

富山県で分離されたネギ軟腐病菌の同定および収穫後の 調製・管理による本病の発病抑制

守川俊幸^{****}・李 載洪^{***}・梅沢順子^{*}・西畑秀次^{***}・多賀由美子^{***}・小泉紀世[†]

Toshiyuki MORIKAWA, Jaehong LEE, Junko UMEZAWA, Hidetugu NISHIHATA,
Yumiko TAGA and Noriyo KOIZUMI :

Identification of causal pathogen of soft rot in welsh onion, and control of post-harvest
occurrence by crop maintenances and handling procedures after lifting

富山県の主要野菜である白ネギは、その栽培面積および作期の拡大にとともに、多種多様な病害虫による被害が顕在化してきている。なかでも出荷後に腐敗する市場病害「とろけ」（通称）が夏秋どり白ネギで発生し、産地の信用にかかわる重要な問題となっており、早急な防除対策の確立が求められている。そこで、「とろけ」の原因を調査した結果、本症状が軟腐病菌に起因して発生することが明らかになった。さらに、温度や収穫後の調製手順等が本病の発生に及ぼす影響を調査した結果、夏秋どり白ネギにおける出荷後の本病発生抑制に有益な情報が得られたので報告する。

なお、本研究を行うにあたり終始有益なご助言を頂いた農業環境技術研究所西山幸司博士、発病株標本の収集に協力頂いた高岡農業改良普及センター北田幹夫氏、砺波農業改良普及センター西村 聡氏に厚くお礼申し上げます。

材料および方法

1. 病原菌の分離と同定

1997年と1998年に富山県内の栽培圃場で採集した軟腐病罹病株および出荷後に発生した「とろけ」から常法により細菌を分離した。次に、分離菌をネギに有傷接種し、軟化腐敗症が再現された計28菌株（第1表）を凍結法¹⁰⁾によって保存するとともに、その細菌学的性質を後藤・瀧川(1984)^{4,5)}の方法に従って調査した。なお、炭素源の利用能はAyers et al.の基本培地を用いて検定した。

2. 温度が発病に及ぼす影響

1) ジャガイモに対する腐敗能

軟腐病菌 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (11菌株), *E. chrysanthemi* (13菌株), *E. sp.* (4菌株)をPPGA培地上で培養し、約 10^6 cfu/mlに調整してジャガイモ塊茎の切片上に2白金耳塗布した。接種したジャガイモ切片は温室条件下25, 20, 15, 10℃に4日間静置して腐敗の有無を調査した。試験は2回反復した。

第1表 ネギから分離された軟腐病菌の来歴と所属

分離年月	来歴	供試菌株	Ecc	Esp	Echr
A 1997. 8	圃場(富山市吉岡)	2	2		
B 1997. 9	圃場(氷見市柳田)	4	4		
C 1997. 9	圃場(氷見市窪)	4		4	
D 1998. 9	収穫後(富山市八ヶ山)	3	1		2
E 1998. 9	名古屋市場(黒部産)	2			2
F 1998. 9	名古屋市場(庄川産)	3			3
G 1998. 9	名古屋市場(氷見産)	2			2
H 1998. 9	名古屋市場(氷見産)	2			2
I 1998.10	圃場(氷見市窪)	6	4		2
合計		28	11	4	13

注) Ecc : *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*

Esp : *Erwinia sp.*

Echr : *Erwinia chrysanthemi*

* 富山県農業技術センター農業試験場 Toyama Agricultural Research Center, Tonami, Toyama 939-8158

** 現在 韓国河原道農業技術院 Kangwon Agricultural Research and Extension Service, Chuncheon, Kangwon-do, Korea 200-150

*** 富山県農業技術センター野菜花き試験場 Vegetable and Ornamental Crops Research Station, Toyama Agricultural Research Center, Tonami, Toyama 939-1327

† 高岡農業改良普及センター Takaoka Agricultural Extension Center, Takaoka, Toyama 933-0806

2) ネギに対する腐敗能

ネギ '長宝' を3~4葉に調製した後、最下位葉の葉身下部から2~3cm下の葉鞘部に、軟腐病菌 *E. carotovora* subsp. *carotovora* T9216株、*E. sp.* T9226株、*E. chrysanthemi* T9237株の懸濁液を単針接種した(1区3~5本)。接種後は、湿室条件下25, 20, 15, 10°Cで静置し、接種3日後に発病本数と第1葉の病斑長を測定した。試験は2回行い、1回目は10⁶cfu/ml、2回目は10⁶, 10⁷, 10⁸cfu/mlに菌濃度を調整して接種した。

3. 収穫後の温度管理が発病に及ぼす影響

水見市の3生産者からそれぞれ20箱(計60箱)のネギを集荷し(1999年9月10日、午後2時)、野菜花き試験場へ搬送して午後5時から15・10・5°Cの定温室および室温(球根貯蔵庫)に3×5段重ねで置いた(各区15箱、3生産者×5箱/区)。翌11日午前6時30分に各定温室から搬出して室温に置き、12日午前11時に発病調査を開始した。なお、調査開始後は5°Cの定温室に移し、漸次取り出して調査した。また、温度処理中は箱外部と中央列上から2段目の箱内部、搬出後は側列最上段と中央列上から3段目の箱内部の温度を記録した。

4. 収穫後の調製方法が発病に及ぼす影響

農業試験場内のネギ圃場 '長宝' に *E. chrysanthemi* T9237を接種し(1999年6月11日、10⁶cfu/ml、50ℓ/10a散布)、本病多発圃場とした。10月にネギを収穫し、以下に示す各種条件で調製してその後の軟腐病の発生を調査した。なお、いずれの試験においても明らかな軟腐症状を示す株を取り除いた後、試験に供試した。また、除根は鎌で行い、調製後のネギは除根部をポリ袋で覆って約30°Cで静置し、処理2~3日後に除根部からの発病を調査した。

1) 試験1(罹病の程度および除根時期が発病に及ぼす影響)

調製前にわずかも外葉葉鞘部が罹病した株(わずかも腐敗臭がするものを含む)と健全株とに分けて除根調製した。なお、除根は上位3葉が残るよう外葉葉鞘を除去した後に除根する区と除根した後に外葉葉鞘を除去する区を設けた。除根部位は茎盤部とし、10株を1単位として各区計40株を処理した。

2) 試験2(除根後の風乾や切除深が発病に及ぼす影響)

本試験以降は、罹病株と健全株を分けずに供試した。除根部位は茎盤部または葉鞘部(茎盤部から約5mm上位)で切除する区を設け、さらに茎盤部で切除する区では切除後直ちに扇風機で切り口を風乾する区(1.5時間)としない区を設けた。各区10株を1単位として各区計50株を処理した(2反復)。

3) 試験3(除根時期、除根後の風乾および切除深が発病に及ぼす影響)

除根時期、除根後の風乾の条件は試験1・2と同様とした。ただし、外葉葉鞘除去後に除根する区の切除深は茎盤部と葉鞘部(茎盤部から約5mm上位)で切除する点で異なる。試験規模は各区30株3反復とした。

4) 試験4(調製前の濡れ状態が発病に及ぼす影響)

ネギの葉鞘・根部を如雨露で散水して濡らした後に除根する区と濡らさずに除根する区を設けた。除根は外葉葉鞘を除去する前に行い(茎盤部)、各区20株3反復とした。

結 果

1. 病原菌の同定

供試28菌株は何れもグラム陰性の桿菌で、通性嫌気性、運動性を有し、ジャガイモ塊茎を腐敗させることから、*Erwinia*属菌の 'carotovora' 群に属すると考えられた。次に、供試菌は細菌学的性質から3つのグループに分けられた。つまり、I群菌とIII群菌は既往の記載²⁾との比較から、それぞれ *Erwinia carotovora* (11菌株) および *E. chrysanthemi* (13菌株、以下 Echr と略す) と同定された(第1・2表)。さらに、I群菌についてはスクロースから還元物質を産生せず、36°Cで生育し、maltose や α -CH₂-glucoside から酸を産生しないことから subsp. *carotovora* (以下 Ecc と略す) であると同定された。一方、1997年に水見市産で分離したII群菌(4菌株)は、水溶性の黄褐色色素を産生する特異的な特徴を有するとともに、indoleを産生し、MR test 陰性である点などで Ecc と異なり、phosphataseを産生せず、trehalose から酸を産生し、malonateを利用しない点で Echr と異なった。よって、本4菌株の同定を保留し、*Erwinia sp.* (以下 Esp) とした。なお、圃場で分離された16菌株のうち10菌株が Ecc、4菌株が Esp、2菌株が Echr であった。一方、収穫後あるいは出荷後の試料から分離された12菌株のうち1菌株が Ecc、11菌株が Echr であった(第1・2表)。

2. 温度が発病に及ぼす影響

1) ジャガイモに対する腐敗能

ネギから分離された軟腐病菌のジャガイモ塊茎の切片に対する腐敗温度域の低限は、Ecc および Esp が10~15°Cの間、Echr が15~20°Cの間であった(第3表)。このことから、Ecc と Echr を識別するのに、15°Cにおけるジャガイモ切片の腐敗能が指標になるものと考えられた。なお、Ecc の1菌株は15°Cで腐敗能を示さなかったが、本分離株は病原性が弱く、このことが15°Cでの腐敗能が無いことに影響しているものと考えた。

第2表 ネギから分離された軟腐病菌の細菌学的性質

調査項目	I群菌 A, B, D, I 菌株数 (11)	II群菌 C (4)	III群菌 D, E, F, G, H, I (13)	Bergy's manual (9th edit.)	
				<i>E.carotovora</i>	<i>E.chrysanthemi</i>
OF test	F	F	F	F	F
Gram reaction	-	-	-	-	-
Motility	+	+	+	+	+
Growth factor required	-	-	-	-	-
Yellow pigment	-	-	-	-	-
Diffusible pigment	-	YB	-	-	-
Mucoid growth	-	-	-	d	d
Growth at 36°C	+	+	+	d	+
H ₂ S production	+	+	+	+	+
Oxidase	-	-	-	-	-
Catalase	+	+	+	+	+
Urease	-	-	-	-	-
Phosphatase	-	-	+	-	+
Deoxyribonuclease	W5/-6	-	W5/-8	-	-
Potato soft rot	+	+	+	+	+
Reducing substances from sucrose	-	-	-	d	-
Gluconate oxidation	-	-	-	-	-
Acetoin	+	+	+	+	+
MR test	+	-	-	-	-
Casein hydrolysis	+	+	+	d	d
Cotton seed oil hydrolysis	-	-	-	d	d
Tween80 hydrolysis	-	-	-	-	-
Starch hydrolysis	-	-	W3/-10	-	-
Gelatin liquefaction	+	+	+	+	+
Phenylalanine deaminase	-	-	W7/-6	-	-
Indole production	-	+	+	-	+
Nitrate reduction	+	+	+	+	+
Growth in 5% NaCl	+	+	(+) 4/-9	+	d
Acid from :					
D-Adonitol, Dextrin, Dulcitol, Strach	-	-	-	-	-
L-Arabinose, Cellobiose, Esculin, D-Galactose, D-Glucose, Mannitol, D-Mannose, Melibiose, Salicin, Sucrose, D-Xylose	+	+	+	+	+
D-Arabinose	-	-	+2/-11	-	d
Glycerol	+	+	+	d	+
myo-Inositol	+	+	+	d	d
Lactose	+10/-1	+	-	+	d
Maltose	+1/-10	-	-	d	-
α -CH ₂ -glucoside	-	-	-	d	-
Ribose	+	+	+12/-1	+	+
Raffinose	+10/-1	+	+	+	+
Rammnose	+	+	-	+	+
D-Sorbitol	-	-	-	+	+
Trehalose	+9/-2	+	-	+	-
Utilization of :					
Citrate, Formate, Lactate	+	+	+	+	+
Malonate	-	-	+	-	+
Tartrate	-	-	+	-	d

注) 第1表脚注参照。+ : 陽性, - : 陰性, W : 反応弱い陽性, (+) : 遅れて陽性, d : 菌株によって反応異なる。

2) ネギに対する腐敗能

供試した3菌株とも、温度が高いほど発病率は高くなり、病斑長も長くなる傾向が認められた。EchrT9237は他の菌に比べて病斑長は長く、かつ、低い接種濃度でも高率に発病した。特に、20℃でこの差は顕著であった。一方、15℃ではEccT9216とEspT9226は発病したのに対し、EchrT9237は発病しなかった(第4表)。このことから、EchrT9237は一旦発病した場合の病原力は強いが、EccT9216やEspT9226に比べて低温領域での適応能力は低いものと考えられた。

3. 収穫後の温度管理が発病に及ぼす影響

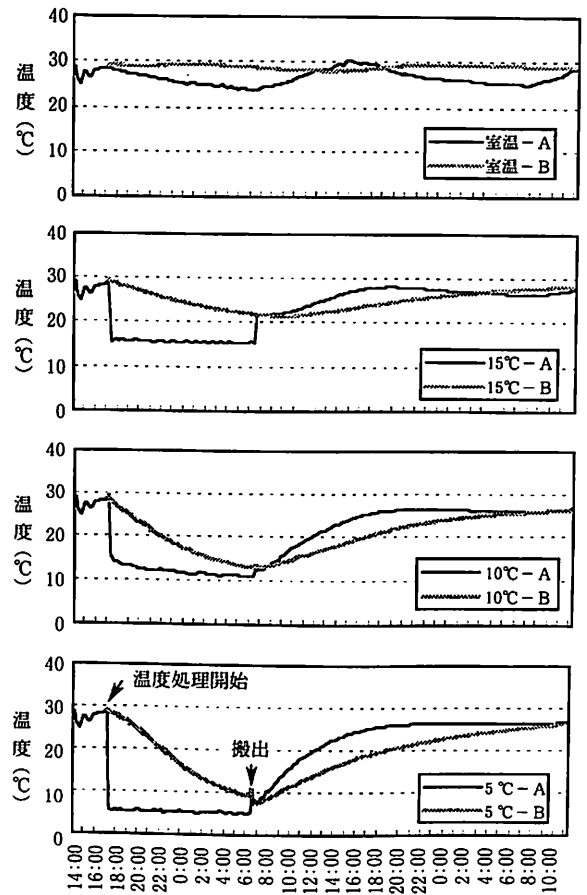
1) 温度の推移

集荷時の温度は28℃付近であり、その後室温に置いた場合、外部および最上部の箱内の温度は(室温-A)は25~30℃の範囲で変動したのに対し、中央列内部(室温-B)は28~29℃の範囲で安定していた。このことから、同様な気温の時期に集荷されたネギは、軟腐病の発病好適温度域に安定して暴露されるものと推察された(第1図)。

第3表 ネギから分離された軟腐病菌のジャガイモ切片に対する腐敗能(4日後調査)

	温 度				該当菌株数
	25℃	20℃	15℃	10℃	
Ecc	+	+	+	±	2
	+	+	+	-	7
	+	+	±	-	1
	+	±	-	-	1
Esp	+	+	+	±	4
Echr	+	+	-	-	4
	+	±	-	-	9

注) Ecc : *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*
 Esp : *Erwinia* sp.
 Echr : *Erwinia chrysanthemi*



第1図 各温度処理区の温度推移(9月10日14時~9月12日11時)

注) A = 箱積み緑部温度, B = 箱積み内部温度(3×5段重ね)

第4表 接種後の温度が軟腐病の発病に及ぼす影響

温度	発病本数/供試本数(発病株病斑長平均cm)									
	試験1			試験2						
	EccT9216 10 ⁸ cfu/ml	EspT9226 10 ⁸	EchrT9237 10 ⁸	EccT9216		EchrT9237				
10℃	0/3	0/3	0/3	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
15℃	3/3(4)	3/3(5)	0/3	3/5(4)	1/5(3)	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
20℃	3/3(20)	3/3(18)	3/3(28)	3/4(13)	1/5(12)	1/5(6)	3/5(23)	5/5(16)	3/5(9)	
25℃	3/3(26)	3/3(25)	3/3(33)	5/5(24)	4/4(23)	2/5(12)	5/5(30)	4/4(29)	5/5(12)	

注) ネギ葉鞘部に病原細菌を単針接種, 接種3日後に調査。

5, 10, 15°Cの各温度に置いた場合、中央列箱内部温度の下降は緩慢で、何れの温度処理でも12.5時間後の搬出時に目的とする温度に到達しなかった(5°C-B, 10°C-B, 15°C-B)。特に15°Cでは、軟腐病発病下限温度域(15~20°C)に達しなかった(15°C-B)。室温への搬出後、中央列箱内部の温度は緩やかに上昇し、5°Cでは23.5時間後、10°Cでは21.5時間後、15°Cでは14時間後に25°Cになったのに対し(5°C-B, 10°C-B, 15°C-B)、側列最上部の箱では急速に温度が上昇し、5°Cでは10時間後、10°Cでは9.5時間後、15°Cでは6時間後に25°Cになった(5°C-A, 10°C-A, 15°C-A)。以上のように、積み重ねた状態における内部の箱は温度の下降、上昇が緩慢であったのに対し、表面に近い場所では温度の変化が急速であった(第1図)。

2) 温度処理と発病の関係

室温状態では15箱中12箱で軟腐病の発病が認められ、発病束率は23%に達した。各温度処理区の内、15°Cでは室温に比べてやや発病は少ないものの、十分に発病を抑制することができなかった。一方、5°Cおよび10°Cでは、発病箱数が4~7箱、発病束率が9~11%と約半分になり、発病株率は葉:0~0.8%、葉・葉鞘部:0.3%、茎盤部:1.7~2.6%と、室温の各2.2, 2.4, 5.2%に比べて明らかに低かった。なお、特に発病が著しい生産者のロットを除いた値で集計すると、5°C処理区の発病は著しく少なかった(第5表)。

4. 収穫後の調製方法が発病に及ぼす影響

1) 試験1(罹病の程度および除根時期が発病に及ぼす影響)

除根時期が外葉葉鞘除去前の区は外葉葉鞘除去後の区に比べて明らかに発病が多かった。さらに、健全なものを厳選して調製した区では発病が極めて少なかった(第6表)。

2) 試験2(除根後の風乾や切除深が発病に及ぼす影響)

腐敗は茎盤部切除区より葉鞘部切除区で明らかに多かった。また、切除後に切り口を強制風乾することによって発病は著しく減少した(第7表)。

3) 試験3(除根時期、除根後の風乾および切除深が発病に及ぼす影響)

試験1と同様に外葉葉鞘除去前に除根を行うと明らかに発病が多かった。また、同区では試験2と同様に、除根調製後に切り口を風乾することによって発病は著しく減少した。なお、外葉葉鞘除去後に除根した区では、試験2ほどの大きな差は認められないものの、風乾することによって発病が減少する傾向が認められた(第8表)。切除深と発病の関係は、試験2の場合ほどの明らかな差は認められなかったが、葉鞘部よりも茎盤部で切除したほうが、発病程度の高いサンプルの数が少なかった(第8表)。

4) 試験4(調製前の濡れ状態が発病に及ぼす影響)

濡れた状態のネギを除根調製することによって発病が

第5表 集荷後の温度処理が軟腐病の発生に及ぼす影響

処理	調 査			発病箱数	発病束率 (%)	部位別発病株率 (%)			葉先黄化株率 (%)
	箱数	束数	株数			葉	葉・葉鞘	茎盤	
室温	15(10)	150(100)	634(372)	12(6)	23.3(7)	2.2(0.5)	2.4(1.3)	5.2(1.1)	69.6(58.1)
15°C	15(10)	150(100)	620(380)	12(7)	21.3(15)	1.0(1.3)	0.5(0.2)	5.3(3.2)	58.4(46.9)
10°C	15(10)	150(100)	620(390)	7(3)	11.3(5)	0.8(0.3)	0.3(0)	2.6(1.5)	52.3(46.8)
5°C	15(10)	149(100)	632(378)	4(0)	8.7(0)	0 (0)	0.3(0)	1.7(0)	32.0(22.6)

注) () 内は特に発病の著しい生産者のロットを除いた値。

第6表 調製時のネギの状態および除根法が収穫後の軟腐病の発生に及ぼす影響

調製前ネギの状態	除根時期	1		2		3		4		平均	
		本数	発病度	本数	発病度	本数	発病度	本数	発病度	本数	発病度
外葉葉鞘部罹病	外葉葉鞘剥皮前	3	16.7	2	6.7	4	16.7	6	40	3.8	20.0
"	外葉葉鞘剥皮後	0	0	2	10	1	6.7	4	23.3	1.8	10.0
外見健全	外葉葉鞘剥皮前	0	0	0	0	0	0	1	3.3	0.3	0.8

注) 本数は発病本数を示す。1単位10本、単位1→4は同一の鎌を用いて除根。除根部位からの発病を程度1=0.5cm以下、2=2cm未満、3=2cm以上に分けて調査し、発病度を算出した。

第7表 除根部位および風乾の有無が軟腐病の発生に及ぼす影響

除根部位	風乾有無	反復	1		2		3		4		5		平均	
			本数	発病度	本数	発病度	本数	発病度	本数	発病度	本数	発病度	本数	発病度
茎盤部	無	1	2	20	7	53	8	67	8	67	3	27	5.6	47
		2	0	0	1	10	3	13	8	63	0	0	2.4	17
茎盤部	有	1	2	13	3	20	0	0	0	0	0	0	1	6.4
		2	1	3	2	13	0	0	0	0	1	3	0.8	4
葉鞘部	無	1	6	50	8	53	9	77	6	43	9	63	7.6	57
		2	9	83	7	57	9	83	8	63	4	20	7.4	61

注) 本数は発病本数を示す。1 単位10本, 単位1→5は同一の鎌を用いて除根。除根は外葉葉鞘剥皮前。除根部位からの発病を程度1 = 1 cm以下, 2 = 5 cm未満, 3 = 5 cm以上に分けて調査し, 発病度を算出した。

第8表 除根時期, 除根後の風乾および切除深が収穫後の軟腐病の発病に及ぼす影響

除根時期	切除部位	風乾	発病程度別本数				発病率	発病度
			0	1	2	3		
外葉葉鞘剥皮後	茎盤部	有	29.3	0.7	0	0	2.2b	0.7b
外葉葉鞘剥皮後	茎盤部	無	28.3	1.7	0	0	5.6b	1.9b
外葉葉鞘剥皮後	葉鞘部	有	29.3	0.3	0.3	0	2.2b	1.1b
外葉葉鞘剥皮後	葉鞘部	無	26.3	1.7	1.3	0.7	12.2b	7.0b
外葉葉鞘剥皮前	葉鞘部	有	28.3	0.7	0	1	5.6b	4.1b
外葉葉鞘剥皮前	葉鞘部	無	17.7	4.3	3	5	41.1a	28.2a

注) 各処理3反復平均。除根部位からの発病を程度1 = 0.5cm以下, 2 = 2 cm未満, 3 = 2 cm以上に分けて調査し, 発病度を算出した。

同一英小文字をとまう数値の間には Fisher's PLSD 検定で有意差 (5%) が無いことを示す。

増加する傾向が認められた (第9表)。

考 察

ネギの軟腐病は *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* および *E. chrysanthemi* に起因することが知られている。富山県においては両細菌のほか, 菌株数は少ないが両細菌の中間的な細菌学的性質を示す種未同定の *Erwinia* sp. が分離され, ネギ圃場では複数種の *Erwinia* 属菌が複合的に発生して被害を与えていることが明らかになった。このうち *E. chrysanthemi* については, 寄生性から7つの Pathovar に, 生理的性質から6つの Subdivision に分けられている¹⁻³⁾。一方, 本研究に供試したネギ由来菌はネギ以外の宿主への病原性を調査しておらず, さらにいずれの Subdivision の記載とも十分な一致を見ていないことから, ここでは *E. chrysanthemi* と同定するに留め, 瀧川ら¹⁾ や水野ら⁴⁾ の例にならいネギ分離菌の Pathovar あるいは Subdivision の決定は保留した。なお, 病徴や発病部位から分離菌種を推定することは困難であったが, 出荷後の発病標本からは主に *E. chrysanthemi* が分離され, ジャガイモ塊茎切片に対する腐敗温度域は種によって差

第9表 調製前の濡れ状態が収穫後の軟腐病の発生に及ぼす影響

	調査本数	発病程度別本数				発病率	発病度
		0	1	2	3		
濡れ状態	20	13	4	1.3	1.7	35	13.0
対照	20	16	3	0.7	0	18.3	4.8

注) 各処理3反復平均。除根部位からの発病を程度1 = 0.5 cm以下, 2 = 2 cm未満, 3 = 2 cm以上に分けて調査し, 発病度を算出した。

が認められた。このことから, 軟腐病菌の生態的特性が種によって異り, 発生生態に基づいた的確な防除法を確立するためには, 種を識別しながら調査をすすめる必要があるものと考えられた。

細菌の種の同定には時間と労力を要するため, 簡易な同定基準の策定が必要となる。本研究の結果から, 簡易な種の識別法を提案すると以下ようになる。まず分離菌の OF 試験 (またはべん毛着生部位, 遊泳法で推測できる) と 25℃ と 15℃ 下でのジャガイモ切片に対する病原性を調査し, 通性嫌気性 (または周べん毛) で 25℃ と 15℃ で発病すれば *Erwinia carotovora* subsp.

carotovora, 25°Cで発病して15°Cで発病しなければ *E. chrysanthemi* と推定する。無論、好気性または25°Cで発病しなければ該当外と判断する。なお、*E. chrysanthemi* は菌株や接種条件によっては接種したジャガイモ塊茎切片上に増殖した菌そうが青色を呈することがあるので判断材料の1つとなる。さらに Indole の産生、Phosphatase 活性、マロン酸の利用を調査して補足することによって、発生種を大まかに同定できるものと考えられた。ただし、15°Cでの腐敗能が低い *Ecc* 株がわずかではあるが存在すること（第3表）を念頭において調査する必要があると考えられた。さらに、本法が他の地域や異なる宿主由来の分離菌についても適用できるかは不明であり、今後の検討が必要である。

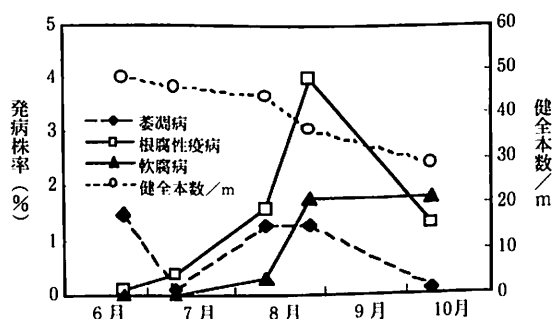
第2図に、現地圃場における軟腐病の発生推移を示した。これによると本病の発生は8月上中旬から急速に増加し、以降蔓延しているのがわかる。したがって、8月下旬から9月下旬にかけて収穫される夏秋どりネギでは収穫した植物体上の病原菌密度はきわめて高いものと推察される。さらに、9月上旬に集荷後の出荷箱内の温度は発病の適温である30°C付近で推移することから（第1図）、夏秋どりネギの出荷後の軟腐病‘とろけ’の発生が問題となるのは必然的な現象と言える。一方、温度と発病の関係を見ると、15°Cにおける発病は *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* では緩慢であり、*E. chrysanthemi* においては全く発病しなかった。そこで、集荷後の低温貯蔵による本病の防除を試みた結果、出荷箱を重ねた状態で5~10°Cで処理し、中央部箱内部の温度が10°C以下に低下した後、搬出することによって発病が抑制され、集荷後の予冷処理あるいは保冷車による出荷が防除に有効であることが明らかになった。なお、出荷箱を積み重ねた状態では冷却しても箱積み中心部の

温度低下に時間を要し、搬出後は表面近くの箱の温度が早く上昇したことから、冷却の効果を十分に得るためには、箱内部まで急速に冷却するとともに、搬出後の温度の上昇を抑制するために保管場所の設定や温度上昇抑制資材の利用を考慮する必要があると考えられた。また、保菌程度の高いロットではこの低温処理の効果が十分に得られない場合があると考えられた。

本病多発圃場から収穫したネギを注意深く観察すると、下位葉葉鞘部が淡黄色に変色して腐敗臭を放つ株が多く認められた。このような株は下位葉鞘を剥皮してしまえば健全株と見分けけがつかなくなるものの、調製後に腐敗する率が明らかに高いことが明らかになった。また、下位葉葉鞘を剥皮してから除根するより除根した後に剥皮したほうが腐敗株が増加した。このことは病原細菌は下位葉葉鞘部に多く生じ、刃物で除根する際に刃物を介してその切断面から感染することを示すものと考えられた。

また、除根後に切断面を風乾することによって発病が著しく減少した。このような収穫後の乾燥が貯蔵病害防除に有効である例は多い¹⁹⁾。ネギにおいては切り口が風乾されることによって、軟腐病菌の増殖に必要な水分・養分等が十分に供給されず、その結果発病が抑制されたものと考えられた。また、風乾が切り口の治癒あるいは形成層の形成を促した可能性も考えられる。いずれにせよ、切り口を風乾させる方法は極めて効果的であり、有効な防除手段になると期待された。ただし、本研究では試験的に扇風機を用いて風乾したが、大量のネギが調製されていく一連の作業の中でどのように組み込んで行くか、どの程度の風乾が必要なかなどが不明であることから、今後は大型の送風乾燥装置を開発するとともに風乾時間とその方法を検討してさらに実用的な技術とする必要がある。

出荷後に発生する軟腐病の防除対策をまとめると、以下ようになる。まず、圃場での軟腐病の発生を防ぐことを基本とし、多発圃場での収穫を避け、調整前に健全株を厳選する。また、雨天時の収穫を避け、濡れた状態のネギを調製しない、あるいは濡れたまま放置せずに風通しの良い場所で調製を済ませる。除根調製は根付きで外葉葉鞘を除去しながら罹病株を取り除いた後に茎盤部で除根する。この場合、外葉葉鞘剥皮がしづらいことから、除根後に剥皮して最後に清潔な刃物で切り戻す手順でも防除効果が期待できる。また、除根後は切り口を速やかに乾燥させることが極めて効果的である。ただし、葉身に風をあてると萎れるため、葉身部は適用外とする。最後に、梱包前に再度の発病株除去を行い、速やかに冷却して搬送する（真空予冷庫、保冷車の利用）。この冷却処理は葉先の黄化を防ぐ鮮度保持の効果も期待される



第2図 圃場における3種類の立枯腐敗性病害の発生推移 (1998, 氷見市)

(第5表)。なお、本病菌は刃物で伝染することから除根調製に用いる刃物は定期的に消毒するか清潔なものと交換することが必要であると考えられた。

以上のように、調製法によって収穫後の軟腐病の発生が抑制されることが明らかになったが、規模の大きな生産者ほど、いかに効率よく調製して出荷してゆくかという作業効率も重視される。したがって、上述の技術を取り入れて行くには作業性と防除効果を兼ね備えた一連の作業システムの提案と実証が必要となってくる。また、本研究の調製法による防除は除根部からの腐敗を防ぐものであり、葉身部からの腐敗を防ぐものではない。したがって、葉身部からの腐敗を防ぐための調製法をさらに検討する必要がある。ただし、葉身部からの腐敗の多くは刃物からの感染によるものが多いと推察されることから、刃物の消毒法が開発されることにより、防除の突破口が開けるものと期待される。

圃場で軟腐病を防除するには、薬剤散布、排水管理、輪作など総合的な防除対策を講じる必要がある。しかし、本病の発生拡大は気象変動に大きく左右されるため、その防除効果も不安定なものとなりがちである。さらに、一旦発病・拡大した後の防除は困難を極めることが多いのが現状である。一方、収穫後は発病環境を人為的に制御することが可能であり、この間の調製・管理を通しての防除対策は安定した防除効果が得られるものと期待される。また、本研究の結果は収穫後の調整・管理次第で逆に本病の発生を容易に増加させることを示すものであり、本病の発生には人為的要素があることを念頭において対策を講じる必要があると考えられた。

摘 要

富山県で発生しているネギ軟腐病は *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, *E. chrysanthemi* および種未同定の *Erwinia* sp. に起因することが明らかになった。収穫後に発生する‘とろけ’からは、主に *E. chrysanthemi* が分離された。収穫後の調製・管理法が軟腐病の発生に及ぼす影響を調査した結果、ア) 本病多発圃場の収穫を避け、調製前に健全株を厳選する。イ) 雨天時は収穫を避け、濡れた状態のネギを調製しない。ウ) 外葉葉鞘剥皮後に茎盤部で除根するか、または最後に切り戻す。エ) 除根後の切り口を速やかに乾燥させる。オ) 梱包後は速やかに冷却して搬送する。以上に

よって本病の発生が抑制されることが明らかになった。

引用文献

- 1) Bradbury, J. F. (1986) Guide to Plant Pathogenic Bacteria. 72~77, CAB International Mycological Institute, England.
- 2) Dickey, R. S. (1979) *Erwinia chrysanthemi* : A comparative study of phenotypic properties of strains from several hosts and other *Erwinia* species. *Phytopathology* 69 : 324~329.
- 3) Dickey, R. S., Clafilin, L.E. and Zumoff, C.H. (1987) *Erwinia chrysanthemi* : Serological comparison of strains from *Zea mays* and other hosts. *Phytopathology* 77 : 426~430.
- 4) 後藤正夫・瀧川雄一 (1984a) 植物病原細菌同定のための細菌学的性質の調べかた (3). 植物防疫 38 : 432~437.
- 5) 後藤正夫・瀧川雄一 (1984b) 植物病原細菌同定のための細菌学的性質の調べかた (4). 植物防疫 38 : 479~484.
- 6) Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. H. A., Staley, J. T. and Williams, S. T. (1994) *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 9 edition. Williams & Wilkins, USA.
- 7) Maude, R. B., Shipway, M. R., Presly, A. H. and O'connor, D. (1984) the effects of direct harvesting and drying systems on the incidence and control of neck rot (*Botrytis allii*) in onions. *Pl. Pathol.* 33 : 263~268.
- 8) 水野明文・中西建夫・西山幸司 (1993) *Erwinia chrysanthemi*によるヤーコン萎ちょう細菌病. 日植病報 59 : 702~708.
- 9) 守川俊幸・野村良邦・築尾嘉章 (1996) チューリップ球根の調製過程における黒腐病と褐色腐敗病の発生要因. 日植病報 62 : 429~432.
- 10) 西山幸司 (1997) 凍結法による植物病原細菌の保存. 植物防疫 31 : 465~467.
- 11) 瀧川雄一・吉野正義・山下修一・土居養二 (1983) ネギ軟腐病より分離された *Erwinia chrysanthemi* について. 日植病報 49 : 415.

(2001年7月11日受領)