

根釧地方におけるばれいしょ疫病の初発生期 予察法確立に関する試験

土 屋 貞 夫[†] 尾 崎 政 春^{††}

STUDIES ON THE FORECASTING METHOD IN EARLY MANIFESTATION OF POTATO LATE BLIGHT IN NEMURO AND KUSHIRO DISTRICT

Sadao TSUCHIYA & Masaharu OZAKI

極冷涼気象の根釧地方においてばれいしょ疫病の初発生期を早期、かつ的確に予測し得る方法を確立するため試験および調査を実施した。その結果、本病の初発生期は気温、湿度、降雨、日照などの気象条件と密接な関係を示すとともに、土壌温度、土壌湿度などの土壌環境とも緊密な関係にあることを認め、病原菌の生態的性質とこれら環境要因との関係から、初発生期をあらかじめ約1週間前に予察することのできる方式を確立した。

I 緒 言

ばれいしょは当地方で栽培される主要な畑作物の1つで、根室・釧路両支庁管内で例年およそ2,500から2,600ha栽培されているが、冷涼、多湿の気象条件のため、例年疫病が普遍的に発生して被害が多く、その生産が著しく阻害されている。当地方でばれいしょの生産性を向上させるには本病の発生、被害をいかに防止するかにかかっているといっても過言でない。

近年、栽培農家では例年慣行的に7月初旬ころから5日～1週間間隔ごとに8回ないし12回、収穫期直前まで薬剤散布による防除を実施している現状にある。

しかし、本病の発生、被害を防止するためには発病初期の徹底防除が重要で、この適期防除を失った場合は、その後薬剤散布をいかに多数回実施しても発病を阻止することは困難となることが多い。

それ故、筆者らは本病の発病初期における防除適期を早期、かつ的確に予察する方法を確立して防除効果を高め、より生産性の向上を図るため試験および調査を実施してきた。

本試験の実施にあたって多大の便宜を図って戴いた根釧農業試験場松村宏場長、中央農業試験場病虫部馬場徹代部長、また、貴重な保存菌株を分譲してくださった農林省北海道農業試験場病理昆虫部富山安平博士、同北沢健治技官の各位に深謝の意を表する。

さらに、終始ご指導およびご激励を賜った元中央農業試験場病虫部（現帯広畜産大学）成田武四博士、農林省北海道農業試験場草地開発部佐久間勉技官に感謝する。

II ばれいしょ疫病の発生経過と被害実態

ばれいしょ疫病の発生、あるいは蔓延と気象条件との関係は、すでに一般によく知られているところであるが、極冷涼気象の根釧地方において、本病の発生経過と被害の実態を明らかにするため調査を実施した。

調査方法 気象観測値は根釧、道南各農試と札幌管内気象台の昭和6年から35年までの夏期間の30か年平均値（病害虫発生予察事業年報、あるいは月

[†] 元根釧農業試験場（現十勝農業試験場）

^{††} 根釧農業試験場

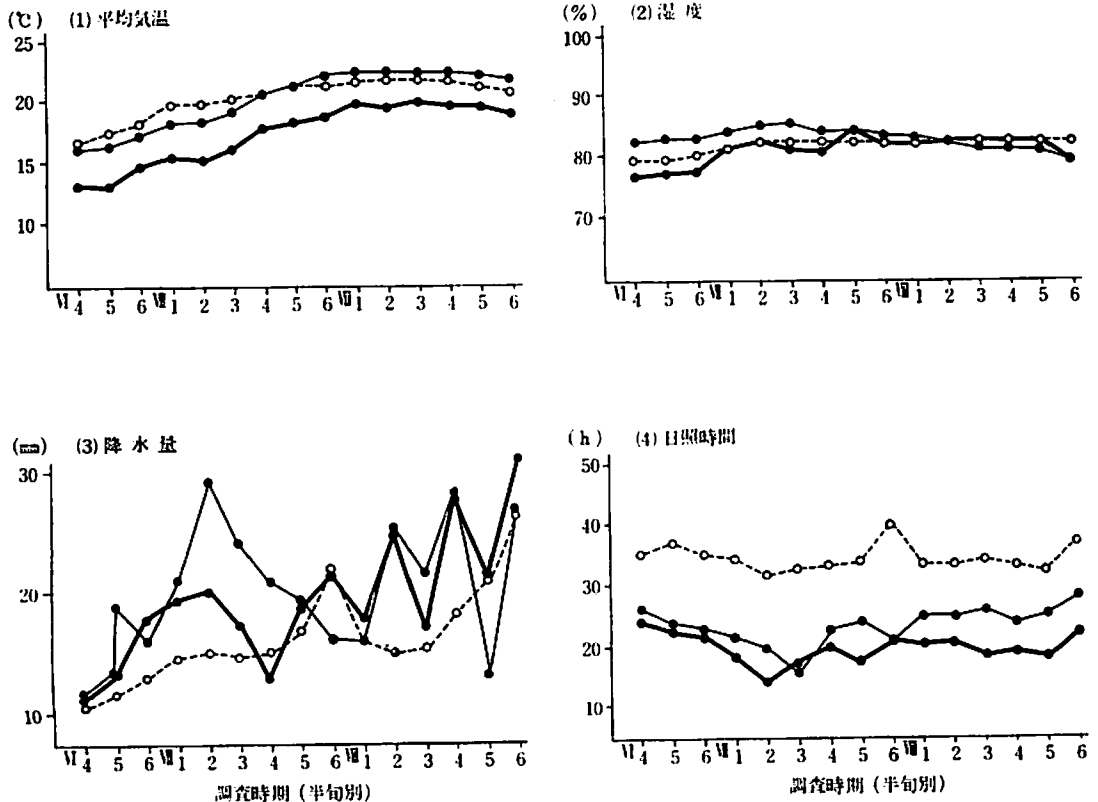
報から抜萃)を用いた。本病の発病程度および収量は昭和41年度以降各3か年根釧農試ほ場で実施した調査結果を用いた。供試品種・「ばれいしょ農林1号」、施肥および中耕・除草は当場の慣行法に準じた。

調査結果 根釧地方における夏期間の気象は第1図で明らかとなっており、7、8月の平均気温は $15^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{C}$ で気温が著しく低く、湿度は80%以上で高く、かつ日照時間も顕著に少ない。いわゆる当地方の夏期間は冷涼、多湿、寡照の自然環境にあり、一般的にみて本病が多発生しやすい気象条件にあるといえよう。

当地方における本病の発生期は年次によって多少異なるが、およそ早発生年で7月第1半旬、普

通は7月中旬ころから発生し始める。この時期は一般にばれいしょの開花期に相当し、地上部茎葉がおう盛に繁茂する時期でもある。茎葉の繁茂によって地表部は陰湿状態となり、下葉の多くは日中でも露滴が乾き難く、微気象的に本病の感染蔓延に好適環境となりやすい。

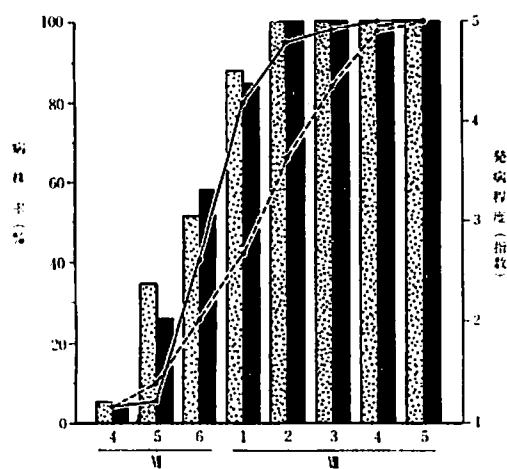
当场病害虫発生予察調査ほ場を例に本病の発生推移を示すと第2図のとおりで、初発生後まもない7月下旬ころから急激に発病増大し、「男しゃく薯」で8月第4半旬、「農林1号」で8月第5、6半旬ころにそれぞれ茎葉が枯凋し、第1表に示した薬剤散布による防除区に比較して無防除区の枯凋期は著しく早まり、生育期間が約1か月短縮した。



注) 1. 観測値 昭和6年～35年までの30カ年平均
2. 観測地点

根釧地方：根釧農試：●
道南地方：道南農試：●
道央地方：札幌管区気象台：○

第1図 根釧地方と道南、道央地方との気象経過の比較



注) 1. 病株率：昭和38年から43年までの6カ年平均
2. 発病程度：昭和41年から43年までの3カ年平均
3. 現場および調査株数：根鋼農試病害虫発生手帳は10株、2箇所調査

4. 「男しやく」：病株率 (stippled bar), 発病程度 (solid line)
「農林1号」：同上 (solid black bar), 同上 (dashed line)

第2図 ばれいし疫病の発生推移状況調査結果

このことから、当地方では無防除の場合、本病は初発生後急激な発生、蔓延の様相を呈し、さらに降雨、あるいは曇雨天の気象が伴うとその病勢は一層急速に増大する傾向にある。

一方、第1表の収量調査結果によると、無防除区の塊茎は一般に小粒個体が多く、防除区と比較して48%の減収を呈した。また澱粉価も防除区に比べて無防除区は含有率が顕著に低下した。

III 本病の初発生期と気象条件との関係

本病の初発生期とそれに関与するとみられる気象要素との関係について検討を行なった。

調査方法 昭和31年から45年までの15年間にわたる当場の気象観測値と場内ほ場における本病の初発生期調査に基づいて統計学的にそれぞれの相互関係を検討した。なお、本病の初発生期は原則として当場内ほ場で最も早期に発生が確認された月日を用いた。過去15か年の気象要因と年次別初発生期を一括表示すると第2表のとおりである。

調査結果 本病の初発生期と気象要素との相互関係を図で示すと第3図のとおりである。

すなわち、初発生期と最低気温（地下5cm 地温が11.5℃以上となる日から Slide 方式による5日ごとの最低気温の平均値）が、10℃を超える日とは5%水準で相関係数（ $r=0.386$ ）は有意性を示さなかったが、第3図—(1)で正の相関傾向を呈した。初発生期と湿度（初発期前20日間中の湿度90%以上の日数）との関係は5%水準で高い相関関係を認めた。また、曇雨天日数（初発期前10日間中の日照時間0h/24hの曇天日、または降水量0.1mm以上/24hの日数）とは5%水準で直接有意な相関は認め得なかったが、相関係数 $r=0.421$ でかなり高い正の相関傾向を呈した。

気象要素間の相互関係では、5日間の平均最低気温が10℃以上となる時期と、上述の湿度90%

第1表 ばれいし疫病の被害実態調査

年次	枯凋期		収量 (kg/10a)		澱粉価		備考
	無防除	防除	無防除	防除	無防除	防除	
	月日	月日			%	%	
昭和43年	8.20	9.21	1,400	2,800	13.8	16.1	防除区：TPN70% 水和剤500倍液 6回散布
44	8.25	9.12	1,300	2,600	13.3	15.8	同：同 5回散布
45	8.20	9.19	1,700	3,000	11.4	17.3	同：TPN75% 水和剤600倍液 6回散布
平均	8.21	9.17	1,470	2,800	12.8	16.4	

注) 1. 試験場所：根鋼農試ほ場
2. 供試品種：農林1号
3. 植付け期：昭和43年・5月14日、44年・5月11日、45年・5月19日

第2表 ばれいしょ疫病の初発生期と気象要因との関係

年次	項目 初 発 生 期 (6月)	感 染 期 (6月)	最 低 気 温 10°Cを超え る日 (6月)	湿 度 初発生期前20 日間中90%以 上の日数	地 温 5月第4半旬～ 6月第5半旬ま での平均値	曇雨天日数 初発生期前10日 間中の日数
31	51	43	41	11	12.9	10
32	59	50	34	11	10.9	7
33	56	48	25	6	12.8	5
34	40	29	28	11	12.4	10
35	59	50	30	12	10.2	7
36	33	25	23	6	13.4	6
37	39	32	32	2	14.2	7
38	39	31	30	8	12.6	6
39	51	52	50	12	12.0	8
40	50	44	30	7	12.0	7
41	51	45	40	12	12.3	9
42	46	35	26	7	15.6	4
43	48	42	26	7	11.9	2
44	40	31	26	8	11.1	4
45	40	36	27	7	13.6	2
平 均	46.8	39.5	31.2	8.5	12.5	6.3

注) 1) 初 発 生 期：根鋤農試ほ場で最も早期に発生の確認された月日。

2) 気象観測値：根鋤農試観測値。

3) 感 染 期：後述する予察方式によって推定される月日。

以上の日数、あるいは曇雨天日数とは5%水準でいずれも正の相関を示し、最低気温が10°Cを超える時期は高湿度条件、または曇雨天条件の日数増加に伴い遅延する傾向にあった。

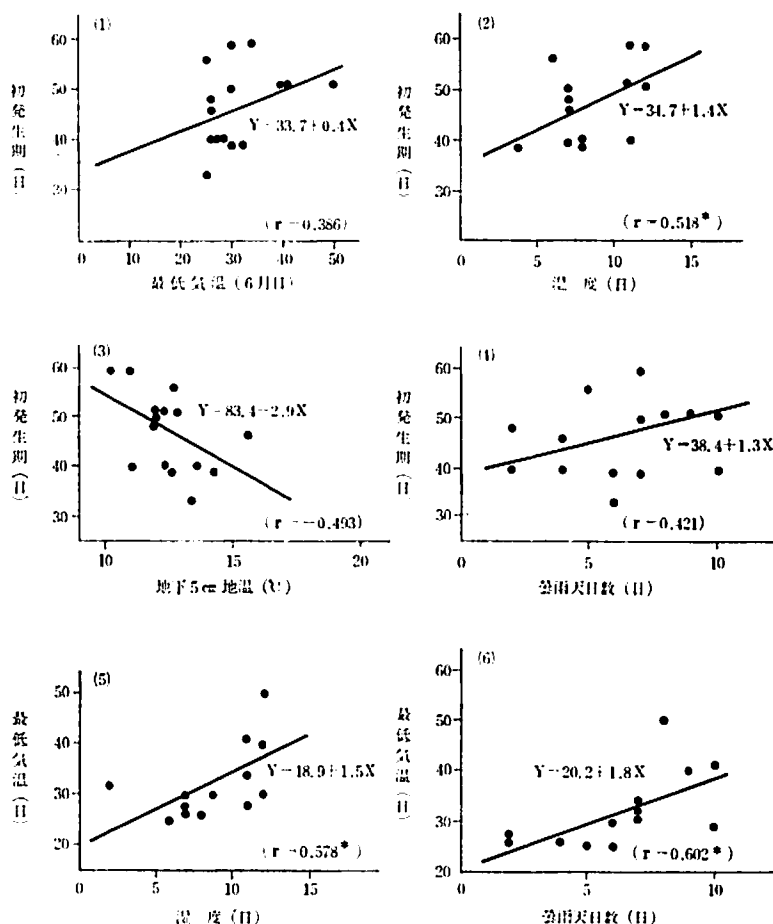
一方、本病の初発生期は湿度90%以上の日数や曇雨天日数と正の相関傾向にあり、これらの気象条件が長期間継続すると逆に初発生期が遅延する傾向を示した。この原因は気象要素間相互の関係から明らかなとおり、90%以上の高湿度、あるいは曇雨天日数の増大が気温の上昇を妨げる結果、本病の第2次発生の感染発病に対して抑制的影響を及ぼすためと推定される。

初発生期と地下5cm地温(5月第4半旬から6月第5半旬までの平均値)とは、5%水準で相関関係が認められなかったが、相関係数 $r = -0.493$ でかなり負の相関傾向にあることを示している。これはほ場に病塊茎が植付けられた場合、地温が塊茎内の菌糸生育に強い影響を及ぼしていることが

考えられる。地温の早期高温は地下部における本病菌の生育を助長し、第1次伝染源の密度を高め、感染、発病の機会を増大させる原因になると推定される。

IV 本病菌の生態的性質と温度との関係

ばれいしょ疫病の発生時期を予察する方法として、すでに幾つかの方式が報告されているが、なかでも古くから一般によく知られている予察方式の1つにオレンジ方式¹⁵⁾がある。これによると本病が感染、発病するための要因の1つに夜間気温、とくに最低気温が10°C以上であることを条件としている。しかしながら、当地方では年次によっては最低気温が10°C以下の気象条件で発病を認めた例がある。それ故筆者らは本病の発生要因をより詳細に解明するため、とくに本病菌の生態と温度との関係について実験を行なった。



注) 1) 最低気温：地下5cm地温が11.5℃を越えた日から5日ごと (slide方式) の平均値が10℃を越える日 (6月)。
 2) 湿度：初発期前20日間中の湿度90%以上の日数。

3) 地温：5月4半旬から6月5半旬までの平均値。
 4) 曇雨天日数：初発期前10日間中の日数。
 6) 初発生期：6月1日を基準として初発生を認めた日。

第3図 ばれいしょ疫病の初発生期と気象要素との関係

実験1 ばれいしょ塊茎片上における疫病菌の生育と温度との関係

材料および方法 供試菌・ばれいしょ疫病菌 (race: 0), 供試品種「男しゃく薯」, 培養温度・8, 10, 15および22°Cの4温度区, 各温度区共シャーレ5枚を供試した。接種はあらかじめ, 500倍の昇汞液で表面殺菌した塊茎を用いて, 厚さ約10mmの塊茎片を作り, 保湿したシャーレ (1片/シャーレ) に入れ, 本病菌の游走子懸濁液の一定量を塊茎片の上面, 中央部に点滴接種し

た。接種後は直ちに所定の温度で静置培養し, 経時的に菌糸の出現期およびその繁殖状態を肉眼的に, また, 分生胞子の形成状況を顕微鏡によって観察, 調査した。

実験結果 実験の結果は第3表に示したとおりで, 接種部位に菌糸が肉眼的に確認できるまでに要した時間は, 22°C区が46時間後で最も早く, 次いで15°C区, 10°C区の順であった。

8°C区は最も遅く, 144時間後に確認された。菌糸の繁殖状態は15°C区が他の温度区に若干ま

第 3 表 ばれいしょ塊茎片上における疫病菌の生育と温度との関係

温 度	菌糸の出現と繁殖程度		分生孢子形成と形成度	
8 °C	144時間後	極 粗 生	260時間後	微 量
10 °C	120 〃	〃	216 〃	中程度
15 °C	92~96 〃	やや密生	116 〃	密 生
22 °C	46 〃	やや粗生	72 〃	密 生

注) (1) 1 温度区 シャーレ 5 枚, 3 回反復の総合判定。

さり, 良好で, 8 °C 区で最も劣った。

一方, 分生孢子の形成所要時間, あるいは形成度は菌糸の出現時間の順位とほぼ同様の傾向を呈し, 22 °C 区が最もすぐれ, 短時間に分生孢子を形成し, 形成量も多かった。また, それ以下の低温区では温度の低下に伴い, 漸次, 分生孢子の形成所要時間が長くなり, 形成量も漸減する傾向にあった。

実験 2 土壌中における本病罹病塊茎内病原菌の生育と温度との関係

材料および方法 供試菌・ばれいしょ疫病菌 (race : 0), 供試品種・「農林 1 号」, 培養温度・6, 10 および 20 °C の 3 温度区, 1 区 4 ポット (a/5,000 ワグネルポット) 12 塊茎, 供試塊茎は本病菌を人為接種して得た病塊茎を用いた。接種はストロンの基部を中心に, 径 10mm のコルクボーラーで 5 mm の深さに打抜き, 予め準備した本病菌の游走子懸濁液を 0.1 ~ 0.15ml ずつ点滴接種した。接種後は直ちに打抜いた塊茎ブロックを軽く挿入し, 培養土を充填したポットに播種し, 所定温度の定温器内に保持した。播種後 10 日目, 20 日目および 30 日目に各区 5 塊茎ごと掘取り, 塊茎組織の病変状況と接種した病原菌の検出調査を実施した。

実験結果 疫病菌の接種塊茎は第 4 表に示したとおり, 接種後の日数経過に伴い, 各温度区とも病変部位が漸次拡大し, 感染, 発病している状態を容易に観察することができた。病変部は 20 °C 区が最も短期間にすみやかに拡大し, 接種後 30 日目には褐変部が塊茎全体に広まり, 腐敗, 軟化が甚しく, 接種に用いた病原菌の検出は不可能な状

態を呈した。10 °C 区は 20 °C 区に次いで病変部の進行が早かった。接種後 20 日目には芽基部の一部が褐変, 罹病し, 病患部組織からは疫病菌を検出することができた。さらに接種後 30 日目には病変部位が前回に増して増大し, 表皮の病変部位からはもちろんのこと, 芽の多数の基部から疫病菌が容易に検出されるようになった。一方, 6 °C の低温区は 10 °C および 20 °C 区に比べ病勢が概して弱く, 病変部位の拡大は顕著でなかった。

以上, ポット試験の結果から, 疫病菌の繁殖は温度が高くなるにつれおう盛となり, 低温条件ではその程度が低い傾向を示した。しかし, 6 °C でも疫病菌の繁殖は認められ, わずかながら日数経過に伴い病変部の拡大が認められた。したがって, 病塊茎が実際は場に植付けられた場合は, 大気中の気温がたとえ 10 °C 以下の条件であっても地温の影響を強く受けて塊茎内で菌糸繁殖が逐次進行することを示唆していると考えられる。

実験 3 ほ場における本病罹病塊茎内の病原菌の移行と第一次伝染源の発病経過

材料および方法 供試菌・ばれいしょ疫病菌 (race : 0) 供試品種・「農林 1 号」, 植付け時期, 昭和 44 年 5 月 11 日, 施肥および管理, 当農試慣行法に準じた。試験区の構成・健全塊茎および病塊茎各 15 粒をそれぞれ 2 つに切断し, 各 30 株となるように植え付けた。病塊茎は前述と同様の方法で疫病菌游走子の懸濁液を点滴接種し, 3 日間室温 (5 月第 2 半旬) で保湿, 培養したものを用いた。調査は植え付け後, 萌芽直前の 30 日目から約 10 日おきに 4 回, 健全塊茎区と病塊茎区からそれぞれ 5 株ずつ掘取り, 病変部の伸展状況の観察およびば

第4表 ばれいしと疫病罹病塊茎内における疫病菌の生育と温度との関係

ばれいしょの生育		表皮部の	病変部先端	塊茎肉部の	左 同 幅	疫病菌の検出結果		
温 度	期 間	病変組織	から芽基部 までの距離	褐変腐敗長		肉 部 の 褐変組織	表皮部の 褐変組織	芽の基部
	(日)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)			
6°C	-20	1.6	4.1	0.4	0.8	+	-	-
	-30	1.7	4.2	0.3	1.3	+	+	-
10°C	-20	2.4	3.0	0.7	1.5	+	+	+
	-30	2.8	2.1	1.3	1.6	+	+	+
20°C	-10	3.3	0.9	3.0	2.0	+	-	-
	-20	4.7	0.0	4.8	3.5	±	-	-
	-30	完全腐敗	左 同	左 同	左 同	Bact.	Bact.	Bact.

注) (1) ポット試験。

(2) 調査は1区4ポット(3株植え)で5株ごと掘取り。

(3) 疫病菌の検出結果 - : 全く検出されない, + : 株の大部分から病原菌を検出した。

± : 病原菌が検出されたり, 検出されなかったりした場合。

れいしと疫病菌の検出を実施した。

実験結果 ばれいしと疫病菌の生育,あるいは茎葉の繁茂状況は健全薯区と病薯区との間には顕著な差異が認められなかった。しかし,本病の初発生期は健全薯区に比べ,病薯区が約2週間早く,7月7日に発生を認めた。掘取り調査の結果は第5表第4図に示したとおりで,病薯区は植え付け後の日数経過に伴い塊茎の病変部位が漸次増大し,第

4回目の植え付け後60日目の掘取り調査時には植え付けた病薯が原形をとどめないほど顕著に腐敗,軟化していた。

一方,健全塊茎を植え付けた区は塊茎切断面に *Penicillium* 菌, *Fusarium* 菌, *Rhizoctonia* 菌, *Spondylocladium* 菌, その他1・2の糸状菌の着生を認めた程度で,植え付け後60日を経過した後でも腐敗,軟化を呈した塊茎は全く認められな

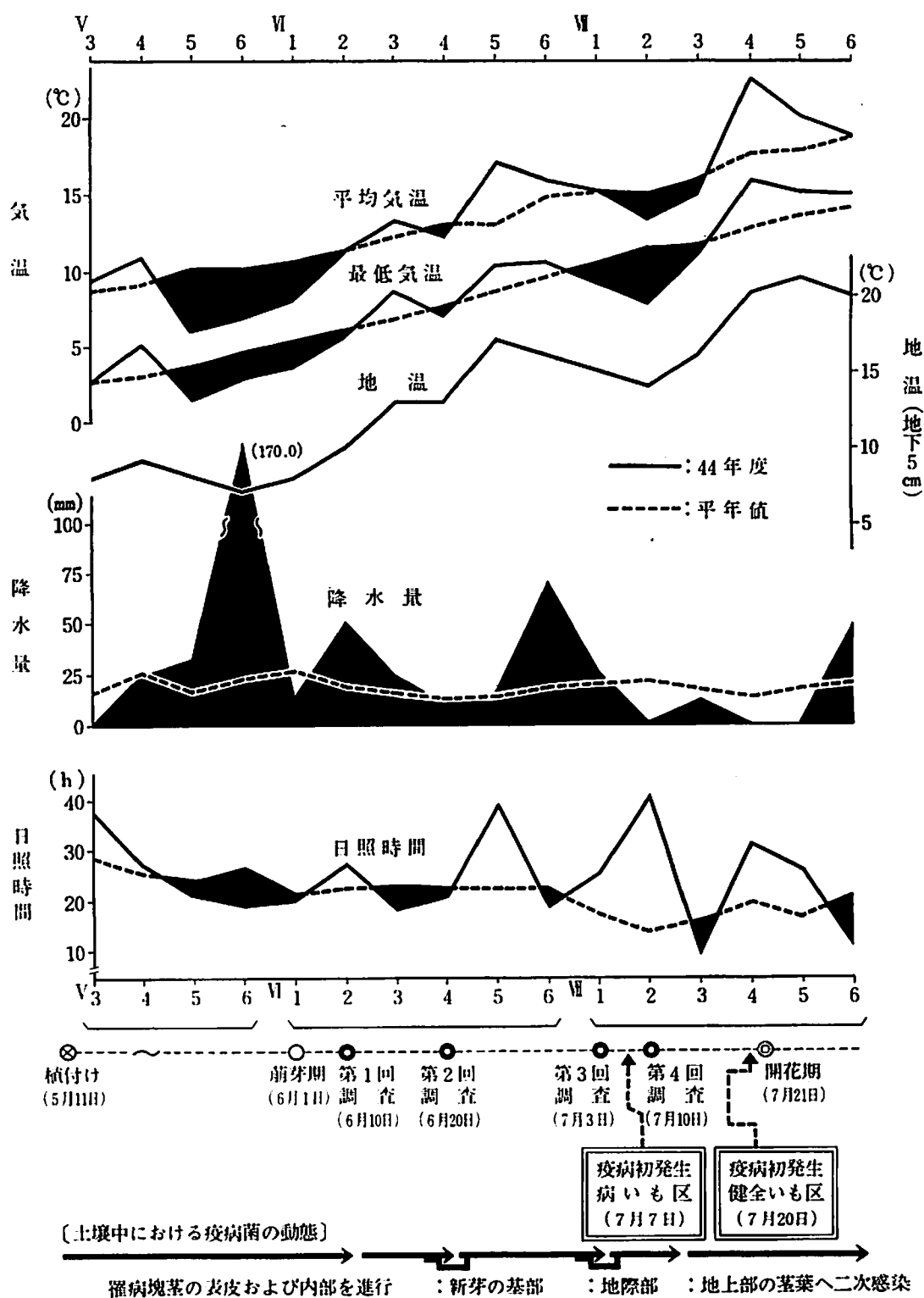
第5表 ほ場におけるばれいしと疫病菌の生態に関する調査結果

区 別	調査月日	茎 長 (cm)	地下部 茎 長 (cm)	塊 茎 の 褐 変 腐 敗 組 織 (cm)	疫 病 菌 の 検 出 結 果			
					塊茎肉部の 褐変組織	表皮部の 褐変組織	芽の基部組織	茎の地際部位
病 塊 茎 区	6月10日	5.0	5.0	3.7	+	+	±	-
	6.20	7.6	4.3	4.0	+	+	±	-
	7.3	26.7	5.5	5.5	+	+	+	±
	7.10	35.2	4.4	完全腐敗	調査不能	調査不能	+	+
健 全 塊 茎 区	6月10日	4.6	4.3	-	-	-	-	-
	6.20	6.2	4.0	-	-	-	-	-
	7.3	32.8	4.5	-	-	-	-	-
	7.10	41.9	5.7	-	-	-	-	-

注) (1) 茎長は地下部の茎長を含む。(2) 塊茎の褐変腐敗組織長は接穂部位からの距離を示した。

(3) 試験年次および試験場所: 昭和44年, 北海道立根釧農試ほ場。(4) 疫病菌の検出結果 - : 全く検出されない,

± : 僅かに検出, + : 多くのものから検出された。



第4図 ほ場におけるばれいしょ疫病菌の生態と気象経過(半月別)との関係

った。また、疫病菌を検出することもできなかった。

病薯区では褐変を呈した塊茎肉部、あるいは表皮の病患組織部から疫病菌を容易に検出することができた。しかも、植え付け後の経過日数が長くなるに伴い、本病菌の検出される部位は漸増の傾向を呈した。

第3回目の7月3日の調査では本病菌の接種部位と対角線の最も離れたところの新芽基部の細胞組織から本病菌が検出された。当該部は外視的肉眼観察によっても、表皮下の細胞組織が暗褐色状に病変している状態が認められた。また、一部の茎の地際部位からも本病菌が検出された。さらに1週間後の7月10日の調査結果では、菌糸が芽の基部から茎を伝って上昇し、地際部位まで伸長、移行し、当該部に多量の分生孢子が形成されている状態が観察された。

病薯区における本病の初発生期は健全薯区に比べ極めて早く、すでに田中・赤井¹²⁾¹³⁾、山本・木村¹⁷⁾らの報告にみられるとおり、病薯の茎の地際部位に形成された分生孢子が、初発生の第1次伝染源になったと推定される結果を得た。

また、第4図で明らかなおと、本試験実施の過程で、病薯区は7月第2半旬に初発生を認めたが、当時の気象は最低気温が10°C以下であった。本病の感染、発病条件としては必ずしも好適環境になかった。おそらく、病薯を植え付けたことによって第1次伝染源となった地際部での分生孢子的密度が高かったこと、7月第1半旬前半の気象が降雨、かつ高湿度条件を呈したことなどによって本病が惹起されたものと推定される。

実験4 本病菌の感染力および潜伏期間に及ぼす温度の影響

材料および方法 供試菌・ばれいしょ疫病菌 (race: 0), 供試品種・ばれいしょ「オオジロ」, 培養温度・8, 10, 15および22°Cの計4温度区, 1区シャーレ5枚であらかじめガラス室内でポット栽培したばれいしょの完全展開葉を切離、採取し、これに本病菌の游走子懸濁液を噴霧接種した。接種後は直ちに保湿したシャーレ (1葉/シャーレ) に移し、所定の定温器で静置培養し、経時

的に病徴の発現および伸展状況を観察調査した。

実験結果 本病は各温度区とも接種後およそ3日から6日後に大型の典型的病斑を形成した。調査結果を示すと第6表のとおりで、褐色ないし暗褐色状小斑点の発現、あるいは典型的病斑を形成した時間は22°C区が最も短時間で、次いで15°C区および10°C区の順に漸次時間が延伸した。8°C区は病斑の形成所要時間が最も長く、134時間以上を要し、他の温度区に比較して病斑数がやや少ない傾向にあった。

一方、本病の潜伏期間は接種後の発病推移からみて温度とは極めて密接な関係が認められ、低温区で長時間、高温区で温度の上昇に伴い逐次時間短縮される傾向にあった。

第6表 ばれいしょ疫病菌の感染力および発病と温度との関係

温 度	小黒斑点の形成	典型的病斑の形成
8°C	110 時間後	134 時間後
10°C	72 〃	86 〃
15°C	65 〃	75 〃
22°C	41 〃	51 〃

(注) (1) 1温度 シャーレ5枚を供試し、その平均値。

V 本病の初発生期予察方式の確立について

ばれいしょ疫病の発生、蔓延の程度は第1次伝染源の密度や、ばれいしょの生育状態、品種、あるいは疫病菌菌系の分布状態などの条件によって異なるが、大気気象条件がそれ以上に強く影響を及ぼすことが一般によく知られているところである。本病の発生を予察するオランダ方式¹⁵⁾や、その他既報の多くの予察方式は気象条件を基にして樹立しているといって過言でない。1961年に樹立された佐久間氏予察方式¹¹⁾も同様、気象条件をもとにしている。

しかし、これら既報の予察方式の多くは根釧地方のような夏期冷涼、多湿気象の条件下においてはそのまま適応し得ないことが多い。それ故、筆

者らは前述した初発生期と気象要素との関係あるいは初発生期前の本病菌の生態的性質との関係から初発生期をより正確に予察し得る方法を考案するため検討を試みた。

方法および結果 一般に本病は第2図から明らかとなり、根釧地方では初発生後は極めて短時日のうちに急激に発生、蔓延し、早期に茎葉枯凋期を迎える。この例年の発生推移状況からみて、当地方では本病は主として病塊茎内の菌糸が伝染源となり、茎の生育に伴い、逐次伸展、移行して茎の地際部に第1次病斑を生成した後、これが発生源となって第2、第3次発生、さらに蔓延期へと短期間のうちに連続的に発生増加するものと推定される。本病の第1次発生の真正病斑形成期を知ることは、本病の発生、蔓延を阻止する上で極めて重要であるが、ほ場中では発見することが容易でない。それ故、本試験では原則として第2次発生の初期病斑の発生期を本病の初発生期と判定することにした。なお、すでに述べたほ場調査結果の第3表、第3図および第4図に示した初発生期も同様、これに準じて設定した。

本病の初発生に関与するとみられる要因は種々考えられるが、前述した試験結果から明らかになった幾つかの要因と、既報の佐久間方式¹¹⁾とを組合せて次のように予察方式を作成し、検討を試みた。

ばれいしょ疫病の初発生期予察方式

1. 5月4半旬から6月5半旬までの地下5cmの平均地温を求める。

(1) 平均地温が11.5°C以上の場合

6月5半旬以降、最低気温が5日ごとの平均(Slide方式)で10°Cを超える日を求め、分生胞子の飛散警戒期を設定する。

(2) 平均地温が11.5°C以下の場合

6月5半旬以降も継続して11.5°Cを超える日を求める。さらに、上記(1)と同様に、最低気温が10°C以上となる日を算出し、6月5半旬以降11.5°Cに達するまでに要した日数を加算して、分生胞子の飛散警戒期を設定する。

2. 警戒期設定後は降雨(0.1mm以上/24h)および曇天(日照0h/24h)の日が2、3日継続する第

1日目を、本病の第2次発生(初発生)の感染期と定める。

3. さらに、この予測した感染期に本病の潜伏期間として7日間を加算し、得られた月日を第2次発生の病斑出現期、すなわち、本病初発生の「危険日」と推定する。

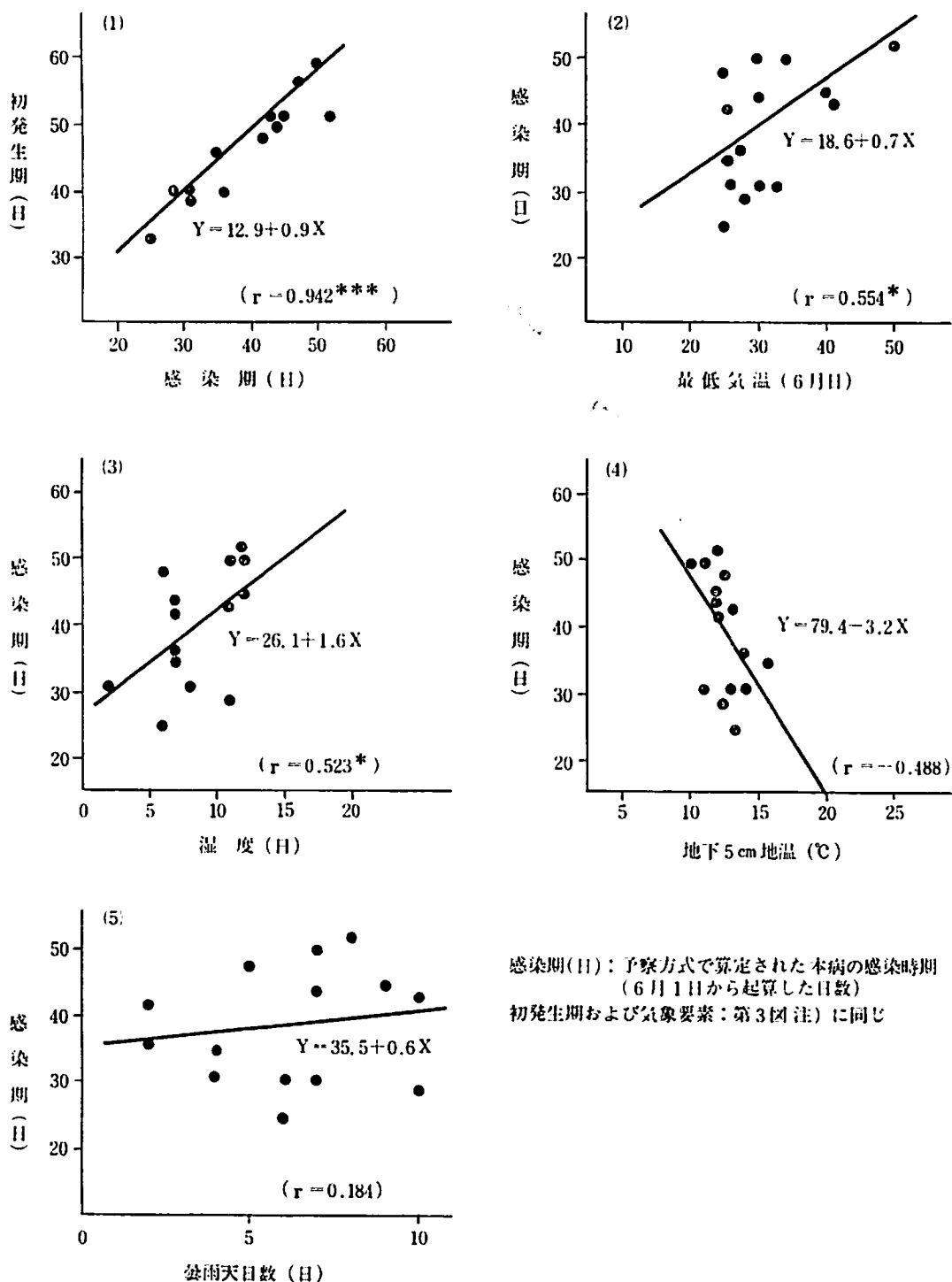
本予察方式で採用した感染期、いわゆる分生胞子が飛散、付着、侵入する時期と気象要素との関係、または初発生期との関係は第5図に示したとおりである。感染期は5日間の平均最低気温が10°Cを超える期日と5%水準で正の相関($r=0.554$)を示した。また、初発生期前20日間中の湿度90%以上の日数とも有意な正の相関($r=0.523$)を示し、前述した初発生期との関係に類似していた。さらに、地下5cmの地温(5月4半旬から6月5半旬まで)の平均値、あるいは曇雨天日数との関係では統計的に5%水準で有意な相関を示さなかったが、第5図で明らかとなり、これら気象要因との関係は前述した初発生期との関係で認められた現象と極めてよく類似していた。

一方、初発生期と感染期との関係は、相関係数($r=0.942$)が0.1%水準で有意となり、極めて緊密な正の相関を有することが判明した。

次いで、さらに上記予察方式を用いて、昭和31年から45年までの過去15年間の調査資料をもとに実際の適応度を検討してみた。結果は第7表に示したとおりで、39年度を除き、15年間で、14年間は±4日以内の誤差範囲にあり、およそ93%の確率で事前に本病の初発生期を予察し得ることが明らかになった。一方、

本予察方式が適応し得なかった39年度は低温甚しく、かつ多雨、寡照の極めて異常気象に経過した年であった。このため、最低気温は10°C以下の日が多く、本方式の分生胞子飛散警戒期の設定は遅れ、初発生の危険日が初発生期より8日遅れる結果となった。

このように顕著な異常気象条件下では本予察方式は必ずしも適用し得ない欠陥を有するが、39年度のような異常低温気象年は少なく、統計的にみて、まれにみる例外年ともいえるので一応本予察方式は根釧地方においては実用に供し得るものと



第5図 ばれいしと疫病の初発生期と感染期ならびに気象要素との関係

第 7 表 初発生期予察方式による年次別適応結果

項目	地 温 5月4半旬 ～6月5半旬 までの平 均値	地 温 6月5半旬 以降11.5° Cを超える 月日	最低気温 5日間の平 均値が10° Cを超える 月日	分生胞子 飛散警戒期	感 染 期 (月日)	初発生の 危険 日 (A)	初発生期 (B)	差 (B)-(A)
年次								
31	12.9	—	7.11	7.11	7.13	7.20	7.21	1
32	10.9	7.4	7.4	7.13	7.20	7.27	7.29	2
33	12.8	—	6.25	6.25	7.18	7.25	7.26	1
34	12.4	—	6.28	6.28	6.29	7.6	7.10	4
35	10.2	7.3	6.30	7.8	7.20	7.27	7.29	2
36	13.4	—	6.25	6.25	6.25	7.2	7.3	1
37	14.2	—	7.2	7.2	7.2	7.9	7.9	0
38	12.6	—	6.30	6.30	7.1	7.8	7.9	1
39	12.0	—	7.20	7.20	7.22	7.29	7.21	-8
40	12.0	—	6.30	6.30	7.14	7.21	7.20	-1
41	12.3	—	7.10	7.10	7.15	7.22	7.21	-1
42	15.6	—	6.26	6.26	7.5	7.12	7.16	4
43	11.9	—	6.25	6.25	7.12	7.19	7.18	-1
44	11.1	6.26	6.25	6.26	7.1	7.8	7.10	2
45	13.6	—	6.29	6.29	7.6	7.13	7.10	-3
平 均	12.5		7.1	7.2	7.9	7.17	7.17	

考えられる。

VI 論 議

筆者らはばれいしと疫病の発生予察方法、とくに根釧地方における本病の初発生期を事前に、しかも的確に予察する方法を確立するため試験および調査を実施した。

疫病の発生予察に関する研究は、本邦はもちろん欧米諸国でも古くから実施され、すでに、1926年に樹立された VAN EVERDINGEN¹⁵⁾ のオランダ方式 (Dutch rules) をはじめ、BEAUMONT²⁾ (Temperature-Humidity rule), COOK³⁾ (Cumulative Rainfall method), WALLIN・WAGGONER (Critical Line method), あるいは HYRE⁶⁾ (Moving Graph method) らの方式があり、本邦では出水⁷⁾、鴻江・川田⁸⁾、あるいは佐久間¹¹⁾ らの各種の方式が多数報告されている。また本病の発生生態については、ALCOCK やその他多数⁹⁾ の研究報告がある。しかし、既報の方式は主として気象要素をもとに作成されているといえる。ばれいしと栽培地帯の気象条件は立

地条件により異なることがあり、これら方式の多くは適応地域が限定され、どこにでも適用し得るとは限らない。

例えば、VAN EVERDINGEN¹⁵⁾ のオランダ方式をはじめ、その他多数の予察方式は、本病の発生要因の1つに温度が10°C以上であることを条件としている。しかし、極冷凍気象の根釧地方では、本病の第1次発生の真正病斑はもちろん、筆者らが初発生期とみなした第2次発生の感染病斑も、しばしば最低気温が10°C以下の低温条件下でも発生が認められ、既報の発病条件とは必ずしも一致しなかった。また筆者らの実験結果において、本病菌は6～8°Cの低温条件下でも発育が可能で、かつ接種試験の結果、游走子は8°Cでも病原性を有し、感染、発病の生ずることが明らかとなった。

以上の結果から、既報の予察方式の多くは、当地方における本病の初発生期を的確に予測することは困難で実用に供し得なかった。

一方、本病菌を接種した病塊茎をほ場に播種し

た場合、塊茎内の菌糸は播種後の日数の経過に伴って逐次繁殖、移行し、大気の実最低気温が 10°C 以下の条件下であったにもかかわらず、同病塊茎から萌芽、新生した茎の地際部位に本病の第1次発生の真正病斑が形成され、さらに地上部の葉にも、無接種塊茎の株に比べ約2週間早期に第2次発生の病斑とみられる初期病斑の発生が認められた。また堀⁵⁾はじめ、PRISTOU・GALLEGLY¹⁰⁾および富山¹⁴⁾の報告にみられるとおり、本病菌の游走子は、適温条件ではわずか2時間前後で発芽、侵入が可能といわれ、もし多数の病塊茎が、ほ場に植えられたために、地下部における第1次伝染源の密度が高くなった場合は、最低気温が 10°C 以下であっても降雨、その他の要因が満たされると、発病が惹起されることもあり得るとみなければならない。

筆者らは、根釧地方におけるばれいしょの播種期から萌芽期直後までの期間、すなわち5月4半旬から6月5半旬までの地下5cmの平均地温が、初発生期とかなり密接な負の相関傾向にあることを認め、本病の初発生期を予察する上で、土壌中の環境要素も重要な発病要因の1つと考えた。

一般に本病菌は、地上部茎葉では大気の実気温、湿度、降雨などの気象要素に主して支配されて生育するが、地下部ではむしろ、土壌中の地温や土壌湿度など土壌環境の影響を直接強く受けると考えられる。

したがって、本病の初発生期は単に大気の実気象要素のみから予察することは困難で、地下部における本病菌の生態、とくにその生育に影響を及ぼす土壌環境（主して地温）をも検討する必要がある。筆者らは本病菌分生胞子の飛散警戒期を設定するための要因として、地下5cmの平均地温を予察方式に取り入れた。

筆者らの考案した予察方式は、39年度のように極端な異常低温気象では適応し得ないが、過去15年間のうち、14年間は ± 4 日以内の誤差範囲で初発生期を約1週間前に事前に予察することができた。

しかし、39年度のように、異常低温気象では適

応し得ない欠陥があり、これらについては今後さらに精査検討する必要がある。

VII 摘 要

1. 根釧地方におけるばれいしょ疫病の初発生期を、的確に予測するための予察方式確立試験を実施した結果、本病は気温、湿度、降雨などの気象要素との関係はもちろんのこと、土壌中における疫病罹病塊茎内の菌糸、すなわち、第1次伝染源となる本病菌の生育、生態とも密接な関係にあることを確認した。

2. 根釧農試における過去15年間(昭和31～45年)の調査資料に基づいて、初発生期と気象要素との関係を統計的に分析した結果、5日間の平均最低気温が 10°C 以上となる日、あるいは初発生期前の高温日数(90%以上)などと初発生期とは極めて有意な正の相関を呈した。

3. 疫病菌を接種した病塊茎を用いて、菌糸の生育と温度との関係を検討した結果、塊茎内の菌糸は 6°C でも生育が可能で、かつ培養時間の経過にともない、漸次病変部が拡大する傾向にあった。また温度の上昇に伴い、菌糸繁殖が著しく促進され病変組織が急増した。

4. 同様に病塊茎をほ場に植え付けた場合、塊茎内の菌糸は日数経過に伴い病患部位が漸次拡大する傾向を示した。植え付け後40日目には新芽の基部の一部が侵され、53日目には菌糸が茎を上昇して地際部位まで伸展、移行していた。さらに60日目には茎の地際部位に本病の第1次発生の真正病斑を形成し、多量の分生胞子を生成している状態が観察され、塊茎内菌糸は土壌環境に強く影響されて増殖することが明らかとなった。

5. 本病菌游走子は接種試験の結果、 8°C で湿度の条件が伴えば緩慢ではあるが、感染、発病させることができた。44年度の実験では、ほ場において最低気温が 10°C 以下であっても、第1次伝染源の密度が高く、かつ降雨、あるいは曇雨天の陰湿気象が続くような場合は、本病の第2次発生が惹起されることを認めた。

6. 筆者らの考案した予察方式によって、算出設定される本病の感染期は、実際の初発生期と統

計的に 0.1 % の水準で正の相関 ($r=0.942$) を示し、約 1 週間前に初発生期を予測することができた。

文 献

- 1) ALCOCK, N. L. & A. E. S. McINTOSH, 1927 : Early manifestations of potato blight (*Phytophthora infestans* DE BARY), Ann. Appl. Biol., 14, 4, 440~441.
- 2) BEAUMONT, A., 1947 : The dependence on the weather of the dates of outbreak of potato blight epidemics, Trans. Brit. mycol. Soc., 31, 45~53.
- 3) COOK, H. T., 1949 : Forecasting late blight epiphytotics of potatoes and tomatoes, Jour. Agr. Res., 78, 545~563.
- 4) CROXALL, H. E., et al. 1961 : Potato blight forecasting in Cumberland 1953-57, Plant Pathology, 10, 4, 127~132.
- 5) 堀 正侃, 1951 : 馬鈴薯疫病の生態と防除, 農及園, 26, 1, 55~58.
- 6) HYRE, R. A., 1955 : Three methods of forecasting late blight of potato and tomato in northeastern United States, Amer. Potato Jour., 32, 362~371.
- 7) 出水忠夫, 1950 : 馬鈴薯疫病の発生予察について, 日植病報, 15, 1, 37~38.
- 8) 鴻江政雄・川田 武, 1955 : 高冷地における馬鈴薯疫病の防除法, 農及園, 30, 6, 68~70.
- 9) LARGE, E. C., 1953 : Potato blight forecasting investigation in England and Wales, 1950-52, Plant Pathology, 2, 1~15.
- 10) PRISTOU, R. & M. E. GALLEGLY, 1954 : Leaf penetration by *Phytophthora infestans*, Phytopathology, 44, 81~86.
- 11) 佐久間 勉, 1961 : 根鋤内陸地帯における馬鈴薯疫病の初発生期予察法について, 日植病報, 26, 5, 233.
- 12) 田中一郎, 赤井 純, 1955 : 馬鈴薯疫病の罹病塊茎と馬鈴薯地上部の罹病の関係について, 日植病報, 19, 3-4, 177~178.
- 13) ———, ———, 1957 : 馬鈴薯疫病菌接種塊茎における病原菌の行動について, 日植病報, 22, 1, 11.
- 14) 富山宏平, 1956 : 馬鈴薯疫病抵抗性の細胞生理学的研究, III 疫病菌の侵入を受けた細胞の褐変に至る過程の時間の測定, 日植病報, 20, 4, 165~169.
- 15) Van EVERDINGEN, E., 1926 : Het Verband tusschen de weerge-steldheid en de aardappelziekte (*Phytophthora infestans*), Tijdschr. Pl Ziekt. 32, 129. (Abstract in Rev. appl. Myc. 5, 627.)
- 16) WALLIN, J. R. & P. E. WAGGONER, 1949 : The influence of weekly cumulative rainfall and temperature on potato late blight epiphytotics in Iowa, Plant Dis. Rept., 33, 210~218.
- 17) 山本昌木, 木村幹夫, 1955 : ジャガイモの疫病に関する研究, (第 1 報) 第一次発生に関する二、三の

実験, 東北農試研報, 4, 34~40.

Summary

Investigations of the forecasting method of late blight of potato in Nemuro and Kushiro district were summarized as follows :

1. Activity of the primary infecting cause, fungus in tubers in the soil, is in close relation to the meteorological conditions ; temperature, humidity, rainfall, etc.

2. Relationship between the outbreak of the disease and meteorological conditions were statistically analysed in relation to data recorded for 15 years in Kosen Agri. Experi. Station : The outbreak of the disease was in intimate relation to the period having 10°C of average minimum temperature for preceding 5 days and also to the number of days in preceding 20 days with relative humidity of 90 percent or more.

3. Investigation of relationship between the growth and temperature using artificially inoculated tubers revealed that the fungus of the disease can grow under a temperature of as low as 6°C and the infected region of tuber gets to spread.

According to the rise of temperature, growth of the fungus was stimulated and the infected regions were accelerated to spread rapidly.

4. The fungus in tubers grows in relation to the soil-temperature and soil-moisture. It attacks the base of some sprouts in 40 days. It came up to the part of stems at the soil surface in 53 days and it manifested the primary infected region in the place in 60 days.

5. It was found by the spray inoculation that the fungus keeps its pathogenicity at a temperature of 8°C, when it is bestowed into high humidity condition. And then, for instance, in the field condition in 1969, the secondary outbreak was observed at the low temperature of 10°C, when the primary infection is in high density and accompanied with rainfall or cloudy weather.

6. As results of the above mentioned experiments and observations the prospective date of the outbreak of the disease calculated by our forecasting method shows statistically high correlation (at 0.1% level, $r=0.942$) with the actual date of the outbreak of the disease.