

ホウレンソウ養液栽培における立枯病の発生と加熱による防除

松谷幸子・岡山健夫

Occurrence of Spinach Damping-off and its Control by Heat Treatment of Hydroponic Nutrient Solution.

Sachiko MATSUTANI and Ken'ō OKAYAMA

Summary

Severe wilt of spinach plants in a commercial hydroponic system were observed in Tenri city, in late June 1993. *Pythium* sp. were identified as its pathogen. In the inoculation test temperature had an influence on damage and 35 °C was found to be the most favorable temperature for causing wilt. The wilt was not observed in the test using infected root pieces treated by dipping them into 45 °C water for 60min, 50 °C water for 15min and 60 °C water for 15min as the inoculum.

Then, the whole raceway containing 50L of infested nutrient solution was covered with vinyl film and heated by submersible aquarium heaters at 50 °C and kept for 15 min, the symptom was remarkably suppressed. These results indicate that the heat treatment of nutrient solution is effective in controlling damping-off of spinach in hydroponic system.

Key words : spinach, damping-off, *Pythium*, hydroponic system, heat treatment.

緒 言

1993年6月下旬、天理市のホウレンソウ養液栽培施設において、隔離型湛水式の栽培槽全体の株が急激に萎ちようする障害が発生した。萎ちよう株は地ぎわ部が黒変し、根が水浸状に褐変腐敗して、販売不可能な状態であった。障害の発生した栽培槽を次亜塩素酸カルシウム(有効塩素70%)の1,000倍液で洗浄し十分な水洗を行ったが、その後も萎ちよう症状が発生し、施設全体の栽培槽に被害が拡大して大きな損失をもたらした。養液栽培の萎ちよう性病害は、*Pythium*属菌によるものが最も多い⁸⁾。その対策として薬剤による防除の報告^{1,2)}はあるが、農薬登録は未だなされていない。この他、高濃度の培養液の使用^{3,4)}、オゾン水⁵⁾、銀イオンおよび銀被覆繊維布の利用⁶⁾、培養液の加熱殺菌⁷⁾等が報告されている。しかし、これらの防除方法はいずれも実用技術として普及されておらず、養液栽培における萎ちよう性病害の防除は解決困難な課題となっている。

本実験では生育障害の原因を究明し、発生に対する温度の影響を調査し、併せて培養液を加熱することで同時に栽培槽を処理する防除方法を検討した。

材料および方法

1. 生育障害の原因と発生条件の調査

生育障害の発生実態調査 調査を行った養液栽培装置は、積水化成工業株式会社製であり、3,500m²のビニルハウスに64槽が設置されている。この養液栽培装置は培養液湛水式で、栽培槽(L21×W1.2×H0.12m、培養液容量2l)毎に隔絶しているのが特徴である。生育障害の発生については、1993年6月22日(初発生日)より8月10日まで、栽培槽64槽について、障害の発生した栽培槽の位置(番号)と発生月日を調査した。

菌の分離 萎ちようした株を採取し、褐変部分を切り取って、1.0%次亜塩素酸ナトリウムで表面殺菌した。これらをPDA培地(50ppm硫酸ストレプトマイシン添加)と2.0%素寒天培地に置床し、菌を分離した。

病原菌の同定 分離菌はPDA培地で培養した後、滅菌水に菌叢片を入れ顕微鏡観察を行った。病原性の確認は、養液栽培した子葉期のホウレンソウの培養液中に菌叢片を接種して行った。接種後は30℃の人工気象器で培養し、発病を調査した後、再分離を試みた。

供試植物 ホウレンソウの品種は「豊葉」(野原種苗株式会社)で、ネーキッド種子を用いた。接種試験には、砂に播種し発芽した子葉期のホウレンソウを、培養液を

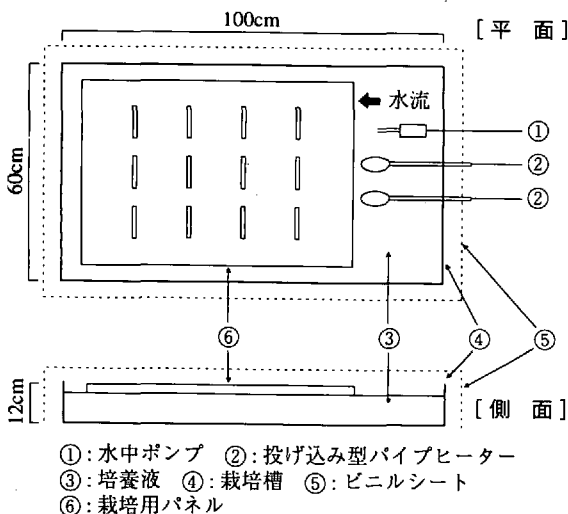
入れたマヨネーズびん (450ml) に移植し養液栽培したものを用いた。発病と葉齢の関係の調査には、子葉期 (草丈3.5 ~ 4.0 cm)、本葉2葉期 (草丈4.0 ~ 4.5cm)、本葉4葉期 (草丈6.0 ~ 7.5 cm) のマヨネーズびんで養液栽培したホウレンソウを用いた。現地と同型の栽培槽での試験には、養液栽培用播種床 (積水化成工業株式会社製、商品名: シードチップ) に播種し発芽した子葉期のホウレンソウを用いた。これらの試験の培養液には、養液栽培用液肥 (積水化成工業株式会社製、商品名: セキスイスイコウメイト用肥料) を使用した。

発病温度調査 病原菌と同定した菌株 (Py94601) を PDA 培地で培養し、直径 7mm のコルクボーラーで菌叢を打ち抜いて接種源とした。接種後のホウレンソウは、15℃、20℃、25℃、30℃、35℃ に設定した人工気象器に静置した。

調査方法 ホウレンソウの発病程度は、発病指数を 0: 健全, 1: 黄化, 2: 軽度萎ちょう, 3: 重度萎ちょう, 4: 枯死と設定して調査し、以下の発病度を算出して表した。発病度 = $\frac{|\sum (\text{程度別発病指数} \times \text{発病株数})|}{(4 \times \text{調査株数})} \times 100$

2. 加熱による立枯病の防除実験

発病株の加熱処理条件および接種方法 ホウレンソウ立枯病菌 (Py94601) を接種し発病させた株 (草丈18cm) の褐変した地ぎわ部および根部 (3cm) を接種源とした。



- ①: 水中ポンプ ②: 投げ込み型パイプヒーター
- ③: 培養液 ④: 栽培槽 ⑤: ビニルシート
- ⑥: 栽培用パネル

第1図 ホウレンソウ立枯病の発生した栽培槽の加熱処理の模式図

Fig. 1. Schematic of heating system to control damping-off of spinach in hydroponics

加熱処理は、恒温槽を40℃、45℃、50℃、60℃に設定し、各々に水 200mlを入れたビーカーを浸け処理水温に保った後、接種源を各ビーカーに 2g 浸漬して行った。浸漬時間は 5 ~ 120分間とし、処理直後に冷却した。加熱処理後の接種源は、マヨネーズびんで育てたホウレンソウの培養液中に 1g 添加し、その後の発病の有無を調査した。

培養液の加熱による防除の実用性試験 第1図に示すような現地と同型の栽培槽 (L100×W60×H12cm、培養液 50l) を用いて、ホウレンソウ (草丈20cm) 140 株を栽培し、培養液中にホウレンソウ立枯病菌 (Py94601) を接種し発病させた。その後、発病株の褐変した地ぎわ部および根部を培養液中に残して、栽培槽全体をビニルシートで覆い、500Wの投げ込み型パイプヒーター 2 本を用いて、60℃・30分間および50℃・15分間の加熱処理を行なった。処理終了後に直ちにビニルシートを除去し培養液を自然冷却した。この培養槽に子葉期のホウレンソウ140 株を植付け、その後の発病を調査した。

実験結果

生育障害株の発生状況

障害株は栽培槽全体に発生し、立枯症状を呈した。葉は激しく萎ちょうし、地ぎわ部が黒変軟化した。根は水浸状に褐変腐敗し、容易に地ぎわ部からちぎれた。このような立枯症状株は、連続して同一の栽培槽で発生する傾向があった (第1表)。

病原菌の分離および同定

萎ちょう株の地ぎわ部 8切片からは、*Pythium* 属菌のみが分離された。分離菌を健全なホウレンソウに接種したところ、現地圃場と同様の萎ちょう症状が再現された。発病株からは接種菌と同一菌が再分離され、ホウレンソウ立枯病菌と同定した。本菌によるホウレンソウの発病は幼苗で激しく、子葉期の苗は接種 2 日後に萎ちょうが始まり、5 日後には完全に枯死した。葉齢が進むほど発病が遅れ、本葉4葉期の苗は4日後から萎ちょうが始まり、8 日後には完全に枯死した (第2表)。

ホウレンソウ立枯病の発病と温度の関係

発病は25℃以上で激しく、20℃以下では病徴の発現が遅れた。病徴は35℃で培養したホウレンソウに最も早く現れ、接種 4 日後に激しく萎ちょう枯死した。15℃および20℃では接種18日後以降に病徴が現れ、ホウレンソウの生育が劣り萎ちょう株が発生したが、枯死には至らなかった (第3表)。25℃以上で発生した萎ちょう株は根

第1表 現地のホウレンソウ養液栽培施設における萎ちよう株の発生状況

Table 1. Occurrences of wilt on spinach in hydroponics

栽培槽 ^{a)} 番号	発生時期 (月/日) ^{b)}	栽培槽 番号	発生時期 (月/日)
1	6/22	34	7/4
4	7/12, 8/1	36	7/7
5	7/11	38	7/14
9	6/29, 7/7	40	7/8, 7/31
23	7/3, 7/9, 7/21	47	7/21
24	6/23, 7/7, 7/17	49	7/7
25	7/11	50	6/29, 7/13
26	6/30	52	7/3
30	6/28	55	7/13
31	7/4		

a) 調査施設の栽培槽数は64槽。

b) 調査期間：1993年6月22日（初発生日）～8月10日。

第2表 ホウレンソウ立枯病菌による養液栽培ホウレンソウの発病と葉齢の関係

Table 2. Relationship between leaf age of spinach infested by *Pythium* sp. and disease severity in hydroponic culture

接種後の 経過日数	葉齢別の発病度 ^{a)}		
	子葉期 (3.5~4.0cm) ^{b)}	本葉2葉期 (4.0~4.5cm)	本葉4葉期 (6.0~7.5cm)
1日	0.0	0.0	0.0
2日	62.5	50.0	0.0
3日	75.0	50.0	0.0
4日	87.5	75.0	50.0
5日	100.0	87.5	62.5
6日	100.0	100.0	75.0
7日	100.0	100.0	87.5
8日	100.0	100.0	100.0

a) 1区3株/マヨネーズびん、2反復。
30℃の人工気象器内に静置。

b) 草丈。

第3表 ホウレンソウ立枯病菌による発病と温度の関係

Table 3. Relationship between growth temperature of spinach infested by *Pythium* sp. and disease severity in hydroponic culture

接種後の経過 日数	温度別の発病度 ^{a)}				
	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃
4日	0.0	0.0	0.0	50.0	87.5
5日	0.0	0.0	0.0	87.5	100.0
7日	0.0	0.0	50.0	100.0	100.0
10日	0.0	0.0	87.5	100.0	100.0
13日	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
18日	0.0	50.0	100.0	100.0	100.0
20日	25.0	62.5	100.0	100.0	100.0

a) 1区4株/マヨネーズびん、3反復。
人工気象器内に静置。

第4表 発病株の加熱処理条件とホウレンソウの発病の関係

Table 4. Effect of heat treatment of spinach plants infested by *Pythium* sp. on occurrence of damping-off in hydroponic culture

発病株の 処理時間	処理温度別の病徴発現 ^{a)}			
	40℃	45℃	50℃	60℃
5分間	* ^{b)}	*	+	+
10分間	*	+	+	+
15分間	*	+	—	—
30分間	+	+	—	—
60分間	+	—	*	*
90分間	+	—	*	*
120分間	+	*	*	*

a) +: 発病、—: 健全。
1区3株/マヨネーズびんに1g接種、2反復。
30℃の人工気象器内に静置。

b) *: 未調査。

第5表 培養液の加熱処理によるハウレンソウ立枯病の防除効果

Table 5. Effect of heat treatment of nutrient solution on the control of damping-off of spinach

	接 種 後 の 経 過 日 数					
	5日後		8日後		24日後	
	発病株率 (%)	発病度	発病株率 (%)	発病度	発病株率 (%)	発病度
60℃・30分間処理区 ^{a)}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
無処理区	91.8	62.5	100.0	100.0	100.0	100.0
50℃・15分間処理区 ^{b)}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
無処理区	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

a) 1994年1月12日に処理。水温25～30℃で維持。

b) 1994年3月31日に処理。水温25～30℃で維持。

部が水浸状に褐変していたが、20℃では軽度の褐変であった。15℃では根部の褐変が認められなかった。

発病株の加熱処理温度および加熱時間と発病の関係

発病株を温湯に浸漬し病原菌の不活化を試みた結果、45℃・60分間、50℃・15分間、60℃・15分間の処理を行った後、健全苗に接種しても全く発病が認められず、ハウレンソウ立枯病菌は不活化された。しかし、40℃で処理した場合、120分間の処理を行っても発病し、防除効果は不十分であった(第4表)。

栽培槽の培養液加熱処理によるハウレンソウ立枯病の防除効果

発病株を添加した栽培槽の培養液を60℃で30分間処理し、子葉期のハウレンソウを植付けた結果、無処理区は8日後に全株が枯死したのに対して、処理区では24日後も発病が認められなかった。50℃で15分間の処理では、無処理区の全株が5日後に枯死したのに対して、処理区では24日後も発病せず、培養液の加熱処理による高い防除効果が認められた(第5表)。

考 察

天理市のハウレンソウ養液栽培施設で発生した生育障害の原因は、*Pythium* 属菌によるハウレンソウ立枯病であることが明らかになった。草刈ら^{3,4)}によると、養液栽培におけるハウレンソウ立枯病は、培養液中で遊走子形成と伝播が行われるため、土耕に比べて被害が大きいと指摘している。天理市の養液栽培施設での発生は病勢の進展が急激で、短期間に施設全体に拡大し大被害を招いた。

現地で使われている栽培槽は、それぞれが独立しており、培養液は栽培槽ごとに隔離されている。しかし、被害の発生した施設では栽培用パネルが栽培槽間で交互使用されており、被害がハウス全体に広がったと推察される。このため、障害発生後は次亜塩素酸カルシウム(有効塩素70%)の1,000倍液による殺菌処理が試みられたが、再び立枯病が発生した。したがって、次亜塩素酸カルシウムによる防除効果は不十分であると考えられる。

養液栽培のミツバ根腐病対策として竹内らはNFT(流液式養液栽培装置)に加熱殺菌装置を組み込んで、培養液を65℃・5分間加熱処理し、その後冷却して循環させる防除方法が有効であったとしている⁷⁾。しかし、この方法は大量の培養液を、加熱した後に強制冷却してNFTに循環させるため、防除に要する費用が高いという欠点がある。

筆者らの使用した湛水式の栽培槽は、隔離型であるため加熱する培養液量は約2tと少なく、必要なボイラーの能力は30,000Kcal/hrで十分である。移動式のボイラーを準備すれば、発生を認めた栽培槽のみを加熱処理することができる。また自然放熱によって培養液を冷却することができるので、過剰な設備投資が不要である。

本実験の有効処理温度は50℃にとどまり、栽培槽の素材である発泡スチロールやビニルシートへの影響が少なく、熱による資材の損傷を最小限に抑えることができる。以上から、ハウレンソウ養液栽培における立枯病の防除は、培養液の50℃・15分間の加熱処理の効果が高く、実用性も十分であると考えられる。

摘 要

ホウレンソウの養液栽培施設(天理市)において、栽培槽の全体の株が急激に萎ちようする障害が発生し、罹病株から *Pythium* sp. 菌が分離された。本菌の接種による発病は35℃で最も早く生じた。罹病植物体を温湯に浸漬し病原菌の不活化を試みた結果、45℃で60分間以上、50℃で15分間以上、60℃で15分間以上の処理を行った後、これらの褐変根茎片を健全苗に接種しても発病が認められなかった。そこで、栽培槽の全体をビニルフィルムで覆った状態で、投げ込み型パイプヒーターで汚染した培養液の加熱処理試験を行った結果、無処理区は全株が枯死したが、50℃で15分間の培養液を加熱処理した区では発病が認められなかった。

以上の結果から、ホウレンソウ養液栽培における立枯病の防除には培養液の加熱処理が極めて有効であることが明らかとなった。

謝 辞

現地調査において、天理地域農業改良普及センターの各位ならびに専門技術員に多大な御協力を頂いた。ここに深く感謝の意を表す。

引用文献

1. Bates, M.I., and Stanghellini, M.E. 1984. Root rot of hydroponically grown spinach caused by *Pythium aphanidermatum* and *P. dissotocum* Plant Dis. 68:989-991.
2. Gold, S.E. and Stanghellini, M.E. 1985. Effect of temperature on *Pythium* root rot of spinach grown under hydroponic conditions. Phytopathology 75:333-336.
3. 草刈真一・田中寛・山田貴義. 1980. 水耕栽培におけるミツバ立枯病の発生と遊走子形成におよぼす水耕養液濃度の影響について 関西病虫研報 22:12-16.
4. 草刈真一・田中寛. 1986. 高濃度水耕培養液中における *Pythium butleri* 遊走子の被のうとホウレンソウ苗立枯病発生への影響について. 日植病報 52:1-7.
5. 草刈真一・岡田清嗣・中曾根渡・川端利昭・岡村昭・圓藤英雄. 1992. *Pythium aphanidermatum* 遊走子に対するオゾン水の殺菌効果. 日植病報 58:579.
6. 草刈真一・岡田清嗣・江口晴一郎・鷲見隆男. 1994. 銀イオンおよび銀被覆繊維布による水耕栽培病害防除. 日植病報 60:337-338.
7. 竹内妙子・宇田川雄二. 1993. 養液栽培におけるミツバ根腐病の加熱による防除. 日植病報 59:322.
8. Zinnen, T.M. 1988. Assessment of plant diseases in hydroponic culture. Plant Dis. 72:96-99.