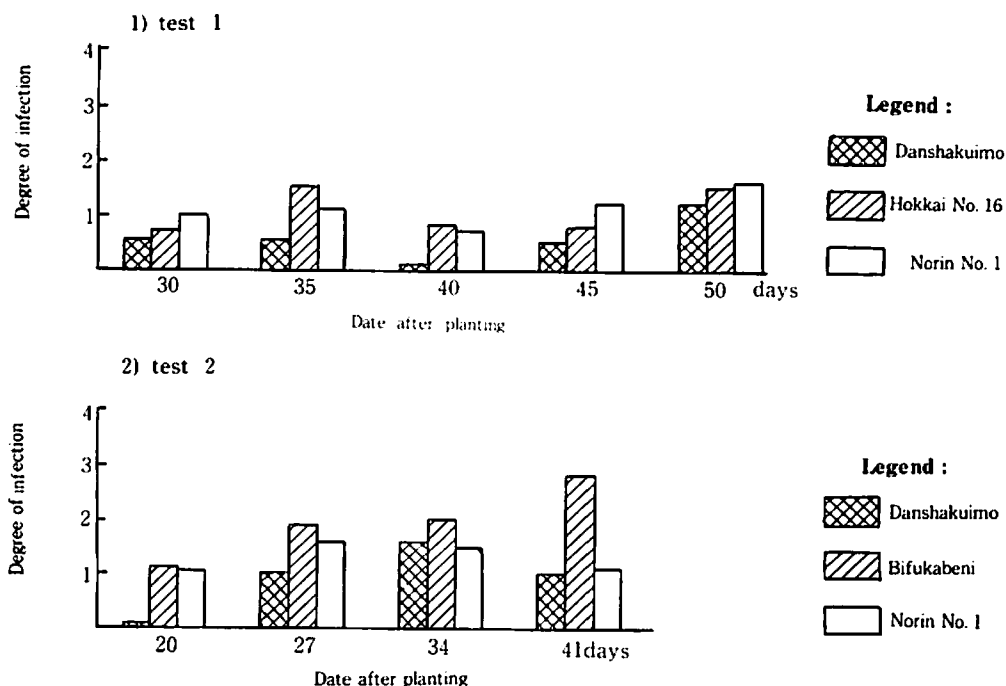


Fig. 16. Time changes of degree of infection by *Rhizoctonia solani* in bud of potato varieties at field.

るものかどうかは疑問である。Richter & Schnider (1954)⁹⁹⁾は接種試験によって判別した結果、56種の野生種は栽培種より被害が少なかったが、栽培種間の差異は明らかでないと述べている。

芽における本病抵抗性の品種間差異が、十分明らかでない理由の一つは、罹病の1部が前述の補償現象によってマスキングされ、被害判定が狂うことであるが、他の一つは品種間の抵抗性差異よりも、栽培環境の差異の方が、発病に対して、より強く影響するためであろう。このことは第1、第2試験の男しゃく薯を比較して、同一時期の罹病程度の差異が、品種間よりも大きい場合が多いことから推察される。

Sethoffor & Termroljev (1950)⁹⁶⁾によれば、80品種を比較して、抵抗性のものは認められなかったが、萌芽の速いものは、一般に被害が軽微であったという。萌芽の遅速は休眠期からのめざめと塊茎の活力と外界環境によって支配されるが、外界環境は人為的出来るだけ均一とし、塊茎の活力差は個体間誤差の範囲とすれば、同一播種期での萌芽の遅速は、休眠からのめざめ程度に係り、これは品種の早晩性と結びつく。即ち、供試品種間では、男しゃく薯、農林1号、北海16号、美深紅の早晩順位となり、第16図1)の結果で、或る期間に農林1号と北海16号との間で、逆転している以外は、この順位と罹病程度のそれは平行している。このことから、この試験でみられた品種間の罹病程度の差異は、Setoffor らのいう萌芽の遅速による被害回避であると考察される。

c 塊茎の菌核付着における品種間差異

(1) 試験方法

試験は9年間(1953～1961)に行ない、最初の5年間の圃場は、北見市屯田町の元道立農試北見支場の発病圃場で、その後の4年間は常呂郡訓子府町北見農試圃場で、ここでは播種前の土壤に、本病原菌を培養した小麦粒2kg/10aを毎年混合接種し栽培したが、最終年は無接種で行なった。

栽培は標準耕種方法に準じ、施肥量は硫酸アンモニア15、過磷酸石灰26、硫酸加里12、魚粕12kg/10aで、畦巾、株間は75、40cm、5月上旬に種いも2つ切りの点播とし、中耕除草3回、培土2回、

病虫害防除はマラソン3%粉剤3kg/10a1回散布および6-6式ボルドー液100ℓ/10a3回散布である。圃場面積は供試品種数によって変動するが、1品種約3m²の3～5反覆乱塊法設計で行なった。供試品種系統は北海道農試育成系統から選定したが、農林省育種指定事業特性検定試験であるため、同一品種をすべて継続供試出来なかった。しかし、男しゃくいも、農林1号、紅丸および神谷いもは対照品種として累年継続して用いた。

調査は収穫時の塊茎の菌核付着程度によって判定した。即ち、付着菌核程度基準を6段階に区別し、指数10、6、3、1、0.25、0を与え、被害係数=Σ(該当指数×当該塊茎率)を算出した。

(2) 結果および考察

試験期間の中で、3ヶ年以上供試された品種系統の被害係数を第10表に示した。この表から、同じ年次における被害係数の比較では、各品種系統間に明らかな差異が認められるが、年次間の変動は各品種とも大きく、また、品種間の強弱順位も年によって入れ代わり、一定の傾向を示していない。このことは、菌核着生に対する品種抵抗性の差が栽培環境による影響よりも微少であるために、明確な差異を示さない。即ち、品種間抵抗性差は弱いがあると考えべきか、または、この菌核着生現象とは、菌糸の近くに着生に適当な物があれば、生物、無生物に関係なく、機械的に菌核を形成するものであって、その着生量の多少は、菌糸と塊茎が接触する機会の有無に過ぎず、本質的に抵抗性とは無関係である、と言えるかどうか明らかでない。しかし、いずれにしても、菌核着生を品種抵抗性で解決することは困難であると推察される。

2 薬剤防除

a 目的

ジャガイモ黒あざ病防除の方法として、健全塊茎を用いることの重要さは、前述のB項の観察から明らかであり、このための種いも表面殺菌に、有機または無機水銀剤の使用が指導された時代があった。しかし、重金属による環境汚染防止の上から、国内では1971年以降、すべての水銀農薬の

Table 10. Comparison with amount of sclerotia formed on tuber of the varieties of potato

Variety	Testing period									Average
	1st year	2nd yr.	3rd yr.	4th yr.	5th yr.	6th yr.	7th yr.	8th yr.	9th yr.	
Norin No.1	a) 87.3	30.4	109.5	46.4	91.0	8.2	131.1	20.7	97.0	69.1
Danshakuimo	19.0	25.0	100.5	—	117.0	21.9	64.8	75.8	41.4	58.2
Benimaru	24.3	11.8	—	83.3	40.0	—	96.9	—	57.6	52.3
Kamiyaimo	0.0	8.1	66.2	20.1	—	155.3	—	13.3	37.9	43.0
Kenebeku	—	16.6	54.2	62.8	54.5	—	—	—	—	47.0
Chitose	27.3	4.6	208.6	—	—	—	—	—	—	80.2
Nemurobeni	114.0	11.0	—	70.8	109.5	—	—	—	—	76.3
Ohjiro	44.0	6.6	132.6	—	109.4	—	52.9	—	—	69.1
Hokkai No.10	7.7	16.9	33.3	45.9	—	—	—	—	—	26.0
Niseko	—	—	19.9	39.5	4.8	—	146.5	—	—	52.7
Hokkai No.16	—	—	63.3	106.6	30.2	—	—	—	—	66.7
Yohraku	—	—	—	120.6	139.1	102.1	16.3	71.8	94.2	90.7
Hokkai No.18	—	—	84.7	59.5	141.0	—	—	—	—	95.1
Hokkai No.19	—	—	—	168.3	69.0	5.1	31.4	—	59.3	66.6
Rishiri	—	—	103.5	53.4	52.7	0.6	57.4	—	—	53.5
Eniwa	—	—	—	—	—	111.0	64.2	158.3	45.0	94.6
Hokkai No.25	—	—	—	—	—	—	21.4	124.7	58.8	68.3
Ahrirohzu	—	—	85.6	48.5	57.2	—	—	—	—	63.8
Ihsuteringu	—	—	63.9	5.3	47.2	—	—	—	—	38.8
Average	40.5	14.6	86.6	66.5	75.9	57.7	68.3	77.4	61.4	

Note: a) is injury index. Injury index = $\Sigma(\text{No. of tubers in every class} \times \text{Proper indexes})$

使用停止が指導された。

また、ジャガイモ品種間の本病抵抗性差異は十分でなく、耐病性育種による本病防除の可能性は極めて乏しい。

それ故、種いも殺菌以外の薬剤処理によって、本病の被害を軽減する方法を検討した。

b 方法

(1) 試験 I

千歳郡広島町中央馬鈴薯原々種農場の畑で、1区20m² 乱塊法3反復設計によって、結果に示す10処理を行ない、男しゃく薯の無殺菌塊茎を5月16日に播種し、肥培管理は標準耕種方法に準じ、9月29日に収穫し、塊茎の収量と黒あざ病の被害

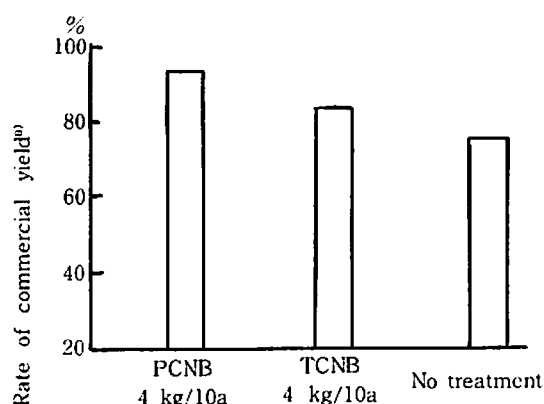
を調査した。

(2) 試験 II

恵庭市にある北海道農試作物第4研究室の圃場で、1区20m²の乱塊法3反復設計によって、PCNB 20%粉剤20kg/10aとTCNB 20%粉剤20kg/10aを、播種時にまき溝土壌に混合施用し、大白および北海16号の2品種を、表面殺菌せずに、5月12日に播種し、肥培管理は標準耕種方法に準じて行ない、10月26日に収穫して、収量と黒あざ病の被害を調査した。

(3) 試験 III

試験 II と同じ圃場で、1区23m²の乱塊法4反復設計によって、結果の項に表示した5処理区を



Note: a) = (No. of good tubers for sale / No. of total tubers) × 100

Fig. 17. Control of fungicide for black scurf injury of potato

設置し、品種は北海16号を用いて、5月15日に播種した。肥培管理は標準耕種方法に準じて行ない、10月26日に収穫し、塊茎の収量および黒あざ病の被害を調査した。

c 結果および考察

これら試験の結果は付表32～34に示した。3つの試験を通じて明らかなことは、PCNB および TCNB の処理は、総生産量に対して抑制傾向を示し、無処理と大差ないが、屑も率、菌核付着率を明らかに低下させ、良いも収量としては増大するので、これらの薬剤は黒あざ病菌の活動を抑制し、被害を軽減していると考察される。

このことを、各試験に共通した薬剤の処理量と作物の商品化率(良いもの総いも数に対する比率)で図示すると、第17図のようであって、被害程度に応じて薬量を加減すれば、PCNB 剤は本病の防除に用いて、有効であると判断される。

IV 総合考察および結論

Rhizoctonia solani はニュージーランドの草原土壌から高頻度に分離され¹⁰⁵⁾、また、札幌市の野幌原生林を開墾して1～2年後に激しいジャガイモ黒あざ病が起こることから、この菌は本来森林、草原に生存していて、そのまま農耕地化した畑へ侵入したものと考えられている¹¹²⁾。

また、本菌はペクチン質分解酵素を有する^{26,27)}以外に、土壌中でもセルロース分解能力が高いことが認められており^{21,73)}、森林などの天然土壌では litter 分解者の一員として腐生生活をしているものと考えられる。すなわち、殆ど人為操作の入らない土壌環境では有機物の新旧分布は層状に分かれ、分解は極めて秩序立てて行われており、従ってこれに関与する微生物の交替も、分解能力に基づいて整然と行なわれ、生物間の拮抗が常に保たれているので1種の微生物の異常発生は起り得る余地がなく、このことから一般に森林地では土壌伝染性病原菌の活力増大は生じ難いものと推察される。

これに対して、開拓された農地では環境が人為的に錯乱され、新旧 litter が地下数10cmの間で入り混じり、秩序が破壊されるために分解微生物の住み分けはなくなり、微生物社会の無秩序となって拮抗力を失い、特種な微生物の異常増殖を許す病的環境となって、いわゆる inoculum potential²²⁾が獲得される基盤になると考察される。

このような現象の最も顕著な例は、熱帯でのゴム園やコーヒー園をジャングルから拓り開いた時にみられると言われている²⁰⁾。また、今関⁴²⁾

(1965)は森林土壌学の立場から、土壌病害の研究に生態学的自然観をもつ必要性を強調し、Park⁸³⁾(1963)は土壌病の関係を寄主植物と病原菌と土壌微生物の3者の相互関係から6形体に分け、これらの形体の進行の異常は、微生物間の平衡関係の乱れによると述べている。

本来、疾病とは生物個体での調和の異常であり、土壌病害の場合の発病は農作物を含む環境生態系

の秩序のひずみであると考えられる。そして、農業は人間のための生物集団を一定の面積内に集約栽培し、その生産を高めるために競合する生物を出来る限り除去しようとする手段であるから、自然の秩序ある環境とは異なり、栽培環境の人為的制御なしには成立しない産業である。

この点から考察すれば農作物病害の発生は農業の宿命であり、また農業そのものが病的現象であると言い得よう。それ故、土壌病害に対処する農業技術の方法はその被害をどの限度までに、どのようにして軽減出来るか、またどうすればその手段を経済ベースに乗せられるかである。

このことを明確にするためには、農業の自然環境破壊はどこまで許されるか、また真に正しい生産性とは何かを認識する必要がある。

近年、日本農業は他産業の高度経済成長傾向から心理的、経済的圧迫を受け、過度で性急な労働ならびに土地生産性向上が要求されてきた。このため風土的、社会的背景を無視してこの狭あいな農地に連作と過密栽培を行ない、一方、労働力の不足と経済的理由から冬期裏作栽培はほとんど消滅し、また土壌への有機物還元などの基本的技術の実行なしにただ単年度のより過大な収穫のみを要求し、比較してきた。

今後はこれらを是正して長期的視点にもとづく、健全な生産性を維持するためその地方の風土に適応し、その土地の理化学性と生物生態系を含めた調和ある栽培環境を創造して行くことが防除対策の第一であろう。

第二の手段は、どこまで環境を整えたとしても所詮、農業は単純作物の集団栽培形体をとらざるを得ないのであるから、一時的、部分的には生物の異常過密集団とみなければならない。しかも、出来るだけ人間の嗜好に合うように人為的に改変させた種であるから、個体は野生の性質を失っており、明らかに不具者であり、一般に病害抵抗力は弱い。それらを承知の上で目標生産を達成する

ためには、特定病害に対する抵抗性品種の育成、適正な肥培管理、化学薬品などによる殺菌または静菌手段を必要に応じて採らざるを得ないであろう。

この研究報告は、寒地畑作の基幹作物であるテンサイとジャガイモでの土壤伝染性主要病害の1つとして *Rhizoctonia solani* による疾病をとりあげ、前述の考えに基づいて試験をしたものである。これらの全体について総括的に論議すれば、以下のようである。

テンサイの *Rhizoctonia solani* による病害は、症状別に苗立枯病、根腐病および葉腐病と分けられているが、葉腐病を除けば地表または地下部の罹病であり、ジャガイモ黒あざ病の場合と同様である。テンサイ苗立枯病と根腐病とは連続か、不連続かは栽培環境で異なり寒地では不連続で、両者の間には寄主体の抵抗力の変動と¹⁰⁸⁾菌系統の交替が行なわれると考えられている¹⁰⁹⁾。ジャガイモでの発病は萌芽初期の芽で最も甚だしく、その後寄主体の生育が進むに従い罹病は殆ど認められなくなるが、新塊茎の形成期に至り、そのストロンの伸長および塊茎の肥大に対して明らかな阻害を起こす。この間に菌系統の交替があるか否かは明らかでないが、現象的には両作物ともに生育の初期と中期の一時期に罹病が多くみられる。

寄主体への本菌の侵入について精しい顕微鏡観察を行なわなかったため、この現象の考察は推測の域を出ないが、生育初期は勿論、テンサイの根部肥大期は新しい分裂組織が活動する時であり、ジャガイモのストロン伸長および新塊茎形成も同様であるので、Kerr & Flentje (1957) の観察のように、植物地下部表皮組織からの分泌物がその表面を伸長する本菌の侵入子座形成を促進し、これらの若組織に侵入する⁴⁶⁾ことに関連していると推察される。

これに対して、テンサイ葉腐病の場合は、一般に7月以降の成熟葉に発生が多く、生育初期および若葉での発病は殆ど認められない。この原因は、葉腐病の伝染は担子孢子によるとされており⁴⁹⁾、菌糸感染と侵入機作が異なることと、地上部の発病であるのである時間の適温高湿度の持続が必要

であること⁸⁶⁾から、根腐病と同一条件では考察出来ないものと考えられる。

本研究においては、まず北海道内において農業上重要な *Rhizoctonia solani* による疾病の地理的分布をテンサイ根腐病で調査した。7月中の地上部観察による発病は、根部被害との相関は低いが、8月中旬以降のそれは高くなるのでこの時期の観察で発病の多少を測定することが出来、さらに収穫時の掘取り調査も併用すれば、より正確な結果を期待出来る。この方法によって調べた結果、北海道での本病の発生にはマクロな地理的分布差があり、さらにその多発地域の内にも、畑による発病差異は大きく、また、同一圃場内でも発病むらがあることは明らかであった。即ち本病の発生の単位は、小は1株から数株の点状であり¹⁰⁸⁾、多発圃場とはその点数が多いものおよび更に拡大して点が融合したものである。このことは、空気または水を媒体として伝搬する病害の発生とは生態的に異なり、防除上重要である。即ち、この発病スポットは過去の発病によって、栽培以前からすでにその面積内には発病に十分な菌量が存在していて、たまたまそこに寄主作物が作付されたために感染発病するものと、一方また、発病スポットの小部分に十分な inoculum potential をもつ核が存在し、感染に好適条件の範囲で拡大され発病する場合が考えられる。実際圃場では両者の混在であろうが、テンサイ根腐病の場合、連作圃場で発病が減少した経験（付表6, 7, 8の無処理欄参照）があり、興味ある問題である。

栽培圃場でのテンサイの根腐現象は、その腐敗の様相から *Rhizoctonia solani* 以外の腐生菌類による二次腐敗が被害を高めていることは明らかである。しかし、一般には腐生菌の侵入は寄生菌の先行がなければ起らないと考えられるので、防除技術としては寄生菌の侵入防止を計るべきである。本病の病原が *Rhizoctonia solani* であることは疑う余地のない事実であるが、苗立枯病では数種の寄生菌が単独または複合感染して発病する。根腐病斑部および組織でも *Aphanomyces* sp. の共存が認められる場合が多い⁵⁾。同一植物体上での菌類間の競合について鈴井、宇井はアマ莖上の拮

抗現象を精査して、*Rhizoctonia solani* と *Pythium* 属菌など藻菌類との間では、殆ど拮抗なく共存しうると言い¹⁰⁰⁾、また Buttler は *Rhizoctonia* 属菌は *Pythium* 属菌に寄生し得ると報じている¹¹⁾。本報告のテンサイ根腐病の薬剤防除試験でも、PCNB 単用よりも DAPA 混用の方が常に防除効果が高い傾向を示したことは、これらの菌類の共存加害を間接的に証明しているものと考察される。

作物の連作栽培が農業上に及ぼす影響については、古くから試験があるが、その結果は必ずしも明確でない。このことについて、桑原はテンサイの収量試験から、連作障害の要因が単に年数のみによって機械的に働くのではなく、収量が気象および環境条件によって著しく異なるためであると述べている⁵²⁾。また、横田は連作によるテンサイの減収の要因を解析して、その主たるものは *Aphanomyces* sp. の増殖による苗立枯病の被害の増大であって、生育阻害様物質の蓄積はないと言う¹²⁰⁾。テンサイ連作による *Aphanomyces* sp. の増殖についてはこの他にも報告があるが^{119), 121)}、また農家の実際栽培でテンサイの数年に及ぶ連作で減収しなかった事例もある。

これらについての精しい解析が殆どないので、その原因は明らかでないが、横沢、宇井はある種の土壌で *Aphanomyces* sp. による苗立枯病の発生が抑制される現象を認めており¹²¹⁾、河本らはテンサイの連作によって *Rhizoctonia solani* の病原力の強い系統が優占してくると報告している⁴⁵⁾。それ故、テンサイの連作のもたらす影響は単純でないで、すべての環境条件下で *Aphanomyces* sp. の増殖だけが連作障害の主因となるかどうかは、今後検討する必要がある。

この報告では、テンサイ根腐病の発生に及ぼす前作物の影響を明らかにすることを試みたが、方法の不備もあって結果に対する十分な解析が出来ず、連作の単なる一事例を示すに止まった。今後、連作のように複雑な要因を含む試験を行なう場合には、適正な規模をもつ多反復設計圃場の長期連続栽培の継続と、別に目的以外の環境要因を出来るだけ均一化させた、単純な生物系のモデルを設

定して、測定方法の検討から行なうべきであろう。

農作物の病害防除の基本的手段の一つは、植物の遺伝子に基づく抵抗性品種の育成であるが、このためには寄生者の病原性差異の系統と寄主の抵抗性遺伝子構成とを明確にして、それぞれの対応を考慮して育種する必要がある。しかし、*Rhizoctonia solani* の場合は細胞内の核数が多核（2～17、平均4～8）であること¹¹³⁾、土壌中の生存に生態型および病原性を異にする系統があり^{109, 111)}、また季節的にも優勢菌型の交代があることが知られており¹⁰⁹⁾、極めて多様の性質を有する系統の集合種である。他方、テンサイの栽培種もまた heterosis を利用して合成された品種であり、遺伝的に純系でないから、これらから真性抵抗性をもつ品種を育種することは、極めて困難であろう。それ故、いわゆる圃場抵抗性に基づく耐病性品種を求める集団選抜が試みられているが、現在までの処では若干の選抜効果が認められるに止まり²⁷⁾、明らかな耐病性をもつ系統が選抜されて実用化した品種はない。

同様のことは、ジャガイモ黒あざ病でも認められ、約10年間の品種比較結果から生育初期の芽の被害および生育後期の塊茎への菌核着生は、共に環境条件による変動が品種による抵抗性の差異を上廻り、一定の傾向を示さなかった。

これらのことから、*Rhizoctonia solani* による病害に抵抗性品種を主体とする防除技術対策を考えることは、現在の処、困難であると考察される。

土壌伝染性病害に化学薬品を有効に用いるには、その使用を病原菌の生態に適合させる必要がある。一般には、その病原菌の種類、生活様式とそれに対応する防除手段という観点から、次の3群に分けて考えられている¹⁰¹⁾。

第1群は寄生→休眠→寄生型で、*Plasmodiophora brassicae* などが属し、PCNB、TPN などによる幼苗期の感染防止方法が採られている。

第2群は寄生→腐生→休眠→寄生型を示す *Rhizoctonia solani* など未分化寄生菌で、耐久性の菌核を作るものと、*Fusarium oxysporum* などの分化寄生菌とで腐生能力に差があり、前者には PCNB、vapam などが有効であるが、後者は薬剤

防除が困難である。

第3群は腐生→休眠→腐生（時に腐生→寄生→腐生→休眠）型で、*Helicobasidium mompa*などが属し、腐生能力が強いので環境改善処置が有効で薬剤使用は次善の策である。

他方また、温室およびビニールハウス栽培または苗床などの集約された小面積圃場では、土壌の薬剤燻蒸のような全面積殺菌が技術的に可能であり、経済的にも成立しうる場合が多いが、一般の畑圃場での土壌処理は、莫大な量の土壌を在るがままの状態では処理しなければならず、しかも、農作物に被害のない方法となると时期的にも、処理手段も極く限られざるを得ない。

これらのことから、土壌病害に対する実際防除の考え方は、一般に次のような手順となるであろう。即ち、第1段階は対象作物の経済性、土地生産性などの背景を考慮して、その病害によって今後もたらされるであろう被害を査定する必要がある。第2段階は、その被害を軽減するための手段の選定が必要であり、これには抵抗性品種の育成利用および適正な肥培管理による栽培環境の改善が主体であるが、有効な薬剤施用も部分的に必要な方法であろう。第3段階は、これら手段の効率的総合実施と事後の発病推移を監視して、再発を抑制する合理的栽培技術を確認することである。

*Rhizoctonia solani*による病害の防除に、PCNBが有効であることは数多くの報告^{60,61,67,98,118)}があり、その作用機作についての研究^{48,54,68,71)}も多い。一方、本剤は作物の生育阻害を起し易いことも指摘されている^{38,50,118)}。さらにまた、PCNBは水に極めて難溶性であって、土壌中で移動拡散し難く、原体およびその分解物が土壌中に永く残存すること^{40,41,77)}および10a当たり10kgの土壌施用で、ジャガイモの皮層部に0.512ppmが検出された例¹¹⁸⁾などから、最終的には薬剤を用いない防除方法を段階的にはより低毒性のものを、より少量施用に進めるべきであるが、現段階ではPCNBの静菌効果に期待する以外に特に有効な手段は見出されていない。

それ故、テンサイ根腐病の防除は栽培環境を考慮して、実用的には次のようである。

(1) その圃場の潜在病原力が明らかでなく、小部分的発病の散発が予想される場合は、肥培管理によって作物の生育を旺盛にして罹病株周囲の株で被害分を補償させる。そのためには、周辺株への伝染蔓延を阻止し、発病を最小限度にする必要があるので、発病の初期に発病株の周辺にのみPCNBを散布する。

(2) その圃場の発病が多く、そのための減収が予測される場合は、直播栽培では播種前のまき溝土壌に、移植栽培では育苗土壌に、PCNBとDAPA（最近ヒドロキシイソキサゾールが用いられる）とを混合施用して、苗立枯病の防除と土壌中の*Rhizoctonia solani*を静菌し、更に、必要に応じて(1)の処理を併用する。

(3) 品種の生産力検定などの目的をもつ試験圃場では、面積も小さく薬剤処理の経済性よりも処理効果の完全性が要求されるので、MB燻蒸処理による全面殺菌を行ない、病原菌の復活を抑制するためにも、ガス抜き後直ちに堆肥を施用して耕耘する。

ジャガイモ黒あざ病は、その病原が土壌中の生存菌と種用塊茎の菌核の両方に由来する場合が考えられるので、塊茎による病原の持込みは、健全塊茎の選択使用および塊茎表面の殺菌によって、可能な限り抑制する必要がある。土壌に由来する感染発病に対しては、病土を避けて栽培すべきであるが、現実的には困難な場合が多い。それ故、これら両方からの感染防止のために浴光催芽などによって、ジャガイモの初期生育を旺盛にして出芽期間を短縮し、この時期の被害を軽減することと、必要量のPCNBを播種前のまき溝土壌に混合施用して静菌する。これらの処理は収穫時の被害抑制にも有効である。

以上、テンサイとジャガイモを侵す*Rhizoctonia solani*について、その生態と防除方法を述べたが、土壌伝染性病害防除において最も重要なことは、あらかじめその病害の被害査定が正確に行なわれ、栽培圃場のinoculum potentialが予測されて播種前に明らかとなり、被害量に適応した防除手段が講ぜられることである。しかし、このことは実験的には可能であっても、実用技術として確立

しているものは少ない^{74,99)}。

富山は自然科学的現象の認識のすべては、1) 現象を定量化すること、2) 比較して差異を明らかにし法則化すること、3) 質的な差を量的な差に還元し、より高次の段階で異質なものを同質なものに同化し、次元を高めて遂に最も基本的な法則との関係を明らかにすることが必要であり、普遍性をもつ結論を下すには、1) 極度に単純な実験のモデル系をつくること、2) 菌の行動ならび

に菌と宿主の交互作用の場を詳細に観察すること、3) 感染による生化学的变化を動的に明らかにすること、4) 宿主ならびに寄生菌の突然変異を利用することが必要であるという¹⁰⁶⁾。

本病の発病現象とそれをめぐる環境条件は複雑であって簡単でないが、上記の原則にてらして着実に解明し、圃場レベルでの菌の動的生態を正確に把握する必要がある⁴⁷⁾。

V 摘 要

この報告は土壌伝染性病害の被害と防除について、テンサイ根腐病（下記1～9）とジャガイモ黒あざ病（下記10～16）を用いて研究し、実用上の対策を論じたものである。

(1) テンサイ根腐病は、北海道のテンサイ栽培地帯のほぼ全域に分布する。

(2) 発病の多少には地域差があり、北海道の中央から太平洋側の台地地帯に多い傾向がある。しかし、多発地域内にも無発病圃場があり、また、多発圃場でも、多くは部分的集団発生であって、発病環境は複雑で、簡易に解明し難い。

(3) 根腐病の発病初期には *Rhizoctonia solani* 菌以外に、*Aphanomyces* 属菌が罹病部に共存し、また、根部組織の腐敗が進行すると、腐生性微生物の存在が増すので、実際の被害は、これらの総合されたものである。

(4) *Rhizoctonia solani* の人為接種によるテンサイの発病は、供試菌株の病原力による差異が大きく、また、寄主の罹病性は、生育時期によって明らかに異なっていた。しかし、窒素肥料施用の多少とは、関係が明らかでなかった。

(5) 発病に及ぼす前作物の影響を、根腐病発生圃場で試験したが、栽培期間中の病原菌活力の変動に、明確な差異はみられなかった。しかし、2年連作圃場での発病率は、菜豆、テンサイ、ジャガイモ栽培跡地で高い傾向を示し、前作物は発病の多少に影響すると判断された。

(6) 本病の罹病程度と根部収量とは、ある範囲で直線的に比例し、高い相関がある。また、8月下旬における根冠部発病と収穫期の根部罹病程度とは、正の相関関係を有し、地上部の発病観察によって、地下部の被害を推定することが出来る。

(7) 本病による根中糖分の減少は、罹病程度によって異なり、罹病の甚だしい個体では、糖分および純糖率共に低く、製糖原料としての価値を失った。

(8) 本病防除に関して、各種農薬の溶液または

粉剤と、その施用方法について、長期にわたって検討した結果、PCNB 剤と DAPA 剤の混合施用に高い防除効果を見出した。

(9) 土壌燻蒸の防除効果はメチルプロマイド剤が最も顕著であったが、経済的に一般圃場への適用は困難と認めた。

(10) ジャガイモ黒あざ病も北海道内各地の栽培地で発生し、被害の多い病害の一つである。

(11) ジャガイモの生育初期における本病の被害は、甚だしい場合は不発芽となるが、一般には頂芽が侵されて発芽遅延が起こり、せん弱な側芽の発生となる。また、生育した茎の地際部への菌糸のてん着は、茎組織への加害はなく、該部に病斑を生じない。

(12) ジャガイモの生育中期には、ストロンおよび新塊茎に水浸状褐変症状を生ずるが、これは本病菌によるものでなく、*Fusarium* 菌の寄生によるもののようである。また、気中塊茎および茎葉部の異常症状は稀にみられるのみで、本病の普遍的な症状とは認め難かった。

(13) 生育後期の症状の一つは、ストロンの短少化と数の増加にみられ、この結果から、本病の被害は屑薯の増加となって現われた。また、塊茎への菌核着生も被害の一つであるが、それは収穫近くの或る時期から急速に増加した。

(14) 本病の防除に品種間抵抗性を利用しようとして、その検定を試みた。塊茎の発芽に対する本病の加害判定を、培養菌株を土壌接種した木箱栽培で行なったが、品種間の強弱順位は調査時期によって変動し、一定の傾向を示さなかった。また、圃場栽培での強弱は、萌芽の遅速によって異なり、これは品種の早晩に関連していると推定された。

(15) 収穫時における塊茎への菌核着生程度を基準とした品種間差異を、長年にわたって検定した結果、年次間の変動が大きく、また着生程度差の品種間順位も一定の傾向を示さないもので、本病を抵抗性品種の利用によって防除しようとするこ

は、困難であると推定された。

06 塊茎への菌核着生は、PCNB 剤の土壤施用で軽減出来、4 kg/10a を標準として、播種前まき溝土壤に混和する方法が防除手段として実用性が

ある。

07 これら土壤伝染性病害の実用的防除方法の考え方について論じ、発生被害の正確な予測判定の必要性を述べた。

引用文献

- 1) Afanasiev, M. M. & H. E. Morris. 1952. Resistance and soil treatments for control of *Rhizoctonia* of sugar beets. Proc. Am. Soc. Sugar Beet Tech. 7, 562-567.
- 2) Afanasiev, M. M. & H. E. Morris. 1954. Testing sugar of sugar beets to *Aphanomyces*, *Rhizoctonia*, and *Fusarium* roots qots. Jour. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 9, 178-179.
- 3) Afanasiev, M. M. 1956. Resistance of inbred varieties of sugar beets to *Aphanomyces*, *Rhizoctonia*, and *Fusarium* root rots. Jour. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 9, 178-179.
- 4) Afanasiev, M. M. & D. E. Baldrige. 1968. Selection for resistance and chemical control of *Rhizoctonia* root rot disease of sugar beets. Jour. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 15 (2), 151-158.
- 5) 赤井純, 馬場徹代, 三井康, 生越明, 杉本利哉, 1963, 北海道におけるテンサイの立枯性病害の分布. 北日本病虫研報, 14, 1-2.
- 6) Baker, K. F. 1967. Some microbiological effects of soil treatment with steam and chemicals. Proc. of Washington State Univ.'s Green. Hause Growers Inst. June 20-22.
- 7) Bissonnette, H. L. 1965. The effect of soil mycoflora on the seedling diseases of sugar beets. Diss. Abstr. 26 (2), 607. (R. A. M. 45. 1966)
- 8) Blodgett, F. M. 1940. A second report on the effect of agronomic practices on the incidence of *Rhizoctonia* and scab of potatoes. Amer. Potato Jour. 17, 290-295.
- 9) Boosallis, M. G. 1950. Studies on the parasitism of *Rhizoctonia solani* Kühn on soy beans. Phytopathology 40, 820-831.
- 10) Buchholtz, W. F. 1937. A severe case of *Rhizoctonia* root rot of sugar beets after potatoes. Phythpathology 27, 1180.
- 11) Butler, E. E. 1957. *Rhizoctonia solani* as parasite of fungi. Mycologia 49, 354-373.
- 12) Downy, A. R., M. L. Schuster & R. K. Oldemeyer. 1952. Cooperative field testing of strains of sugar beets for resistance to several root rots. Proc. Am. Soc. Sugar Beet Tech. 6, 557-561.
- 13) Duger, B. M. & F. C. Stewart. 1901. The sterile fungus *Rhizoctonia* as a cause of plant diseases in America. N. Y. Cornell Agr. Exp. Sta. Bul. 186, 51-76.
- 14) Durbin, R. D. 1959. Factors affecting the vertical distribution of *Rhizoctonia solani* with special reference to CO₂ concentration. Amer. Jour. Bot. 46, Agr. 22-25.
- 15) Edson, H. A. 1915. Seedling diseases of sugar beets and thier relation to root rot and crown rot. Jour. Agr Res. 4, 135-168.
- 16) Eidam, E. 1888. Untersuchungen zweiter Krankheitserscheinungen. Bot. Centralbl. 35, 303-304.
- 17) Elarosi, H. M. 1958. Fungal associations III. The role of pectic enzymes on the synergistic relation between *Rhizoctonia solani* Kühn and *Fusarium solani* Snyder and Hansen in the rotting of potato tubers. Ann. Botany (NS) 22, 399-416.
- 18) 遠藤和衛, 森芳夫, 1959, 北海道に於ける甜菜病害虫とその防除対策. 植物防疫 13, 523-528.
- 19) Flentje, N. T. 1957. Studies on *Pellicularia filamentosa* (Pat.) Rogers. III. Host penetration and resistance and strain specialization. Trans. Brit. Mycol. Soc. 40, 322-336.
- 20) Garrett, S. D. 1960. Biology of root-infecting fungi. Cambridge Press. 237.
- 21) Garrett, S. D. 1962. Decomposition of cellulose in soil by *Rhizoctonia solani* Kühn. Trans. Brit. Mycol. Soc. 45 (1), 115-120.
- 22) Garrett, S. D. 1970. Pathogenic root-infecting fungi. Cambridge Press.
- 23) Gaskill, J. O. 1968. Breeding for *Rhizoctonia* resistance in sugar beet. Jour. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 15 (2), 107-119.
- 24) 権藤安武, 1963, てん菜集腐病に関する臨床的考察. てん研報告昭和38年補巻 2, 16-18.
- 25) Güssow, H. T. 1917. The pathogenic action of *Rhizoctonia* on potato. Phytopathology 7, 209-213.
- 26) Hadley, G. & M. Perombelon. 1963. Production of pectic enzymes by *Rhizoctonia solani* and orchid endophytes. Nature London 200 (4913), 1337.
- 27) 長谷川寿保, 杉本利哉, 井上博元, 1968, てん菜根腐病抵抗性系統の育成経過. てん研報告補巻 10, 6-13.
- 28) 橋本保, 1959, ジャガイモ黒痣病の第一次伝染原. 植物防疫 13, 449-450.
- 29) Herzog, W. 1961. Das Überdauern und der Saprophytismus des Wurzelkötters *Rhizoctonia solani* Kühn im Boden. Phytopath. Z. 40, 379-415.
- 30) Hills, F. J. & J. D. Axtell. 1950. The effect of several nitrogen sources on beet sugar yields in Kern County,

- California. Proc. Am. Soc. Sugar Beet Tech. 1950, 356-361.
- 31) Hofferbert, W. & H. Orth. 1951. Unsere Arbeiten zur *Rhizoctinia*-Frage bei der Kartoffel. I. Gibt es für den Züchter Möglichkeiten der *Rhizoctonia* methodisch zu begegnen? Z. Pflanzenkrankh. 58, 245-256.
 - 32) 北海道農業試験場, 1931. 馬鈴薯黒疫病及び萎縮病に就ての注意, 北農試時報 97, 1-4.
 - 33) 北海道病害虫防除提要, 1957. 北海道植物防疫協会, 207.
 - 34) 北海道立農試病虫部, 北農試普作第4研究室, 中央馬鈴薯原々種農場, 1958. 粉剤の作条施用による馬鈴薯黒疫病の防除について, 農業技術普及資料(北海道農務部) 1 (8), 837-838.
 - 35) 北海道立中央農業試験場, 1967. 北海道における農作物の収量と気象要因との関係について, 道立中央農試移転記念資料(道立中央農試)
 - 36) Houston, B. R. 1945. Cultural types and pathogenicity of isolates of *corticium solani*. Phytopathology 35, 371-393.
 - 37) 出田新, 1903. 日本植物病理学, 裳華房, 313-314.
 - 38) 飯田格, 1969. 土壤殺菌剤, 植物防疫, 23 (10), 5-6.
 - 39) 飯田格, 1969. 土壤殺菌剤の薬害, 植物防疫, 23 (10), 417-418.
 - 40) 五十嵐不, 内山正昭, 佐藤六郎, 1976. ベンタクロロニトロベンゼンの土壤中における運命, 農薬科学, 3, 132-136.
 - 41) 五十嵐不, 内山正昭, 佐藤六郎, 1976. ベンタクロロニトロベンゼンの植物による吸収, 移行と代謝, 農薬科学, 3, 205-209.
 - 42) 今関六也, 1965. 土壤中における病原菌の生活様式の討論, 日植病報, 31 (2), 414-415.
 - 43) 岩垂悟, 1973. 北海道農作物病名目録, 1881-1971, 自費出版.
 - 44) 加藤勝信, 大久保甲子, 1956. 甜菜間引の精粗が収量及び糖分に及ぼす影響について, 北海道農試報, 71, 114-118.
 - 45) 河本征巨, 神沢克一, 宇井格生, 1969. てん菜連作, 交互作畑土壌中の根腐病菌系統とその消長, てん研報告補巻, 11, 57-62.
 - 46) Kerr, A. & N. T. Flentje. 1957. Host infection in *pellicularia filamentosa* controlled by chemical stimuli. Nature 179, 204-205.
 - 47) Ko, W. H. & F. K. Hora. 1971. A selective medium for the quantitative determination of *Rhizoctonia solani* in soil. Phytopathology 61, 707-710.
 - 48) Ko, W. H. & M. K. Oda. 1972. The nature of control of *Rhizoctonia solani* by pentachloronitrobenzene in soil. Phytopathology 62, 385-387.
 - 49) Kotila, J. E. 1943. A new sugar beet leaf blight caused by a strain of *Corticium solani*. Phytopathology 33, 6-7.
 - 50) 古山清, 1964. PCNB 剤の適用病害と使用法, 植物防疫, 18 (1), 11-14.
 - 51) Kuhn, J. G. 1858. Die Krankheiten der Kulturegewächse. Berlin 222-249.
 - 52) 桑原武司, 1969. 東北, 北海道におけるてん菜連作試験の展望, てん菜研究所資料 1-28.
 - 53) 桑原覚, 業林数衛, 大島喜四郎, 1925. 甜菜の病害虫とその防除, 北海道農試報 36, 138.
 - 54) 桑山隆, 1958. 土壤殺菌剤としての PCNB 及び TCNB, 1, 2, 3 の土壌菌に対する vapor action. 北日本病虫研報, 9, 130-131.
 - 55) Leach, L. D. & R. H. Garber. 1970. Control of *Rhizoctonia*. *Rhizoctonia solani*, Biology and pathology. edited by J. R. Parmeter, Jr. Univ. of California press, 189-198.
 - 56) LeClerc, E. L. 1934. Parasitism of *Rhizoctonia solani* on sugar beet. Jour. Agr. Res. 49, 407-431.
 - 57) LeClerc, E. L. 1939. Studies on dry-rot canker of sugar beets. Phytopathology 29, 793-800.
 - 58) Livingston, C. H., N. Oshima, & C. Morrili. 1962. Evaluation of terraclor as a control measure for *Rhizoctonia* disease of potatoes. (abstr.) Phytopathology 52, 18.
 - 59) Lyon, T. L. & A. T. Winco. 1902. Diseases of sugar beets. Nebr. Agr. Exp. Sta. Bul. 73, 21-23.
 - 60) Maier, C. R. 1961. Response of selected *Rhizoctonia solani* isolates to different soil chemicals in culture tests. Fifty-third annual meeting of the Amer. Phytopath. Soc. Biloxi, Miss., Dec. 10-13, (Abstr. in Phytopathology 52 (1), 1-34, 1962)
 - 61) Maier, C. R. 1967. Suitability of granular diluents as carriers for pentachloronitrobenzene in *Rhizoctonia solani* control. Phytopathology 57, 942-945.
 - 62) Marlatt, R. B. & R. T. McKittrick. 1963. Fungicidal control of big vein in the irrigated lettuce crop. Phytopathology 53 (5), 597-599.
 - 63) Marras, F. & P. Corda. 1968. Further trials against sugar beet rots in Sardinia. Studi sassar., Sez. 111, 16 (2), 514-519. (R. P. P. 49, 53, 1970)
 - 64) Maxson, A. C. 1939. Beet root rot caused by *Rhizoctonia solani*. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 1939, 38-45.
 - 65) 升尾洋一郎, 1955. 亜麻新優良品種「あおやぎ」(青柳), 北農, 22 (5), 15-20.
 - 66) 三浦竹治郎, 1964. 大館周辺の薬腐病蔓延時の気象環境について, てん研報告補巻 3, 58-62.
 - 67) Morris, H. E. & M. M. Afanasiev. 1952. The effect of proceeding crops and nutrients on the growth and seedling disease of sugar beets in Montana. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 1952, 568-570.
 - 68) 中西逸朗, 奥八郎, 1969. 殺菌剤の選択毒性機構に関する研究: 植物病原菌による pentachloronitrobenzene の代謝, 日植病報, 35, 339-346.
 - 69) 中田覚五郎, 滝元清透, 中嶋友輔, 1922. 甜菜の病害に関する研究, 勸業模範場研究報告, 6, 118.
 - 70) 中山隆夫, 1940. A study on the infection of cotton

- seedlings by *Rhizoctonia solani*. 日植病報. 10 (2, 3) 93-103.
- 71) 能勢和夫. 1968. 土壌と殺菌剤の物理性. 植物防疫. 22 (8), 17-20.
 - 72) 能勢和夫. 1972. 土壌殺菌剤. 農業の科学と応用 (日植防協会), 310-314.
 - 73) Nour Eldein, M. S. & M. S. Sharkas. 1963. Pectolytic enzyme activity of *Rhizoctonia solani*. Phytopath. Z. 48, 439-444.
 - 74) 小川奎, 竹内昭士郎. 1975. 作物栽培における土壌病害検診法. 農及園. 50 (9), 1098-1102.
 - 75) 生越明. 1972. *Rhizoctonia solani* Kühn の菌糸融合による類別. 日植病報. 38, 117-122.
 - 76) 生越明. 1972. *Rhizoctonia solani* Kühn における菌糸融合群の諸性質. 日植病報. 38, 123-129.
 - 77) 岡崎博. 1976. ハクサイ及び土壌中のペンタクロロニトロベンゼンの分析. 農業科学. 3, 201-204.
 - 78) 大島俊市. 1966. *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz のタバコ白絹病菌に対する拮抗作用とその応用. 岡山たばこ試報告. 27
 - 79) 尾崎政春, 萩田孝志. 1976. ジャガイモの種いも消毒. 特に黒あざ病に対する効果. 北農. 43 (5), 13-22.
 - 80) Pammel, L. H. 1891. Preliminary notes on a root-rot disease of sugar beets. Iowa Agr. Exp. Sta. Bul. 15, 243-251.
 - 81) Papavizas, G. C. 1965. Virulence, host range, and pectolytic enzymes of single basidiospore isolates of *Rhizoctonia praticola* and *R. solani*. Phytopathology 55 (1), 111-116.
 - 82) Parmeter, Jr. J. R. et al. 1970. Biology and pathology of *Rhizoctonia solani*. Univ. of California press.
 - 83) Park, D. 1963. The ecology of soil-borne fungal disease. Annu. Rev. of Phytopathology. 1, 241-253.
 - 84) Person, L. D. 1945. Pathogenicity of isolates of *Rhizoctonia solani* from potatoes. Phytopathology 35, 132-134.
 - 85) Polychronopoulos, A. G., B. R. Houston & B. F. Lownsbey. 1969. Penetration and development of *Rhizoctonia solani* in sugar beet seedlings infected with *Heterodera schachtii*. Phytopathology 59 (4), 482-485.
 - 86) Ramsey, G. B. 1917. A form of potato disease produced by *Rhizoctonia*. Jour. Agr. Res. 9, 421-426.
 - 87) Richards, B. L. 1921. A dry rot canker of sugar beets. Jour. Agr. Res. 22, 47-52.
 - 88) Richards, B. L. 1921. Pathogenicity of *Corticium vagum* on the potato as affected by soil temperature. Jour. Agr. Res. 21, 459-482.
 - 89) Richter, H. & R. Schnerder. 1954. Untersuchungen zur *Rhizoctonia* Anfälligkeit der Kartoffel sorten II. Züchter 24, 264-271. (R. A. M. 34, 174. 1955).
 - 90) 坂口進. 1975. 北海道における「ばれいしょ」の主要品種. 北農 42 (5), 12-17.
 - 91) 作物病害虫ハンドブック. 1951. 養賢堂, 200-201.
 - 92) Sanford, G. B. 1937. Studies on *Rhizoctonia solani* Kühn. II Effect on yield and disease of planting potato sets infested with sclerotia. Sci. Agr. 17, 601-611.
 - 93) Sanford, G. B. 1938. Studies on *Rhizoctonia solani* Kühn. IV Effect of soil temperature and moisture on virulence. Can. Jour. Res. (C) 16, 203-213.
 - 94) Schaal, L. A. 1935. Rhizoctoniosis of potatoes grown under irrigation. Phytopathology 25, 748-762.
 - 95) Seaman, W. L., J. C. Walker, & R. H. Larson. 1963. A new race of *Plasmidiophora brassicae* affecting Badger Shipper cabbage. Phytopathology 53, 1426-1429.
 - 96) Sethoffor, V. & E. Termroljev. 1950. On the resistance of potato varieties to *Rhizoctonia* (*R. solani*). Ochr. Restr. 23, 89-106. (R. A. M. 30, 120, 1951.)
 - 97) Small, T. 1945. Black scurf and stem canker of potato (*Corticium solani* Bourd. & Galz.). Further field studies on the use of clean and contaminated seed potatoes and on the contamination of crop tubers. Ann. Appl. Biol. 32, 206-209.
 - 98) Smith, L. R. & L. J. Ashworth. 1965. A comparison of the modes of action of soil amendments and pentachloronitrobenzene against *Rhizoctonia solani*. Phytopathology 55, 1144-1146.
 - 99) 鈴木孝仁, 鋺谷大祐. 1963. 土壌中の紫紋羽病菌の雑草による検索について. 北海道農試彙報 82, 55-59.
 - 100) 鈴木孝仁, 宇井格生. 1964. *Rhizoctonia solani* Kühn に対する拮抗微生物. 土と微生物 6, 1-7.
 - 101) 鈴木直治. 1964. 土壌伝染病薬剤防除の問題点. 植物防疫 18 (1), 5-8.
 - 102) 高橋喜夫. 1952. 作物地下部の病害 (上). 馬鈴薯黒あざ病. 農業北海道 4 (2), 20-23.
 - 103) 竹森俊彦, 加藤文一, 高桑亮. 1960. 馬鈴薯発育初期に於ける黒穂病による被害と品種間差異. 日植病報. 25 (1), 64.
 - 104) Thatcher, F. S. 1942. A stem-end rot of potato tubers caused by *Rhizoctonia solani*. Phytopathology 32, 727-730.
 - 105) Thoronton, R. H. 1956. *Rhizoctonia* in natural grassland soils.
 - 106) 富山宏平. 1968. 抵抗性生理学の方法についての一つの試論. 坂本教授還暦記念論文集. 141-150.
 - 107) 柄内吉彦. 1959. 甜菜 (栽培と管理). 東京, 86-104.
 - 108) 宇井格生. 1960. テンサイの主要病害とその研究. 甜研研究報告 2, 26-90.
 - 109) 宇井格生, 三井康, 原田幸雄. 1963. *Pellicularia filamentosa* の土壌中における消長について. II. アマ畑土壌の中における *Rhizoctonia solani* 系統の交代. 日植病報 28, 270-279.
 - 110) 宇井格生. 1964. 土壌伝染性菌類に対する防除薬剤と使用法. 植物防疫 18 (1), 20-24.
 - 111) 宇井格生, 三井康, 鈴木孝仁, 生越明, 呂照雄. 1965. テンサイ畑の土壌中における *Rhizoctonia solani*

- Kuhn の活動消長, 甜研研究報告 4, 101-112.
- 112) 宇井格生, 1968, 土壤病害生態の問題, 坂本教授還暦記念論文集, 259-267.
- 113) 宇井格生, 齊藤泉, 1968, *Rhizoctonia* 菌糸の細胞核数について, 北大農紀要 6, 359-363.
- 114) 宇井格生, 1975, 糸状菌と高等植物の相互関係, 微生物の生態 2, 東大出版会, 87-104.
- 115) Ullstrup, A. J. 1936, Leaf blight of China aster caused by *Rhizoctonia solani*, *Phytopathology* 26, 981-990.
- 116) Walker A. C., L. R. Hac, A. Ulrich, & F. L. Hills. 1950, Nitrogen fertilization of sugar beets in the woodland area of California. *Proc. Am. Soc. Sugar Beet Tech.* 1950, 362-371.
- 117) Williams, W. A. & D. Ririe. 1957, Production of sugar beets following winter green manure cropping in California, I. Nitrogen, yield, disease, and pest status of sugar beets. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 21, 88-94.
- 118) Wrigt, N. S. 1968, Evaluation of tetracolor and tetracolor super-x for the control of *Rhizoctonia* on potato in British Columbia. *Can. Pl. Dis. Surv.* 48 (3), 77-81.
- 119) 山口武夫, 鈴木秀昭, 杉本利哉, 1969, てん菜連作における苗立枯病の消長, てん研報告補巻 11, 153-159.
- 120) 横田勝徳, 1968, 甜菜の連作障害に関する研究, 北大農学部博士論文.
- 121) 横沢菱三, 宇井格生, 1969, 土壌のちがいによる *Aphanomyces* 立枯病発生のちがいとそれに関与する土壌条件についての検討, てん研報告補巻 11, 160-164.

Studies on Root Rot Disease Prevention in Sugar Beet and Black Scurf Disease Prevention in Potato Caused by *Rhizoctonia solani* KÜHN

Tetsushiro BABA*

Summary

PREFACE

Sugar beet and potato in Hokkaido are not only cultivated over large areas, but also have a low coefficient of variation in yield, and are thus the main field crops in cold districts. Recently, rotation periods have been reduced because of various agricultural conditions resulting in multiple outbreaks of damage from infected soil.

The damage to both crops is due to *Rhizoctonia solani* KÜHN which is one kind of disease from soils and requires elucidation of its ecology and development of methods of control.

ROOT ROT DISEASE IN SUGAR BEET

Past Studies

The disease was first reported by E. EIDAM in 1887. In Japan, Nakata (1922) first noted its occurrence in Korea. Recently, Tochinai (1959) and Ui (1960) have described the main aspects of the disease.

Development and damage

In order to survey the distribution of the disease in beet farming areas throughout Hokkaido in 1964, farm fields were selected from zones categorized according to the degree of the development of the disease.

In 87 fields the onset of the disease and extent of damage were investigated in August and during harvesting. As a result, uninfected fields were found even in heavily infected zones, while infection of the individual plants also developed patchily and was unevenly distributed even in heavily infected fields.

This indicated that the determination of the level of infection based on limited sampling was not accurate. However, even though it was not accurate, when the data from each zone were compared plateau areas along the Tokachi valley, the Furano basin, the foot of the Yotei mountain and the Kitami basin tended to be heavily damaged, whereas the Kushiro plateau, the southern Tokachi and Shamo plains tended to have less damage. In relation to the properties of soils, there was a tendency for clay loams, loamy soils and sandy loams to have a greater degree of infection, while peat soils had less.

* Present Address : Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station, Kun-neppu, Hokkaido, 099-14, Japan.

The course of the development of the disease was followed by monitoring fields in a variety of zones. The results showed that the disease spread from mid-July to early August, and the degree of infection at the crown in sugar beet corresponded well to the damage in the whole root at the time of harvest. A correlation coefficient of -0.74 was found between the root yields at harvest time and the development of the disease. Moreover, putrefaction of roots markedly reduced the sugar content and proportion of pure sugar in the roots.

Environmental factors and development of the disease

In order to examine whether any pathogenic organism besides *Rhizoctonia solani* KÜHN might precede or accompany the disease to promote it, tests were carried out to detect co-existing organisms by taking sections from new and old lesions. *Aphanomyces* sp. Were isolated from the root surface at an early stage of infection, whereas saprophytes were detected at higher levels from the inner lesions where putrefaction had occurred.

In addition, comparative studies were carried out using cultured *Rhizoctonia solani* KÜHN which were artificially inoculated at various grow stages of the sugar beet which were grown in soils with different nitrogen levels. The results showed that the amount of nitrogenous fertilizer and variation in the method of inoculation had little effect on the development of the disease, but development clearly varied according to stage of growth at which inoculation occurred and the isolate of inoculated *Rhizoctonia solani* KÜHN.

The effects of previous crops on the development of the disease were also studied by in situ tests, and showed that the increase in the disease in subsequent sugar beet of beans compared to that for the successive cultivation of sugar beet was statistically significant.

These data indicated that the environmental factors in the development of the disease included effects on the hosts and effects on parasitic organisms, but generally the biological factors had a greater effect than physical and chemical ones. This might be due to the fact that the disease develops in the soil.

Methods for prevention

Generally, prevention of damage to roots is difficult compared to that in the parts of plants above ground, and it is especially difficult to develop preventive techniques involving genetic manipulation or alternative cultivation methods against pathogenic organisms which causes various kinds of infection and with varied ecotypes as is the case with *Rhizoctonia solani* KÜHN. Consequently, less suitable preventive techniques which employ agricultural chemicals were studied. Field tests were carried out for many years on farms in various regions to cover a range of conditions. As a result, mixing of pentachloronitrobenzene (PCNB) with furrow soil before seeding and its application on soils around diseased stubs, was found to be effective in inhibiting disease development. It was more effective in also preventing damping-off caused by other pathogens in combination with sodium *p*-dimethylaminobenzene diazosulfonate (DAPA) for the treatment before seeding. Use of DAPA, however, has now been discontinued due to its de-registration as an agricultural chemical. Soil treatment with methyl bromide was effective but not practical since it is uneconomic.

BLACK SCURF DISEASE IN POTATO

Past Studies

It was first reported by KUHN, J. G. in 1858, and Ideta first described the occurrence of the disease in Japan in his book in 1903. PARAMETER, Jr. J. R. (1970) summarised recent studies.

Development and damage

Damage caused by the disease in general cultivation is the reduction of its saleability due to sclerotium adhering to harvested tubers.

The damage caused by the disease was therefore observed throughout the growth period of the potato. The results have revealed that brownish colour change and death of buds before sprouting occurred, mainly due to the invasion of mycelium from the sclerotium which had adhered to seed potato, and this resulted in delayed germination and an increase in the number of weak shoots. It was, however, difficult to judge whether the brownish change and constriction in the basal part of the stem, the rolling of the leaf apex, and browning of the underground part of the stolon occurs due to the parasitic disease organism.

In the later growth periods, the stolon is not only weak due to invasion by the parasite, but also the number of stolons increases resulting in obvious low saleability with a higher proportion of small or undeveloped tubers which have no value. Though the total weight was unaffected, there was a reduction in the yield of standard potatoes due to the adherence of large amounts of sclerotium and the production of many small tubers.

Prevention Method

A number of assay techniques have been tested to detect differences in the disease resistance of varieties of potato. In order to compare resistance in the shoot of the potato, artificial inoculation tests were carried out in an indoor environment, but the variation of infection during the testing periods was so great that no significant difference between the varieties of potato could be found. However, a comparison between Danshakuimo and Bifukabeni indicated a difference in the degree of the disease.

This is probably because the time of germination of precocious or serotinous varieties enables them to avoid the period during which they are most likely to encounter the pathogens. On the other hand, the results of field tests over nine years on the degree of adhesion of sclerotium on tubers showed that the variation in seasonal differences from year to year exceeded that of the differences between the varieties and also did not correlate with the varying precocious/serotinous tendencies of the varieties. It was therefore difficult to employ the variation in the resistance between the varieties for prevention of the disease, and therefore methods for prevention using agricultural chemicals is required. Inorganic or organic mercury compounds have been hitherto employed for protecting seed potatoes, but this has been discontinued since 1971 in order to prevent environmental pollution. It is, of course, a basic rule to use germ-free seed potatoes, so that prevention of infection from the soil was the main aspect studied. Chemicals were mixed with the soil of seed furrows before planting untreated seed potatoes in the heavily infected field. It was found that this treatment of the furrow soil with 4 kg/10 a of pentachloronitrobenzene (PCNB) could reduce the damage.

Conclusion

Rhizoctonia solani KÜHN occurs naturally as a decomposer of litter on soils but the population multiplies when the soil is cultivated on there is an artificial disturbance of the natural cycle of growth and decay. It thus becomes a pathogenic soil fungi whose capacity to cause a number of diseases enables it to invade the young, weak tissues of host plants, causing the onset of the disease. Especially in recent years, because of the requirements for improving labor and land productivity in field agriculture and the increased use of fertilizer, closer planting and successive cultivation of the same crop in the same field, the spread of the disease and consequent damage has tended to increase. The means of reducing damage caused by soil disease should principally involve maintaining the ideal physical and chemical properties of soils and should restore and maintain a balance in the cultivated environment based on natural cycles.

However, maintenance of a totally balanced system is difficult as long as agriculture is also an economic task. Thus disease prevention must be realised within economically practicable limits, the ecology of the diseases and their host plants and practicable control methods based on this have been studied in the root rot disease in sugar beet and black scurf disease in the potato. It was found that it was difficult at present to rear a range of suitable varieties with resistance to the disease, so that inhibition of the growth of the pathogen using chemicals was unavoidably employed. The practical technique for reducing the damage caused by the disease is to mix a minimum quantity of pentachloronitrobenzene (PCNB) in with the soil before planting. This quantity depends on the level of the population of the disease organism in the soil.

Explanation of plates

Plat I

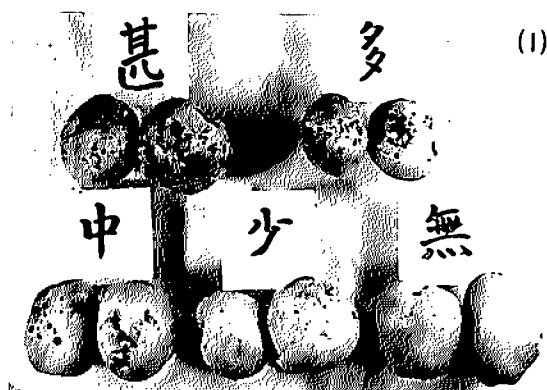
- (1) Minor symptom of root rot disease of sugar beet.
- (2) Severe symptom of root rot disease of sugar beet.

Plat II

- (1) The grades of sclerotia of black scurf disease on potato tuber.
- (2) The symptom of black scurf disease on young stem of potato.
- (3) The lateral bud growth with injury of terminal bud of potato.
- (4) The symptom of browning young stolon.
- (5) The symptom of rolling of top leave of potato.
- (6) Formation of aerial tuber of potato.
- (7) Short and many stolon formation of potato with black scurf disease.
- (8) Normal stolon of potato. (for check of (7))
- (9) Production of many small tuber of potato by black scurf disease.
- (10) Production of tuber by healthy potato. (for check of (9))



Plat 1



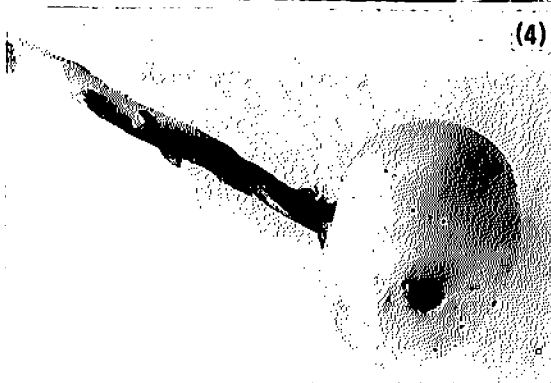
(1)



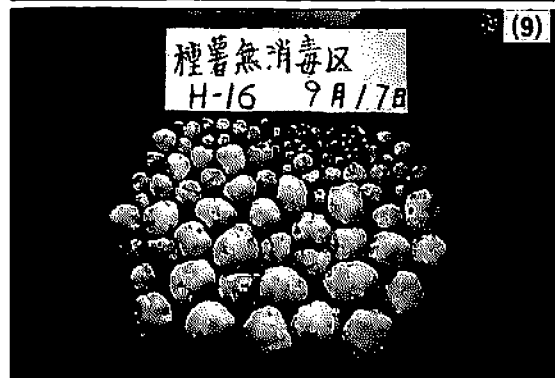
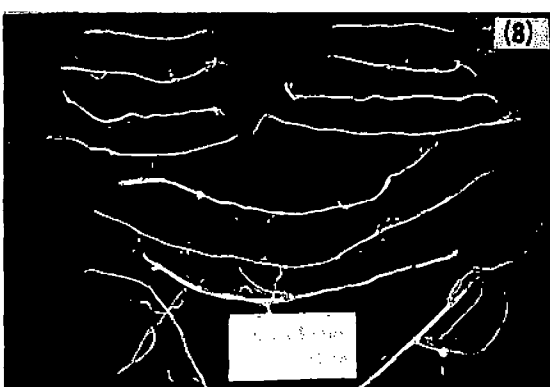
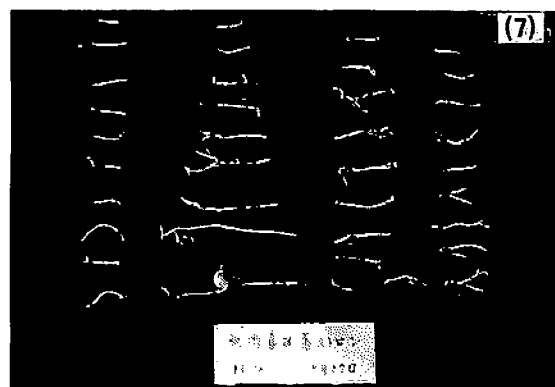
(2)



(3)



(4)



Plat II