

北海道におけるルタバガ品種の根瘤病抵抗性について

佐 久 間 智 工†

RESISTANCE OF SWEDE VARIETIES TO CLUBROOT IN HOKKAIDO DISTRICT

Tomoe SAKUMA

根釧農業試験場において育成あるいは収集されたルタバガ品種について、北海道における根瘤病抵抗性の品種間差異を明らかにしようとした。

根釧地方におけるほ場試験、紙筒移植法による試験、および北海道内各地域から収集した根瘤病汚染土壌を用いた試験の結果、供試ルタバガ品種の根瘤病に対する抵抗性には、著しい品種間差異が認められた。地上部根色が黄緑色の品種群は、一般に強い抵抗性を示し、1品種「Green top」では、最も強かった。地上部根色が赤紫色の品種は、いずれも強い感受性を示し、本邦育成になる2品種は、最も強い感受性を示す品種群に属した。このような傾向は北海道内各地域から収集された根瘤病菌汚染土壌においても、ほとんど同じであった。

緒 言

ルタバガの根瘤病 (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) は、根釧地方においては根室市あるいは釧路市のような都市近郊のそ業栽培地帯に隣接する酪農家のほ場で、近時散発的な発生例を認めるものであるが、ルタバガの主栽培地帯である同地方にあっても、まだその大規模な発生の報告はない。これは、ルタバガも、草地を含めた長期の輪作体系の中に組み込まれているために、そのような事態が避けられていることによるものと思われる。しかし、根釧地方などの栽培農家において、従来慣行的に行なわれてきた移植法によれば、例年、住宅周辺のほ場で苗を育成し、これを本ほに移植する栽培方法であるために、また同時に他方では、かんらんその他の十字花科そ業が、常に、住宅周辺のほ場で栽培が繰り返されるので、その土壌が、当病菌によって汚染されている可能性が多分にあり、したがって、栽培ほ場の適当な輪作にもかか

わらず、常時、発生の危険が予想されるものである。また、ひとたび発生が認められ、り病株を家畜に給与した場合、その残渣によって、歯が、り病組織ともども、厩肥等に混入することは避けられないであろうから、ほ場の汚染面積の拡大も当然予思される。

すでに、諸外国においては、ルタバガを含めた十字花科作物、なかでも特にかんらんの根瘤病に関する研究例が多く、抵抗性品種の育成⁽⁹⁾⁽¹⁵⁾⁽²⁰⁾までの広い範囲の報告がある。一方、本邦では、防除法やその生態に関する報告は多いが、種類や品種の抵抗性、あるいはルタバガに関する研究報告はほとんどない。

ルタバガの根瘤病については、その経済的な効果から考慮して、薬剤による防除法では実用性に乏しいとされている。したがって、抵抗性品種の採用を軸に、若干の耕種的防除法⁽³⁾⁽⁷⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁸⁾を加味するのが、最も有用な方法であるとされる。そこで、北海道におけるルタバガ品種の根瘤病抵抗性、なかでも、本邦で育成した品種の抵抗性が明らかでないで、これらを解明しようとした。

† 元根釧農業試験場（現滝川畜産試験場）

はじめに、根釧地方において根瘤病の発生が認められたほ場を供試して検討した。しかし、このようなほ場試験による場合は、ひとたびり病した場合の被害の実態、すなわち、収量の減少についてもみることができるという利点はあるものの、元来ほ場における汚染の程度には、非常に大きな変異があるといわれており¹⁰⁾、これまでの試験の結果を通じて、筆者も同様の観察をしている。

また、NIEUWHOF ら¹¹⁾によって、根瘤病に対するいわゆる「semi-resistant variety」に関する試験が行なわれているが、それによると、そのような材料に関しては、環境条件によるり病の有無および多少の影響がきわめて大きいとされている。したがって、一般に、ほ場試験によっては、供試材料のあるものが、いわゆる「semi-resistant variety」であるか、ないかということと、ほ場にある汚染度のむらによって生ずるり病程度の変異とを、区別することがむずかしい。一方、そのために、精度を高める必要性から、反復数を多くする必要を認めている報告もある¹⁰⁾。しかし、その目的に沿うためには、当然、ほ場面積を広くするか、あるいは供試素材の数を制限せざるを得ない。以上のような理由から、ほ場試験によらずに、しかもなお、ルタバガ品種の根瘤病抵抗性を明らかにできる方法が採用される必要があった。

ほ場試験によらずに行なう根瘤病に対する抵抗性の検定法としては、NIEUWHOF ら¹¹⁾が2つの方法を報告しているし、また、SAMUEL ら¹²⁾によって示された、いわゆる“SAMUEL & GARRETT 法”も、そのような目的に用いうる可能性が考えられた。しかし、このうち、“SAMUEL & GARRETT 法”は、筆者が同法を試みた場合には、組織内に侵入した胞子と土粒との判別が、必ずしも明確には行なえなかった。また、馬場も、同法によって観察される粒子数と、ほ場における根瘤形成の程度および被害程度が一致しなかったことを報告している²⁾。そこで、供試素材に対して、できるだけ均等に感染の機会を与えるとともに、感染後の根瘤の肥大についても、ある程度まで観察する目的で、NIEUWHOF らの方法を応用した土壌接種の方法を試みた。すなわち、市販のルタバガ育苗

用の紙筒に接種病土を充てんし、これに播種、育苗したのち木ばに定植して、ある程度、根部および根瘤の肥大したものを抜き取り、観察するという方法（以下、紙筒移植法と略称）を用いて検討した。

一方、かんらんの例では、根瘤病に対する抵抗性育種がすすめられた結果、1960年、LARSON ら⁹⁾によって、はじめて、根瘤病抵抗性のかんらん品種としての「Budger shipper」の育成が報告された。しかし、1963年には、早くも SEAMAN ら¹⁰⁾によって「Budger shipper」を犯す *Plasmodiophora brassicae* の存在が報告された。これはすなわち、同品種を犯す *P. brassicae* の生理的 race の存在が指摘されたものであり、ほかに、このような race に関する研究の報告例は、多数にのぼる^{1)5)~7)10)18)21)~23)}。ここで論議をすすめようとする前記2つの試験に、このことを関連させて考えた場合、根釧地方での品種試験の結果に基づく結論は、本邦全域についてはいうまでもなく、北海道内の各地域に関しても、そのまはあてはめ得ない場合のあり得ることが予想された。しかも、LAMMERINK⁹⁾¹⁰⁾ や MACFARLANE¹⁰⁾ によると、根釧地方でり病の少なかった品種の近縁品種と考えられる「Wilhelmsburgar」*を犯す *P. brassicae* の race に関しての報告さえもあるので、このような検討は、少なくとも北海道全域を対象としてなされる必要があるものと考えられた。そこで、さらに北海道全域から病土を収集して、これら品種との関係を検討した。

なお、試験を遂行するにあたっては、中央農業試験場馬場徹代部長から、種々ご助言をいただいたのをはじめ、ほ場の選定、病土の収集に際して、根室・釧路市・帯広・浦河・苫小牧・稚内各地区農業改良普及所、留萌支庁農務課今野昇技師、中央農業試験場原々種農場管理科須賀忠夫科長、道南農業試験場作物科虫歯係、上川農業試験場稲作科山木貞一研究職員の各位には多大のご協力をいただいた。記して感謝の意を表する。

* この場合の「Wilhelmsburgar」の特性は明確でないが、本試験にも供試されている「Wilhelmsburgar yellow greentop」に近い品種と思われる。

試 験 I

根釧地域におけるほ場試験による 根瘤病抵抗性品種間差異の検討

1. 方 法

(1) 供試材料…「マゼスチック 1 号」ほか 12 品種 (Table 1 参照)。

(2) 供試ほ場…根室市 (清水方: 1961 年, 岡村方: 1962 年), 中標津町 (根釧農試: 1962 年) および釧路市 (山花地区: 1963 年) の 3 市町, 4 か所において, 前年度に十字花科そ菜またはルタバガを栽培して, 相当程度の根瘤病の発生を認めたほ場を選定供試した。

(3) 耕種法の概要…直播栽培, 10 a 当たり施肥量, 堆肥 1,500 kg, 硫安 22.5 kg, 過石 30.0 kg, 硫加 7.5 kg, うね幅 60 cm, 株間 40 cm。5 月に播種 (点播), その後間引きして 1 本立てとした。

(4) 1 区面積, 供試個体数および試験区の配置
ア 根室市および釧路市の場合; 1 区 7.1 m², 30 個体供試。乱塊法 2 反復。

イ 中標津町の場合; 1 区 11.5 m², 48 個体供試。乱塊法 4 反復。

(5) 調査方法…根瘤の形成が, 比較的顕著であって, しかも, 腐敗によってその観察および判定

がむずかしくなる前の時期を選ぶように努め, 7 月～9 月の間に抜きとり, 根瘤病の有無および程度, その時点における根重を調査した。

2. 結果および考察

1961 年から 1963 年までの 3 年間に, 根釧地方の 4 か所で行なったほ場試験における調査結果から, 供試個体数に対する根粒病有病個体数の割合 (以後, 単に有病率と略称) と, Fig. 1 に示したような基準によって, 根瘤病による被害程度に応じた評点 (以後, 単に病指数と略称) を与えた場合の, 品種別供試個体の平均値 (以後, 単に被害度と略称) を, それぞれ, 品種ごとに, Table 1 に示した。Table 2 には, 調査時のそれぞれの根重を示した。

その結果, 根瘤病による有病率および被害度には, 著しい品種間差異のあることが明らかであった。すなわち, 1961 年に, 根室市で行なった試験では, 有病率は, 「Green top」の 4% が最も低く, ついで「Green top sweds」の 16% がこれにつぎ, その他の品種は「根室在来 (望月-A)」の 87% から, 「マゼスチック 1 号」および「Long Island necklace」の各 92% まで, それぞれ高い有病率を示した。翌 1962 年に, ほ場を変えて根室市で行なった試験の結果では, 「マゼスチック 1 号」ほか 3 品種が, 有病率 100% を示したのを

Classifying symptoms	without clubbing	with extremely small clubbing on fibrous roots	with a little big clubbing, but only on fibrous roots	with clubbing on main fibrous roots	with clubbing on the vegetable roots or clubbed all the part under the ground surface
Pattern of infection (clubbing)					
Index	0	1	2	3	4

Fig. 1 Relations between the indexes of infection by club-root disease (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) and their classifying symptoms

Table 1 Percentage of infected plants and average index of infection by *Plasmodiophora brassicae* WOK. on the investigated swede varieties at the field trials (1963-63)

Locations (year)	Nemuro (1961)		Nemuro (1962)		Nakashibetsu (1961)		Kushiro (1963)	
	Ratio attacked	Index of infection	Ratio attacked	Index of infection	Index of infection	Index of infection	Ratio attacked	Index of infection
Varieties								
Majestic No. 1	92	2.83	100	3.83	57	1.56	100	3.29
Nemuro-rutabaga	88	2.94	100	3.29			100	2.83
Green top	4	0.04	0	0.00	0	0.00	0	0.00
L. s. purple top*	94	3.23	100	3.88			100	2.75
Long Island necklace	92	2.69	100	3.42				
Sutton's champion	88	2.58	98	3.42				
Nemuro-zairai (M.-A)**	87	2.64	86	3.48				
Green top swede	16	0.26	13	0.39	3	0.04	0	0.00
Sutton's majestic					93	3.12		
Sutton's green top					0	0.00	0	0.00
Sutton's up-to-date					84	2.99		
Sendai-kabu							100	2.70
White fleshed necklace							100	2.80

*) L. s. purple top: Laurentian smooth round yellow purple top

**) Nemuro-zairai (M.-A): Nemuro-zairai (Mochizuki-A)

Table 2 Root weight (kg/10 a) of each swede varieties investigated at the field trials, at the time when the observation about clubbing was carried out

Locations (year)	Nemuro (1961)		Nemuro (1962)		Nakashibetsu (1961)		Kushiro (1963)	
Varieties								
Majestic No. 1	1541		1111		1222		2779	
Nemuro-rutabaga	1458		1146				3658	
Green top	3088		3629		2500		3026	
L. s. purple top*	1040		1111				2472	
Long Island necklace	2504		1894					
Sutton's champion	781		1354					
Nemuro-zairai (M.-A)**	887		1458					
Green top swede	4352		2691		2465		4369	
Sutton's majestic					174			
Sutton's green top					1757		3213	
Sutton's up-to-date					246			
Sendai-kabu							2587	
White fleshed necklace							3495	

*) L. s. purple top: Laurentian smooth round yellow purple top

**) Nemuro-zairai (M.-A): Nemuro-zairai (Mochizuki-A)

はじめ、それぞれが高いり病率を示した一方では、「Green top」では、全くり病が認められなかった。しかし、り病率に関する品種の序列は、前年度の試験と全く同じであった。中標津町および釧路市でも、材料を変えて、同様の試験を行なった。中標津町における供試は場の、同病菌による汚染の度合いは、根室市で行なった場合よりはやや低かったようで、「マゼスチック 1 号」でも 57% のり病率にとどまったが、釧路市の場合は、「マゼスチック 1 号」ほか 4 品種が、100% のり病を示したのに対し、「Green top」ほか 3 品種では、それぞれ、り病が全く認められなかった。これらの試験に供試された 13 品種は、4 か所の試験結果から、根瘤病によるり病の著しい 10 品種と、り病しないか、またはり病の少ない 3 品種に分けられたが、これら両群のうちの別の群に属するいずれの 2 品種間の差も、り病率および被害度両項目について、統計的に有意であった。

以上から、根釧地方において発生が見られる根瘤病に対して、ルタバガ品種間に、著しい抵抗性の差異があることが明らかとなった。そのなかでも、根瘤病に対して強い抵抗性を示した 3 品種は、いずれも通称グリーントップと称される地上部根色が黄緑色の品種群であり、一方、地上部根色が赤紫色を呈する、いわゆるパープルトップ型の品種は、例外なしに高い感受性を示したことが特徴的であった。また、高い抵抗性を示した品種群のなかでも、その程度には、差があり、「Green top」は 3 か所で全くり病しなかったのに対し、「Green top swede」は、逆に、4 か所のうち 3 か所まで、若干のり病を示した。さらに、この試験に供試された「マゼスチック 1 号」は、1935 年ころ、イギリスより輸入され、その後品種の保存が続けられたのちに、育種素材として用いられた「マゼスチック」から、本邦で育成された品種である¹⁰⁾ので、1961 年に同国より導入され、直ちに供試された「Sutton's majestic」¹¹⁾とは、同じ origin を有する品種であろうと考えられるにもかかわらず、中標津町での試験結果からは、両品種の間には、り病率の違いではなく、むしろり病程度について、差があるように思われた。

NIEUWHOF¹²⁾ も、アメリカとヨーロッパから収集したかんらん根瘤病抵抗性について検討した結果、ヨーロッパから収集したかんらん品種の抵抗性は、一般に、アメリカから収集した品種に比べて、高い抵抗性を示したと報告した。この場合にも根瘤病菌の race との関連なしには考えられないと思われるが、おそらくは、淘汰や選抜の加えられた環境、すなわち育成地の根瘤病による汚染の度合いも関連があったことが考えられる。

一方、一般に「Green top」など、地上部根色が黄緑色の品種において、強い抵抗性が認められたことについては、WIT¹³⁾が、かぶの場合について、その根瘤病抵抗性に関与する、少なくとも 3 つの major gene の存在を想定している例はあるが、特に根色との明確な結びつきに関する報告はない。この場合にも、地上部根色を厳密に類別する手段に欠けることや、観察上からは、同様に黄緑色を呈する品種間にも、そのり病程度には差異が認められたこと、かつ何よりも、根瘤病菌における生理的 race の分化に関する多くの報告があることなどから、地上部根色と根瘤病に対する抵抗性との間に、直接の関連性を想定することは適当でないものとみられる。

根重に関しては、この試験の結果でも、根瘤病り病によって、著しい減収がもたらされることが明らかであった。SCHEIJGROND ら¹⁴⁾によっても、茎部や葉部など、地上にある部分を収穫、利用する場合と、根部を利用する場合とでは、被害の程度に差のあることが述べられており、場合によっては、収穫皆無になるともされている。この試験における調査の時期は、通常のルタバガ栽培における収穫期に比べると、はるかに早い時期であったので、仮に普通栽培における収穫の時期まで放置した場合を想定すれば、根瘤の形成はさらに進むとともに、やがては腐敗するにいたるので、健全なものの収量差は、より以上顕著なものとなったであろうことが、当然予想される。

以上の結果から、少なくとも根釧地方においては、特定の品種が、根瘤病に対して強い抵抗性を示したこと、ならびに、同病菌によって強く汚染されているほ場での、おおよその被害の実態を示

し得たといえよう。

試 験 II

中標津町において採取した病土を用いての紙筒育苗，移植による根瘤病抵抗性の検討ならびにその差異による品種の群別

1. 方 法

(1) 供試材料…「マゼスチック 1 号」ほか 26 品種 (Table 3 参照)。

(2) 供試病土…1965 年 5 月，根釧農試 (中標津町) ほ場に播種したルタバガ (品種，「マゼスチック 1 号」) およびかんらん (品種不詳) に，根瘤病の発生を認めたので，8 月 2 日病組織および，り病株周辺の土壌を収集した。り病組織は，ミキサーにより磨砕し，収集土壌と十分に混合したが，そのままでは，水分含量が多すぎるように思われたので，十分に拡げて，1 昼夜，陰干した。なお，土壌に対するり病組織の混合割合は，約 5～6% であった。

(3) 病土の充てんおよび播種，育苗…ルタバガの紙筒移植栽培に用いられる紙筒 (直径 2 cm，長さ 10 cm) に接種病土を充てんし，ただちに，播種して 21 日間，育苗した。この間，逐次間引きをして，最後には各紙筒とも 1 本立てとした。

(4) 移植…根釧農試のほ場で，一般ほ場から離れた場所にあり，しかも，以前に十字花科作物が栽培された記録のない草地を耕起して，前記の苗を移植した。

(5) 調査…移植 7 週後の 10 月 11 日に抜き取り，根瘤形成の有無および程度を，個体別に観察，調査した。

2. 結果および考察

供試素材中の高いり病率を示した品種群の根瘤形成の様子は，きわめて整一であった。したがって，ほ場試験の場合に多くみられたような，根瘤病に感染する機会に関しての位置的な，あるいは時間的なばらつきから起こる，り病に関するものは，ほとんどなかったか，あるいは，きわめて小さかったものと推察された。

供試した 27 品種の根瘤形成状況については，Fig. 2 に示した区分によって，それぞれの指数を与え，さらに，それぞれに属する個体数を，各品種ごとに Table 3 に示すとともに，り病率および供試個体平均の被害度をもあわせて示した。

これによると，全体の傾向としては，ほ場試験の場合と全く同じであったが，個々のり病指数に依りて，ふり分けられた，り病のパターンは，品種ごとにきわめて特徴的であった。すなわち，「Wilhelmsburger østoftegaard」，「Green top swede」および「Green top」の 3 品種では，全くり病が認められなかった。次に，「Wilhelmsburger yellow green top」および「Sutton's green top」では，指数 1 に属する軽度のり病個体が，それぞれ 1 個体ずつ認められた。以下，それぞれ，Table 3 に示した序列にしたがって述べると，「Svalöf's victoria」から，「White fleshed necklace」までの 4 品種は，り病指数 0，すなわち，全くり病の認められなかった個体から，り病指数 4，すなわち，著しい根瘤形成の認められたものまで，り病指数 3 を除く全階級にわたって分布した。「5313-b」から，「Sutton's champion」までの 5 品種は，り病指数 0 に属するもの，あるいは，り病指数 5 に属するもののみによって構成されており，これらの品種は，根瘤病によるり病に関しては，完全な抵抗性かまたは完全な感受性の反応を示す個体の集団であって，中備の抵抗性を示す個体が全く含まれていないことが示された。また，「Superlative」から「ネムロルタバガ」までの 13 品種は，それぞれ，100% のり病率を示したが，そのうち「Superlative」から「マゼスチック 1 号」までの 8 品種は，若干の軽度なり病を示した個体を含む点で，「Long Island necklace」から「ネムロルタバガ」までの 5 品種とは区別された。

このようにして，供試品種は，それぞれの根瘤病り病のパターンの相違から 6 つに群別できるものと考えられた。このうち，始めに示した 2 群と「Svalöf's victoria」，すなわち，Table 3 における上位 6 品種は，いわゆるグリーントップ型の品種であることは前述のとおりであり，ブロンズト

Table 3 Pattern of infection by *Plasmodiophra brassicae* Wox. on the swede varieties investigated in the paper-pot/field experiment

Varieties	Items	Total number of investigated plants	Number of plants belonging to each degree of infection					Percentage of infected plants in relationship to total	Average index of infection
			Free	Slight	Slight to medium	Medium to severe	Severe		
Wilhelmsburgar ϕ toftegaard		77	77	0	0	0	0	0	0
Green top swede		97	67	0	0	0	0	0	0
Green top		82	82	0	0	0	0	0	0
Wilhelmsburgar yellow green top		83	82	1	0	0	0	1	.01
Sutton's green top		66	65	1	0	0	0	2	.02
Svalöf's victoria		65	47	3	1	0	14	38	.94
Sutton's up-to-date		64	32		3	0	29	50	1.91
Canadian universal		56	11	2	1	0	42	80	3.07
White fleshed necklace		76	2	4	5	0	65	97	3.61
5313-b		46	13	0	0	0	33	72	2.87
Crimson king		54	6	0	0	0	48	89	3.56
Bangolm improved		62	5	0	0	0	57	92	3.68
Svalöf's bangolm		47	3	0	0	0	44	94	3.74
Sutton's champion		58	3	0	0	0	55	95	3.79
Superlative		67	0	3	2	0	62	100	3.81
L. s. purple top*		67	0	2	0	0	65	100	3.91
Calder		74	0	2	0	0	72	100	3.92
Bangolm		42	0	0	2	0	40	100	3.90
Sensation		48	0	1	0	0	47	100	3.94
Sendai-kabu		55	0	1	0	0	54	100	3.95
Grand master		56	0	1	0	0	55	100	3.95
Majestic No. 1		60	0	1	0	0	59	100	3.95
Long Island necklace		52	0	0	0	0	52	100	4.00
Nehin No. 1		52	0	0	0	0	52	100	4.00
5313-a		25	0	0	0	0	25	100	4.00
Yellow giant 57003		53	0	0	0	0	53	100	4.00
Nemuro-rutabaga		51	0	0	0	0	51	100	4.00

*) L. s. purple top: Laurentian smooth round yellow purple top

アップ型の品種である「Sutton's up-to-date」がこれについだ。そして、その他の、いわゆるパープルトップ型の全品種は、さまざまなり病のパターンを示しながらも、前記2種類の品種群よりは、いずれも高い病率と被害度を示したことになる。

以上のように、紙筒移植法を採用することによって、まず病状態が統一であるために、は場試

験のみからは得られなかった、かなり細部にわたる論議のできる試験結果が得られ、さらに、これによって、より多くの素材を供試、検討することができたものと考えられる。また、*Plasmodiophora brassicae* における生理的 race の分化に関する多くの報告があるにしても、少なくとも現時点の根釧地方においては、地上部根色が黄緑色である品種、すなわちグリーントップ型の品種

の根瘤病抵抗性が強く、特に「Green top」は、ほとんど完全な抵抗性を示すことが改めて確認された。そこで、供試 27 品種の根瘤病に対する抵抗性について、その概括的な群別としては Table 4 に示したような 6 群、すなわち、抵抗性および感受性の 2 つに区分し、それぞれに、強、中、弱を付したものとするのが、その特性を最も端的に示す群別法であるものと考察した。

Table 4 The swede varieties grouped according to the differences in resistance to club-root disease (*Plasmodiophora brassicae* WOR.) on the paper-pot/field experiment

Resistance to club-root disease	Varieties
1. Completely resistant	Wilhelmsburgar østoftegaard, Green top swede, Green top
2. Highly resistant	Wilhelmsburgar yellow green top, Sutton's green top
3. Moderately resistant	Svalöf's victoria
4. Moderately susceptible	Sutton's up-to-date
5. Highly susceptible	Canadian universal, White fleshed necklace, 5313-b, Crimson king, Bangolm improved, Svalöf's bangolm, Sutton's champion
6. Completely susceptible	Superlative, L. s. purple top*, Calder, Bangolm, Sensation, Sendai-kabu, Grand master, Majestic No. 1, Long Island necklace, Nehin-No. 1, 5313-a, Yellow giant 57003, Nemuro-rutabaga

*) L. s. purple top: Laurentian smooth round yellow purple top

試 験 III

北海道内各地域から収集した病土によるルタバガ品種の根瘤病抵抗性の検討

1. 方 法

(1) 供試材料…「マゼスチック 1 号」ほか 18 品種 (Table 5 参照)。

(2) 供試病土…前年または当年、ルタバガやかんらんなどの十字花科作物を栽培して、根瘤病の

発生が認められたほ場の、り病株周辺の土壌を、根釧地方を除いた北海道内のほぼ全域、計 12 か所から収集して供試した (Fig. 2)。



- a: Nakashibetsu i: Takikawa
- b: Nemuro j: Asahikawa
- c: Kushiro k: Rumoi
- d: Obihiro l: Tomamai
- e: Urakawa m: Yubetsu
- f: Tomakomai n: Yubetsu
- g: Ono o: Tanno
- h: Sapporo

Fig. 2 The locations in Hokkaido where the resistance of swede varieties to club-root disease was investigated at the field (a-c) and where the samples of soil infested by *Plasmodiophora brassicae* WOR. were collected (d-o)

(3) 栽培および調査…試験 II の(3)項以下に同じ。ただし、大部分の土壌については 1966 年の 8 月から 10 月の間に供試したが、苫前、留萌および大野の 3 か所から収集された土壌については、1967 年の 5 月から 7 月にかけて供試した。

2. 結果および考察

結果は、供試 19 品種について、そのり病率を Table 5 に示した。

収集された土壌の間には、根瘤病菌による汚染の度合いに関して、かなりの差があったものと思われ、供試全品種で、全くり病の認められなかった札幌土壌から、供試品種の過半数が 100% のり病を示した湧別および端野土壌まで、土壌の差に

Table 5 Percentage of the clubbed plants of the 19 swede varieties used in the paper-pot/field experiment conducted with the soil collected from the 12 locations in Hokkaido

Locations where soil infested by <i>P. brassicae</i> WOK. was collected	Obihiro	Urakawa	Tomakomai	Ono	Sapporo	Takikawa	Asahikawa	Rumoi	Tomamai	Keihoku	Yubetsu	Tanno
Varieties	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	(o)
Wilhelmsburger ϕ toftegaard	2	5	0	1	0	0	0	2	1	2	29	0
Green top swede	0	1	0	3	0	0	0	0	2	4	13	0
Green top	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wilhelmsburger yellow green top	23	2	0	5	0	0	9	12	3	3	8	15
Sutton's green top	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
Svalöf's victoria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	5
Canadian universal	25	52	0	16	0	20	15	3	31	50	50	90
White fleshed necklace	45	60	22	16	0	13	25	63	45	88	100	100
5313-b	87	56	21	15	0	30	100	43	20	80	100	100
Crimson king	66	40	40	80	0	15	25	45	30	100	100	100
Sutton's champion	90	70	34	25	0	16	20	38	26	88	100	90
L. s. purple top*	69	55	10	8	0	7	32	33	28	92	100	100
Calder	75	51	17	12	0	31	50	43	20	100	100	100
Bangolm	100	56	31	12	0	30	45	50	16	100	100	100
Sensation	81	78	11	8	0	31	25	64	44	80	100	100
Sendai-kabu	42	67	18	30	0	36	40	56	10	48	90	100
Majestic No. 1	100	50	25	17	0	23	30	48	28	84	100	100
5313-a	75	54	20	33	0	25	43	50	23	92	100	100
Nemuro-rutabaga	97	88	26	35	0	18	22	40	32	100	100	100

*) L. s. purple top: Laurentian smooth round yellow purple top

よる変異が大きかった。しかも、り病率の序列は、厳密には、必ずしも並行しては示されなかった。しかし、供試品種を、Table 3 の序列にしたがって配列すると、それらのり病率に関する序列は、各地の土壤について、Table 3 のそれにきわめて類似していることが指摘できた。しかも、「Green top」はどの収集土壤においても、全くり病が認められなかった。また、いわゆるグリーントップ型の品種は、供試土壤のあるものでは、やや高いり病率を示したのもあったが、概して非常に低いり病率を示したということができ、根釧地方の土壤で試験した場合とほとんど類似した結果が得られた。

このような成績から、根釧地方における根瘤病による汚染土壤を用いて行なった前の2つの試験結果は、北海道全域の根瘤病による汚染土壤を対象とするように拡大適用しても、ほぼそのまま当てはまるものと考察した。

総 合 考 察

以上3つの試験結果から、根釧農業試験場が収集したルタバガ品種および本邦において育成されたルタバガ品種の、北海道地域における根瘤病抵抗性は、「Green top」で最も強く、グリーントップ型の品種は概して強く、パープルトップ型の品種は一般に弱く、そして本邦育成になる「マゼ



Fig. 3 "Nemuro-rutabaga" was improved in Konsen Agric. Exp. Sta. as the more resistant variety to the bacterial soft rot than the other varieties. But the variety was attacked most heavily by *P. brassicae*.



Fig. 6 "Green top" was the variety imported from Holland and it showed itself completely resistant to *P. brassicae* in Hokkaido district.



Fig. 4 "Sensation" was severely attacked by *P. brassicae*. The variety with the purple colored root surface above the ground showed itself highly susceptible to the disease without exception including "Sensation".



Fig. 7 "Wilhelmsburgar øfttegaard" was highly resistant to *P. brassicae* but some plants of this variety were attacked by the disease. (In this picture the plant at the most right side was infected moderately by the clubroot.



Fig. 5 "Majestic No. 1" was improved from the original "Majestic" "Sutton's majestic" which was imported from England in 1933 and the variety "Sutton's majestic" used for this trial was imported in 1961 from the same country. But the later was attacked heavier than the former by *P. brassicae*.



Fig. 8 "Sutton's green top" which was imported from England in 1961 was highly resistant to *P. brassicae*.

スティック 1 号」と「ネムロルタバガ」は、ともに、抵抗性がきわめて弱い品種の部類に属することが明らかになった。初期の報告例ではあるが「Yellow green top」(グリーントップ型)の抵抗性が強く、「Yellow giant」(パープルトップ型)などの抵抗性が弱かったという報告¹²⁾などもあり、その他の国外の報告によっても、ほぼ同様の傾向を伝えるものが多い²¹⁾。しかし、他方、十字花科作物の種間についてのみならず、ルタバガ品種間についても、その寄生範囲を異にする、いわゆる生理的 race の分化については、すでに北海道の汚染土壌が国外に送られて、その検討のために供試された例²²⁾もある。AYERS¹⁾や WILLIAMS²²⁾によれば、その分類のための手法等も示されているので北海道内各地の土壌を対象としたそのような検討を、今後さらにすすめる必要があるものと思われる。

このような理由で、これらの試験結果から得られた、供試品種と北海道地域における *P. brassicae* との相互関係が、今後とも恒常的に維持されると考えることはできないが、少なくとも現状では、根創地域についてのみならず、北海道全域にわたって、存在する *P. brassicae* に対して、「Green top」は安定した抵抗性を示すことを確認した。現在でも北海道におけるルタバガの主栽培品種が、グリーントップ型の品種であることから考えれば、栽培面積中に占める品種構成の変化に伴って、生息する race の構成にも変化をもたらし、結果的には、抵抗性のあるいは感受性に関する急激な変化をきたすという多くの例も、この場合には、当面重大な問題とはならないものと推論した。

これらのことは、特に本邦育成のルタバガ 2 品種が、北海道地域で根創病に対する強い感受性を示したことなどをも考えあわせ、今後のルタバガの育種にあたって、十分に考慮の対象としなければならぬことを指摘するものである。

なお、紙筒移植試験の結果得られた抵抗性、感受性それぞれの典型的な例を Fig. 3～8 に示した。

摘 要

(1) 本邦においてはまだ解明されていないルタバガ品種の根創病抵抗性、なかでも本邦で育成されたルタバガ品種の抵抗性を明らかにしようとした。

(2) 根創地方の 4 か所で行なったほ場試験、別に試みた紙筒移植法による試験、および北海道内 12 か所から収集した、根創病菌 (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) による汚染土壌を用いた試験で、ルタバガの根創形成の有無およびその程度を調査し、そのり病率および被害度を算出して、品種との関係について考察を加えた。

(3) ルタバガの主要な数品種を用いて、根創地域の 4 か所で行なったほ場試験の結果、1 品種「Green top」は、ほとんど、または全く、り病しなかった。また、それに類する地上部根色が黄緑色である品種は、総じて強い抵抗性を示した。しかし、本邦で育成された「マゼスティック 1 号」および「ネムロルタバガ」の 2 品種は、いずれも強い感受性を示し、また、この両品種を含む地上部根色が赤紫色の品種は、総じて強い感受性を示した。しかし、この場合には供試ほ場の *P. brassicae* による汚染の程度は、必ずしも統一ではなかったため、それによって生じるり病に関する変異と、いわゆる semi-resistance によって生じる変異とを、明らかに区別することができなかった。

(4) *P. brassicae* による土壌汚染度のむらによる変異を小さくし、同時に多数の材料を供試する手段として、育苗用の紙筒に接種病土を充てんし、これで育苗、移植する方法を用いた。強い感受性を示した品種の整一な根創形成の状態から、この方法が、ルタバガの根創病抵抗性を検定する手段として有用なものであると判断した。

供試 27 品種を、抵抗性または感受性の差にもとづき 6 群に分別したが、「Green top」を含む地上部根色が黄緑色の品種は、すべて、抵抗性の群のいずれかに属した。地上部根色が青銅色の品種である「Sutton's up-to-date」は、弱い感受性を示し、ほかの、地上部根色が赤紫色の品種は、

すべて、中程度かあるいは強い感受性の群のいずれかに属した。

根瘤病抵抗性の品種間序列に関する以上の結果は、ほ場試験の結果と同じであったが、いわゆる *semi-resistant variety* をも分別できた。

(5) *P. brassicae* については、生理的 *race* の分化が示されているので、根釧地域におけるほ場あるいは土壌を用いた試験結果が、北海道全域にあてはめうるかどうかを検討した結果、北海道内12か所から収集した根瘤病菌による汚染土壌においても、り病率に関する品種間の序列は、根釧地域における試験結果と同じであるものと判断した。

(6) 以上3つの試験結果から、北海道では、現状に関する限り、「Green top」の根瘤病抵抗性が最も強く、ほぼ完全な抵抗性を示し、また、これに類する地上部根色が黄緑色の品種は、概して強い抵抗性を示すことを認めた。このことから、北海道に現在存在する *P. brassicae* に対しては、「Green top」の抵抗性が最も安定しているものと推論した。

文 献

- 1) AYERS, G. W., 1957; Races of *Plasmodiophora brassicae*, *Canad. J. Bot.* 35; 923—32.
- 2) 馬場徹代, 1964; 十字花科作物根瘤病抵抗性の品種間差異検定について, 日本植物病理学会北海道部会(1964)講演要旨, 32.
- 3) BOCHOW, H. & D. Seidel, 1964; On the influence of organic manuring on plant infection by parasitic fungi. IV. Effects of stabel sung and a straw manuring on *P. brassicae*, *O. graminis*, and *Cochliobolus stauus*, *Phytopath. Z.* 51 (3); 291—30.
- 4) 北海道農事試験場根室支場, 1937; 昭和12年度北海道農事試験場根室支場事業成績.
- 5) LAMMERINK, J., 1964; Pathologic specialization of *P. brassicae* *Wor.* in New Zealand, *N. Z. J. Agric. Res.*, 7 (1); 37—41.
- 6) ———, 1965; Six pathogenic races of *P. brassicae* *Wor.* in New Zealand, *N. Z. J. Agric. Res.*, 8 (1); 156—64.
- 7) ———, 1965; A survey of pathogenic races of clubroot in the South Island of New Zealand, *N. Z. J. Agric. Res.* 8 (3); 667—671.
- 8) LARSON, R. H., 1934; Soil treatment on relation to clubroot of cabbage, *Jour. of Agric. Res.*, 48 (8); 749.
- 9) ———, & J. C. WALKER, 1960; First cabbage to resist clubroot, *Agric. Res.*, Wash., 1960, 9 (8); 15—16.
- 10) MACFARLANE, I., 1955; Variation in *P. brassicae* *Wor.* *Ann. Appl. Biol.* 43; 297—306.
- 11) NIEUWHOF, M. & D. WIERING, 1961; Testing cabbage plants for clubroot resistance, *Euphytica*, 10; 191—200.
- 12) ———, ———, 1962; Clubroot resistance in *Brassica oleracea* L., *Euphytica*, 11; 233—239.
- 13) ———, ———, 1963; Factors influencing the occurrence of clubroot in semi-resistant populations of *Brassica oleracea* L., *Euphytica*, 12; 270—76.
- 14) 男沢良吉, 花田弥作, 1958; ルタバガ新優良品種「マゼスチック1号」, 農業技術普及資料(北海道), 2, 1.
- 15) RICK, C. M. & D. Y. PERKINS, 1955; Resistance to clubroot disease is goal of breeding project in Brussels sprouts, *Calif. Agric.* 9, 4; 8—9.
- 16) Rothamsted Agricultural Exp. Sta., 1952, 1953; Clubroot of cruciferous plants.
- 17) SAMUEL, G. & S. D. GARRETT, 1945; *Ann. Appl. Biol.* 32; 96—101.
- 18) SCHEIJGROND, W. & H. Vos, 1954; Investigation on the susceptibility to club root, *Euphytica* 3; 125—139.
- 19) SEAMAN, W. L., J. C. WALKER, & R. H. LARSON, 1963; A new race of *Plasmodiophora brassicae* affecting Badger Shipper cabbage, *Phytopath.* 53; 1426—29.
- 20) WALKER, J. C. & R. H. LARSON, 1951; Progress in the development of clubroot-resistant cabbage, *Phytopathology*, 41; 37.
- 21) WARREN, F. S. & G. W. AYER, 1960; Resistance to clubroot in swede, *Commonw. Phytopath. News*, 6; 57.
- 22) WILLIAMS, P. H., 1966; A system for the determination of races of *Plasmodiophora brassicae*

that infect cabbage and rutabaga.

- 23) ———, & J. C. WALKER, 1963; Races of clubroot in north America, Plant Dis. Reprtr. 47; 608—611.
- 24) WIT, F., 1965; Inheritance of reaction to club-root in Turnips, Hort. Res., 5 (1); 47—49.

Summary

The differences in resistance to club-root disease (*Plasmodiophora brassicae* WOR.) among the swede varieties in Hokkaido were investigated.

The results are summarised as follows;

1. On the field trials at the four locations in Konsen district (Nemuro and Kushiro district), the resistance to club-root disease was quite high on the green colored swede varieties and, especially, a variety called "Green top" was the most highly resistant. But other purple top colored varieties, including "Majestic No. 1" and "Nemuro-rutabaga" which were improved in Japan, were highly susceptible without exception.

2. The method of transplanting young plants of swede, which were grown in the

paper-pot filled with soil artificially infected by the microbe, was examined to study the resistance to the disease. With this method the differences in resistance to the disease were clearer than the results on the field trial, because of the high uniformity of the degree of infestation by *P. brassicae* in the soil used.

From the result, the 27 swede varieties investigated were arranged into 6 groups, ranging from "completely resistant" to "completely susceptible", according to the pattern of infection by *P. brassicae*; and it is noted that the green colored swede varieties were especially highly resistant to it.

3. The swede varieties were also investigated on the soils which were infested by *P. brassicae* and collected from the 12 locations in Hokkaido. On each of the soils the differences in resistance to club-root disease among them was the same as the results of the trials in the Konsen district.

4. From the above 3 experiments, it was decided that the resistance of a swede variety "Green top" to the club-root disease was most high and constant in Hokkaido district.