

神奈川県におけるジャガイモそうか病の発病に及ぼす地温、降雨と土壤水分含量変化の影響及び灌水の効果

小林 正 伸

Effects of Soil Temperature Rainfall and Soil Moisture Content on Severity of Potato Scab and Its Control by Watering.

Masanobu KOBAYASHI

緒 言

本県におけるジャガイモそうか病の研究は古くから行われており、水沢⁶⁾の総説によれば、昭和初期の時点で発病の品種間差異、植付け時期と発病の関係、輪作の効果などの耕種的防除法や、土壤消毒、種いも消毒の薬剤試験が行われ、これが、現在の防除方法の基礎となっている。

しかし、その後の研究例は少なく、卓効を示す薬剤も未だに開発されていないことから、現在でもジャガイモの主要病害となっており、その被害は大きい。

ジャガイモそうか病の発生は年による差が大きく、気象要因がその変動の主因であると考えられるため、発病を左右する環境条件として温度、降雨による土壤水分含量の面から検討した。

また、RICH⁷⁾やBAKER¹⁾らによれば、ジャガイモそうか病の耕種的防除法として灌水が有効であることから、本県での適用性について検討したので報告する。

試 験 方 法

1. 栽培概要

当所内の水田転換畑と普通畑で、1984年～1988年の5年

間試験を実施した。品種は“男爵”を用い、3月上旬にうね幅60cm×株間30cmに植付け、6月下旬収穫の作型で栽培した。施肥は堆肥1tと化成肥料(14-14-14)60kg/10aを元肥とし、5月上旬に同一の化成肥料20kg/10aを追肥した。

水田転換畑(A圃場)では1区2.8m²の2連制、普通畑(B圃場)では1区18m²の2連制で行った。

2. 灌水による防除試験

1985年～1988年の4年間、B圃場で実施した。塊茎の肥大の始まる5月中旬より灌水を開始し、6月上旬まで継続した。灌水量は、毎日灌水区では1日10mm(86年は1日5mm)、隔日灌水区では1日おきに10mm(85年は毎日5mm)とした。なお、前日の午前9時から当日の午前9時までの降水量が10mmを越えた場合は灌水を行わず、10mmに満たない場合は不足量を灌水で補った。

1987、1988年は午前10時に各区の土壤を採集し、105℃で24時間乾燥し土壤水分含量を測定した。なお、地温(地下10cm)については農業総合研究所の観測値を用い、雨量については気象庁AMeDAS平塚地点のデータを使用した。

3. 生育ならびに発病調査

生育調査は、塊茎の肥大状況と感染、発病時期を明らかにするために、5月中旬より1週間間隔で5～10株を

拔取り、塊茎の直径及び重量、そうか病発病度を調査した。

収穫時には、A圃場では各区の全株、B圃場では各区の中心部9.8㎡の全株の塊茎を出荷基準に従って選別して収量を調査し、各基準ごとに全ての塊茎の発病程度を6段階に分けて発病度を算出した。なお、発病度がC以上のものと2Sのものは出荷不能とし、出荷可能割合を求めた。

試験結果

1. 塊茎の肥大及びそうか病発病状況

塊茎の肥大及びそうか病発病状況を第1表に示した。塊茎の肥大は5月15～20日に始まり、そうか病の発病はそれよりやや遅れて20日頃より認められた。そうか病の初発生時期は3か年ともほぼ同様であったが、その後の発病程度の増加は、年により大きな差が認められた。

2. 発病の年次変動と気象要因との関係

1984～1988年の無灌水区での発病を第2表に示した。無灌水区での発病は年次変動が大きく、1984、1987年が多発生、1985、1986、1988年が少発生であった。各年の出荷基準別の発病程度は第3表のとおりで、1984年はL、Mの大きな塊茎の被害が多く、その他の年は小さな塊茎の被害程度が高い傾向が認められた。

第2表 無処理区における各年の発病度

年次	圃場A	圃場B
1984年	55.8	—
1985年	—	25.3
1986年	43.2	25.7
1987年	52.6	40.7
1988年	—	20.7

第1表 塊茎の生育及びそうか病の発病状況

試験年次	項目	5月					6月			
		2	3	4	5	6	1	2	3	4半旬
1986年	直径(mm)	—	15.0	—	26.0	32.0	47.0	—	—	—
	重量(g)		1.5		13.1	29.2	47.0			
	発病度		0		8.5	12.4	6.6			
1987年	直径(mm)	—	13.6	20.9	—	26.2	40.1	—	52.6	53.9
	重量(g)		2.1	7.7		19.5	33.9		61.9	62.3
	発病度		0	8.2		24.8	33.5		40.5	43.3
1988年	直径(mm)	2.4	—	9.9	20.8	24.2	—	—	41.0	—
	重量(g)	0.2		2.1	13.3	19.7			49.3	
	発病度	0		—	7.1	3.0			23.1	

注) そうか病発病度は次の計算方法で求めた。

$$\text{発病度} = \frac{A \times 5 + B \times 4 + C \times 3 + D \times 2 + E \times 1 + F \times 0}{(A + B + C + D + E + F) \times 5} \times 100$$

A: 病斑面積が表皮の50%以上の塊茎の個数

B: 病斑面積が表皮の20～50%の塊茎の個数

C: 病斑面積が表皮の10～20%の塊茎の個数

D: 病斑面積が表皮の5～10%の塊茎の個数

E: 病斑面積が表皮の5%以下の塊茎の個数

F: 無発病の塊茎の個数

(1) 地温と発病の関係

本県での感染時期と考えられる5月中旬から6月中旬の地下10cmの地温を第4表に示した。半旬別の平均値では、ほぼ17~25℃の間で推移しており、最も低かったのが1984年の5月4、5半旬で17.5℃、最も高かったのが1987年の6月2半旬の23.8℃で、いずれも発病適温(13~25℃)の範囲内であった。

各半旬の平均気温と発病最適温度(20℃)との差を第4表に示した。各半旬の差の絶対値の平均が最も大きかったのは1984年の1.8℃で、最も小さかったのは1985年の1.0℃であった。多発年であった1984、1987年とも1.8、1.6℃と5年間の中では発病最適温度からの隔たりが大きく、むしろ少発年のほうが発病最適温度に近かった。

(2) 降水量と発病の関係

本県におけるジャガイモ栽培圃場の土壌水分含量と発病の関係を知るため、1987、1988年の2か年毎日の降水量と圃場の土壌水分含量の関係を調査した。結果は第1図に示すように、1987年は調査開始後5月22、23日に40.0mmの降雨があり、25日の土壌水分含量は40.0%となったが、その後降雨が無く減少を続けた。6月3日に4.0

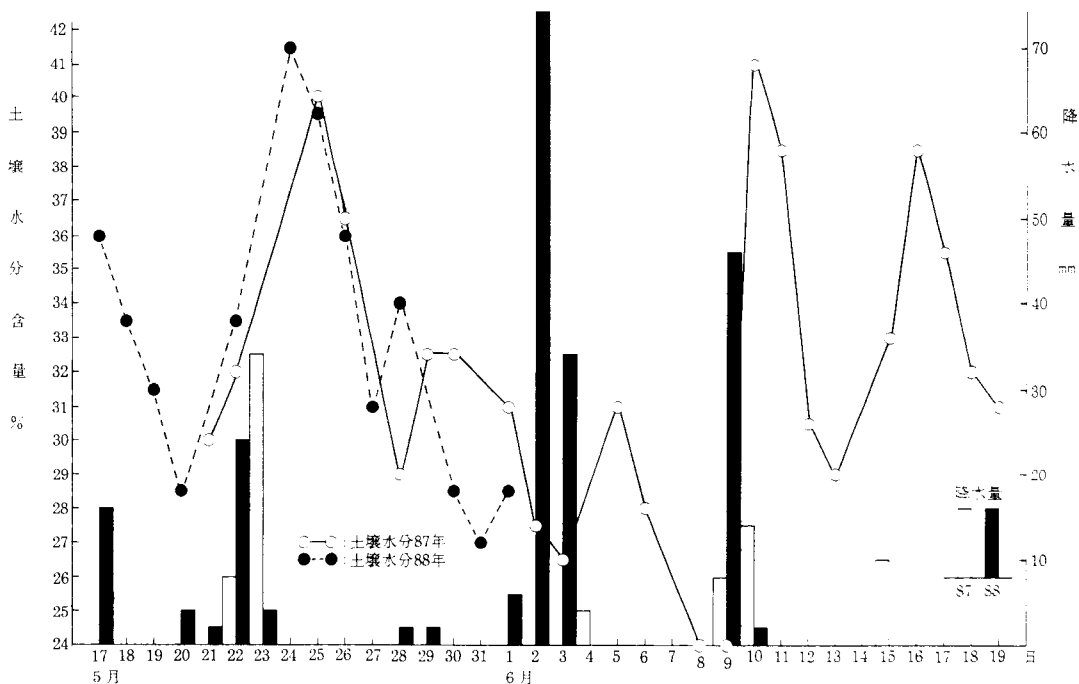
第3表 各年の出荷基準別発病度

出荷基準	1984年	1985年	1986年		1987年		1988年
	圃場A	圃場B	圃場A	圃場B	圃場A	圃場B	圃場B
2 L		欠	40.0		52.5	35.0	13.3
L	59.2		42.3	21.8	51.6	34.4	19.4
M		高	43.2	23.8	53.9	38.0	17.0
S	52.3		42.3	28.9	52.0	42.7	22.7
平均	55.8	25.3	43.2	25.7	52.6	40.7	20.7

注：出荷基準：2 L 250g以上、L 150g~250g、M 100~150g、S 60~100g
1984年は100g以上の塊茎はLとし、60~100gはSとした

第4表 各年の半旬ごとの地温(地下10cm)の平均値

月	半旬	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年
5	4	17.5	欠測	18.8	19.0	20.5
	5	17.5	19.5	17.9	20.7	18.4
	6	19.3	20.9	19.0	20.4	20.1
6	1	21.0	21.2	21.6	22.3	21.3
	2	22.3	21.4	20.7	23.8	23.1
発病適温(20℃)と						
各半旬の差の平均		1.8	1.0	1.3	1.6	1.3



第1図 無灌水区における土壌水分含量の変化(1987,88)

第5表 半旬ごとの降水量と5mm以上の降雨日数

月	半旬	1984年		1985年		1986年		1987年		1988年	
		降水量	日数	降水量	日数	降水量	日数	降水量	日数	降水量	日数
5	4	27.0mm	2	11.5mm	1	37.5mm	1	29.0mm	1	16.5mm	1
	5	0	0	64.0	3	8.0	1	40.0	2	35.0	3
	6	0	0	8.0	0	74.0	2	0	0	1.0	0
6	1	111.0	1	0.5	0	43.0	1	4.0	0	95.0	2
	2	10.5	2	25.5	2	6.5	0	25.0	2	13.0	1
合計		148.5	5	109.5	6	169.0	5	98.0	5	160.5	7

第6表 5mm以上の降雨日と間隔

1984年			1985年			1986年			1987年			1988年		
月日	降水量	間隔	月日	降水量	間隔	月日	降水量	間隔	月日	降水量	間隔	月日	降水量	間隔
	mm	日		mm	日		mm	日		mm	日		mm	日
5. 2	11.5		5.13-14	5.5		5.15	10.5		5.15	6.5		5.16	16.5	
16	16.5	13	20	11.5	5	20	37.5	4	17	29.0	1	21-22	25.0	4
17	10.5	0	21	31.5	0	21	8.0	0	22	5.5	4	23	10.0	0
6. 4	110.5	16	24	8.5	2	29	17.0	7	23	34.5	0	6. 2	18.0	9
9	5.0	5	25	24.0	0	30-31	56.5	0	6. 9	10.5	16	3-4	70.5	0
10	5.5	0	28-29	8.0	2	6. 3-4	43.0	2	10	14.5	0	8-9	14.0	3
			6. 8	15.0	9	6-7	6.0	1				12	6.5	2
			9	7.5	0	16-17	11.0	8						
			10-11	7.5	0									

mmの降雨があったが、5日の土壌水分含量は31.3%と低い値で、ほとんど上昇しなかった。その後も低下し、6月8日には20.0%と最低となったが、6月10日に25.0mmの降雨があり、10日の土壌水分含量は43.7%と最高となった。

1988年は試験開始前日の5月16日に降雨があり、17日の土壌水分含量は36.2%であった。その後3日間は降雨がなく、20日に28.4%まで減少したが、20~23日まで合計33.0mmの降雨があり、5月24日の土壌水分含量は41.3%に上昇した。その後、28、29日と1mmの降雨があったが減少傾向が続き、5月31日には27.1%となった。6月2日以降調査を打ち切ったが、6月2日~4日にかけて133.5mmの降雨があり、また9日に46.5mmの降雨があったため、6月以降は高い土壌水分含量で推移したと推定される。

また、1987年の6月3日の4.5mm、1988年の5月28、29日の1mmの降雨は、翌日の土壌水分含量をやや上昇させたもののすぐに減少傾向となり、あまり大きな影響は認め

られなかった。

土壌水分含量の変動の大きな要因は、まとまった雨であると考えられたため、各年の降水量と5mm以上の降雨日数を第5表に示した。降水量については、各年の変動が大きく、1984年は5月5、6半旬が0mm、1985年は5月6半旬、6月1半旬、1986年は5月5半旬、6月2半旬、1987年は6月1、2半旬、1988年は5月6半旬が少ないが、多発生年と少発生年との間に一定の傾向は認められなかった。また、5mm以上の降雨日数も、各年とも5~7回で同様な傾向であった。

1987、1988年の土壌水分含量の推移から、発病に好適な低い土壌水分含量が続くためには、まとまった降雨の間隔が長いことが必要であると考えられるため、各年の5mm以上の降雨間隔を第6表に示した。多発生年の1984、1987年はいずれも16日と、長い間降雨がないのに対し、少発生年の1985、1986、1988年はいずれも10日以下で、間隔が短かった。また、第3表に示した多発生年の1984

第7表 収量及びそうか病発病度

試験年次	処理	収量	出荷	出荷割合	発病度
		(10a当り)	可能収量		
		kg	kg		
1985年	毎日10mm	3325.0	-	-	6.1
	毎日5mm	2949.0	-	-	7.2
	無灌水	3395.0	-	-	25.3
1986年	毎日5mm	2444.0	2306.0	94.3	23.6
	隔日10mm	2181.0	2056.0	94.7	24.2
	無灌水	2292.0	2167.0	94.6	25.7
1987年	毎日10mm	2096.6	1443.5	68.8	38.0
	隔日10mm	2095.2	1571.9	75.0	31.8
	無灌水	2321.4	1446.3	62.3	40.7
1988年	毎日10mm	2181.0	1763.0	80.8	15.0
	隔日10mm	2195.3	1705.7	77.7	16.0
	無灌水	2506.5	1901.0	75.8	20.7

年と1987年の出荷基準別の発病度を見ると、1984年はM以上の大きい塊茎の発病度が高い傾向があり、逆に1987年は小さい塊茎の発病度が高い傾向が認められた。1984年は5月18日～6月3日の16日間にわたり降雨が無く、5月下旬から6月1、2日の土壌水分含量が低く、一方1987年は、5月23日～6月9日の16日間降雨が無く、6月上旬の水分含量が低かった。

3. 灌水による防除効果

1985～1988年の4年間B圃場を用いて灌水による防除試験を実施した結果を第7表に示した。1985年は毎日10mm灌水区と毎日5mm灌水区の両区とも無灌水区に比べ発病度が低く十分な防除効果が認められた。収量は毎日5mm灌水区でやや低かった。1986年は、毎日5mm灌水区では無灌水区に比べて発病度がやや低く灌水による防除効果が認められたが、隔日10mm灌水区では灌水の効果はごくわずかであった。収量は毎日5mmの灌水で増加したが、隔日10mmの灌水ではやや減少した。1987年の灌水による発病抑止効果は毎日10mm灌水区ではごくわずかしか認められなかったが、隔日10mm灌水区ではかなりの効果が認められた。1988年は毎日10mm灌水区、隔日10mm灌水区ともやや発病抑止効果が認められた。しかし、収量は両年とも灌水により減少した。

1987年と1988年の各区の土壌水分含量の変化を第2図に示した。1987年では、5月22、23日の降雨により、試験開始1週間後の5月27日までは各区間の土壌水分含量の差は認められなかった。5月28日以降も無灌水区は低い土壌水分含量を示したのに対し、毎日灌水区では高い水分含量を保っていたため、6月3日までの1週間は両

区の差が認められた。その後、6月4日の降雨で翌日の5日の毎日灌水区と無灌水区の土壌水分含量はほぼ同程度となった。しかし、6月5日からは無灌水区が急激に減少したのに対し、毎日灌水区では逆に増加したため9日まで大きな土壌水分含量の差となった。隔日10mm灌水区の土壌水分含量は、毎日10mm灌水区と無灌水区のはほぼ中間的な値で推移した。

1988年は5月18日の時点では各区ともほぼ同程度の土壌水分含量であった。その後、無灌水区では減少したが毎日10mm灌水区では逆に増加し、5月20日にはその差は大きくなった。しかし、5月21～24日の降雨で無灌水区の土壌水分含量も急激に増加し、5月24～26日の間、各区の土壌水分含量の差は無くなった。5月27日からは再び無灌水区の土壌水分含量が減少したためその差が大きくなり、6月1日の土壌水分含量の差は最大となった。隔日10mm灌水区は、毎日10mm灌水区と無灌水区の中間的な値で推移した。

考 察

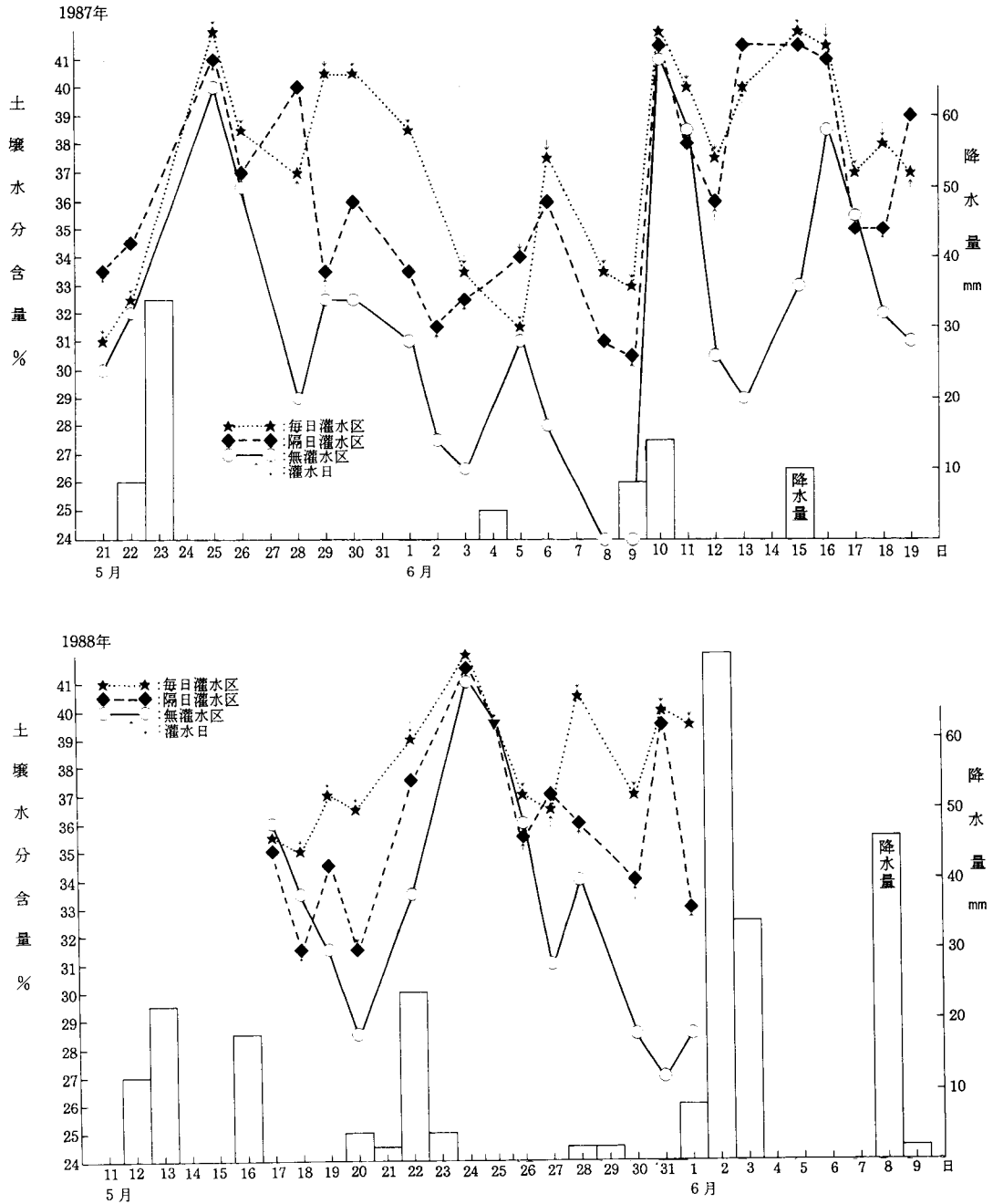
1. ジャガイモそうか病の感染時期

水沢⁶⁾によれば、本県におけるジャガイモそうか病の発病は植付け時期が遅れるほど激しくなる。その理由として本病は塊茎の肥大期間中いずれの時期でも感染するが、塊茎の未熟な時期ほど侵入しやすく、また、本病は高い温度で激しく発病するので、植付け時期が遅くなるほど塊茎の肥大初期が高温になるためとしている。

木村³⁾の試験結果でも、塊茎の肥大初期ほど発病塊茎率は高く、肥大が進むにつれて発病程度、発病塊茎率とも低下した。1984年～1988年の観察結果では、塊茎の肥大が始まるのは5月中旬からで、それより5日ほど遅れてそうか罹病塊茎の出現が確認された。これらのことから、本県でのジャガイモそうか病の感染時期は、5月中旬からで、特に若い塊茎の存在する5月中旬から6月上旬までが感染に関係する重要な時期と考えられる。

2. 発病の年次変動と気象要因との関係

ジャガイモそうか病と土壌温度との関係は、SYKES⁸⁾によれば13～25℃で発病し、最適温度は20℃としている。1984年～1988年の5月中旬から6月上旬の地下10cmの地温は、17～25℃で発病適温の範囲内で推移しており、また、多発生年と少発生年の各半旬の地温の発病適温からの隔たりは多発生年のほうが大きく、少発生年のほうがむしろ発病適温に近いことから、地温は発病の年次変動の大きな要因となっているとは考えられない。



第2図 各区の土壤水分含量の変化 (1887,88)

土壌湿度とそうか病との関係では、一般に乾燥条件がその発病には好適とされており、HARRISON²⁾の試験によれば、圃場容水量の60%を越えるとその発病は抑制される。1987年と1988年の土壌水分含量の変化を比較すると、6月1日までは両年ともほぼ同じ水分含量で推移したが、1988年は6月2日から降雨があり、水分含量が高まったのに対し、1987年は6月9日までまとまった降雨がなく水分含量が低かった。このことが両年の発病の差に大きく影響していたと考えられる。

両年の結果から、土壌水分含量の変動の大きな要因は、まとまった降雨であると考えられたので、5mm以上の降雨日数、降水量、降雨間隔と各年の発病度の関係を検討したところ、降雨日数、降水量とはあまり関係がなく、降雨間隔と密接な関係が認められた。また、多発生年の1984年と1987年の出荷基準別の発病度を比較すると、1984年はM以上の大きい塊茎の発病度が高く、逆に1987年はM以下の小さい塊茎の発病度が高い傾向があるが、両年の降雨間隔の最も開いた時期は、1984年が5月18日～6月3日で、1987年が5月23日～6月9日と土壌水分含量の低かった時期が1週間ずれており、これが両年の出荷基準別の発病度のずれの一原因と考えられる。

これらのことから、ジャガイモそうか病の発生の年次変動の要因としては、地温より土壌水分含量が大きく影響しており、5月中旬から6月上旬の土壌水分含量を支配するまとまった雨の降る間隔が、最も大きく関係していると考えられる。

3. 灌水による防除効果

1987年と1988年の各区の土壌水分含量の差は、無灌水区の変動が大きな要因となっており、降雨の少なかった1987年では灌水区との土壌水分含量の差が大きかったのに対し、降雨の多かった1988年では灌水区との土壌水分含量の差は少なかった。また、毎日10mm灌水区でも1987年はまとまった降雨が長期間なかったため、土壌水分含量は徐々に減少し32%まで低下したのに対し、1988年には35%以上の値で推移した。

発病の少なかった1985、1988年は毎日5mm、隔日10mm灌水区でも発病抑制効果は認められた。しかし、1986年では毎日5mm灌水区ではほとんど効果が認められなかったことや、多発生年の1987年は毎日10mm灌水区でも効果ははっきりしなかったことなどから、無灌水区の発病度が高い年ほど灌水量が少ないと防除効果が劣る傾向がうかがえた。これは、1987年の土壌水分含量の変化が示すように、多発生年では土壌水分含量の減少が著しく、毎日10mmの灌水でも水分含量が減少するので、防除効果を

得るための高い水分含量を維持するためには、より多くの灌水が必要と考えられる。

4年間の試験では、土壌水分含量の変動は年による差が大きく、防除効果をあげる最低灌水量もその年の降雨量、降雨間隔により増減をする必要があった。また、土壌水分含量の変動の最も大きな要因は降雨であるが、降雨後の天候や風なども微妙に関係していると考えられ、安定した防除効果を得るためには、より総合的な土壌水分管理技術の検討が必要である。

LEWIS⁵⁾によれば、土壌水分含量が低い場合は塊茎表面から分離されるのは放線菌が多く細菌は少ないが、水分含量が高いと細菌が増加するため、放線菌の分離率は低下する。高い土壌水分含量で発病が減少するのは、細菌が増加しその拮抗作用で放線菌が減少するためとしている。この様に、土壌水分含量が直接病原菌の発病力に影響するのではなく、土壌中の微生物相の変化により病原菌の活性が変化する場合には、土壌の種類、有機物の施用の有無等により灌水の効果が異なることも考えられる。

今回は、十分な調査ができなかったが、収量についても、灌水による増減が認められ、今後、更に灌水の収量に及ぼす影響及び、他の病害の発生との関係についても十分な検討が必要である。

摘 要

- 1984年～1988年の観察結果から、3月上旬に植付け、6月下旬に収穫する本県の春ジャガイモ(男爵)の一般的な作型での塊茎形成期は、5月中旬(5月15日頃)で、そうか病の初発期はそれより約5日遅れた5月下旬(5月20日頃)であることが明らかとなった。塊茎形成期にそうか病の感染が最大になることから、5月中旬から6月上旬が感染の重要な期間と推測された。
- そうか病の初発は5年間ともほぼ同一時期であったが、収穫時の発病程度は年による差が大きかった。その主要な原因の一つは、土壌水分に大きく影響するその年の降水量及び降雨間隔であると推測された。
- 灌水によりそうか病を効果的に防除するためには、その年の降雨、特に5mm以上の降雨間隔に基づいて灌水量を決定する必要がある。

引用文献

- 1) BAKER, K.F. and R.J. COOK (1974) Biological

- Control of Plant Pathogens, W. H. Freeman and company (San Francisco), 282~283.
- 2) HARRISON, M. D. (1962) Am. Potato Jour., 39:368~387.
- 3) 木村貞夫(1975)長崎総農試研究報告(農業部門), 3:32~47.
- 4) — (1979)植物防疫, 33:554~559.
- 5) LEWIS, B.G. (1970) Ann.appl.Biol., 66:83~88.
- 6) 水沢芳次郎(1935)農園. 5:39~48, 53~63.
- 7) RICH, A.E. (1983) Potato Disease, Academic Press (New York), 14~18.
- 8) SYKES, G. and F.A.SKINNER (1973) Actinomycetale s. Academic Press (London), 253~260.

S U M M A R Y

1. In the spring cultivation of potato in Kanagawa prefecture, potato tubers are annually planted in the beginning of March and harvested in the late part of June. By the field observations for five years from 1984 to 1988, it was found that tuber initiation was in the middle of May (around May 15).

Symptom of common scab caused by *Streptomyces scabies* was initiated first on the newly formed tubers in the late of May (around May 20), and it was about five days later than tuber formation.

It is well-known that the scab infection occurs most severely at shortly after the beginning of tuber formation, and in Kanagawa prefecture, the most sensitive period to the scab infection was from middle of May to early of June.

2. Severity of tuber damage caused by the pathogen at the harvesting period was fluctuated every year, even though the initiation time of the symptom was almost the same in the five years. One of the main reason for the fluctuation was thought to be caused by the difference of amount and frequency of rainfall, which was affective to the soil moisture content.
3. For the effective control of the scab by irrigation, it is necessary to determine the amount of water based on natural rainfall in a certain year, especially on the rainfall interval and amount more than 5mm.