

# ハウレンソウ土壌病害の耕種的防除法

北海道立中央農業試験場

赤 司 和 隆

## はじめに

土壌中には作物の根を侵す寄生性の糸状菌（カビ）・細菌などが生息している。これらを病原とする土壌病害は地上部の立枯れ、萎ちょう黄化および根部の腐敗といった病徴を引き起こす。このような病徴は視覚によって容易に認識されるため、その被害は作物生産の場において、しばしば問題となる。とりわけ、高収益性を追求するあまり連作を余儀なくされている野菜作において、土壌病害の多発性をみる。事実、野菜作の連作障害の原因の60%は土壌病害と言われている。

中でも、同一ほ場における年間の作付け回数の多いハウレンソウでは、連作に伴う土壌病害発生による被害は大きい。北海道における実態調査の結果によれば、主な土壌病害は次の3種類にも及ぶ。

①ピシウム菌による立枯病、②アフファノマイセス菌による根腐病、③フザリウム菌による萎ちょう病。なお、これらの発生実態については、本誌の第35巻第6号（1987）で述べているので参照されたい。

今回はこれらの土壌病害に対する薬剤に依存しない防除法、すなわち耕種的防除法を紹介し、営農の参考に供したい。

## 1 肥培管理による軽減対策

### 1) 根腐病

本病害は水中で生成・伝播するアフファノマイセス菌の遊走子によって引き起こされる水媒伝染性病害である。そのため、降雨・多灌水時の多湿条件下で多発生をみる。また、土壌無機成分が減少

した場合に発生しやすい。現地ほ場では発生抑制効果の高い硝酸態窒素（以後、 $\text{NO}_3\text{-N}$ ）が5 mg/100 g以下の欠乏条件下で多発生する事例が札幌市の実態調査で見受けられた。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 高濃度域では遊走子の生成や運動性が阻害されるので、その発生は少ない（写真1）。

これらの現象を考慮すると、欠乏しやすく、かつ発生抑制効果の高い窒素の肥培管理が根腐病防除の一つのポイントになる。表1は枠および現地試験を通じて得られた根腐病発生軽減のための窒素施肥法を示したものである。対象は根腐病が多発生する夏どりハウレンソウである。前作由来の土壌残存 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量に対応した施肥量が設定されている。

北海道の窒素施肥標準である15 kg/10 aに比べて、残存 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量が10 mg/100 g以下ではやや施肥量が多めになっている。これは根腐病防除に力点を置いたためであり、この程度の窒素増肥では濃度障害はほとんど認められない。なお、窒素形態としては防除効果およびハウレンソウの生育面を勘案すると、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を含有する窒素肥料が望ましい。

### 2) 萎ちょう病

フザリウム菌を病原とする萎ちょう病は、宿主

表1 ハウレンソウ根腐病発生軽減のためのN施肥基準

施肥前 土壌残存 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量 (mg/100 g)	N施肥量 (kg/10a)
5以下	20~25
5~10	15~20
10~20	10~15
20~30	0~10
30以上	無施用

注1)  $\text{NO}_3\text{-N}$ を含むN肥料が望ましい。

注2) 残存 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量を定量するのが望ましいが、土壌EC値の利用も可。

(ハウレンソウ)の生育を阻害する土壌条件下で多発する恐れがある。したがって、宿主の正常な生育を促す肥培管理が軽減対策の前提となる。特に、ハウレンソウは耐酸性が弱いので、酸性障害には留意する。土壌 pH を 6.5 前後にまで高めておくことが望まれる。また、窒素の過不足は避ける。

## 2 短期太陽熱土壌消毒

### 1) 病原菌の死滅と地温

太陽熱土壌消毒は土壌表面のマルチ（あるいはマルチ+トンネル）およびハウスの密閉を通じて、地温上昇による土壌中の病原菌の死滅を図る方策である（図1）。

病原菌の死滅に有効地温な地温（以後、有効地

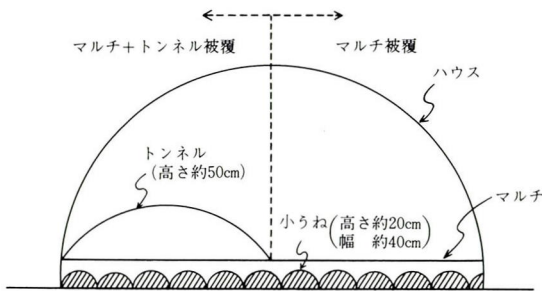


図1 太陽熱処理ハウスの横断面図（模式図）

表2 ホウレンソウの病原糸状菌の死滅に必要な温度と被加温温度（変温処理<sup>a)</sup>）

供試菌株	加温温度 (°C)	被加温時間 (日)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	14					
<i>Pythium</i> sp. (Py-1) <sup>b)</sup>	37	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	40	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	45	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	50	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
<i>P. ultimum</i> (Py-11)	37	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	45	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
<i>Rhizoctonia solani</i> AG-4 (R-1)	37	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	45	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
<i>Aphanomyces cochlioides</i> (A-K-1)	37	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	45	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>spinaciae</i> (F-98)	37	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	45	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

a) 1日のうち8時間を所定の温度、16時間を25°Cでそれぞれ加温。

●：死滅 ○：生存  
b) ( )内は供試菌株番号。

表3 ホウレンソウ土壌病害に対する短期太陽熱土壌消毒法

処対象	太陽熱処理時		被覆方法	効果の期待できる必須気象条件		処理適期	処理後の肥培管理
	かん水	うね立て		最高外気温 (°C晴)	同左日数		
ハウス	有	小うね	マルチ	≥25	7日前後	7月(中)～8月(中)	①処理後の耕起深は浅めにする
			マルチ+トンネル				
露地	無	小うね	マルチ+トンネル	≥20	8日〃	6月(中)～8月(中)	②N減肥
			マルチ	≥25	10日〃	7月(中)～8月(中)	
		平うね	マルチ	≥27	10日〃	7月(下)～8月(上)	①不耕起栽培 ②熟処理前に施肥(N減肥)

注1) 約2週間を処理(被覆)期間の目安とする。

2) 露地の場合、土壌含水比30～50%の時に処理を行う。マルチ被覆では地温上昇の面からみて、おおむね30%が望ましい。

3) 処理期間が従来の方法に比べ短いので、有機物(中～完熟の堆肥)1t、石灰窒素50kg/10aを土改資材施用量の目安とする。施用後はよく土壌と混和する。

4) 土壌診断後にN減肥を行うのが望ましい。

5) 露地のマルチ被覆では、気象条件によっては殺菌効果が劣るので、主な対象病害は*Pythium* spp.による立枯病と*A. cochlioides*による根腐病である。

温)は病原菌の種類にもよるが、糸状菌では40°C以上、細菌ではこれよりも高めであると一般に言われている。ちなみに、太陽熱処理時の地温変化を想定し、モデル的に行なった変温処理の結果によれば、ハウレンソウの病原糸状菌の死滅温度はおおむね40°C以上であることが表2から読み取れる。すなわち、*Fusarium oxysporum* f.sp.*spinaciae*は45°C 40～48時間(5～6日)で、一方残りの4菌は40°C 16～40時間(2～5日)でそれぞれ死滅する。このことから、ハウレンソウの土壌病害に対して処理効果の期待できる有効地温は40°C以上であり、その積算時間は50時間前後と推定される。このような有効地温を得るためには、処理時期、方法などに対する配慮が特に寒冷地では必要となる。

### 2) 処理方法

表3にハウス、露地別の各種処理方法と処理適期を示した。夏～初秋どり栽培に多発する土壌病害の防除が目的である。一般に太陽熱処理の期間は約1か月とされているが、処理(被覆)期間が長いと市場価格の高い夏どりハウレンソウの栽培期間と重なるので期間は短くならざるをえない。試みに、処理期間を約2週間(短期処理)、その後の栽培期間を約5週間、計7週間と計算すると、各栽培型に対する処理開始時期は次のとおりである。8月中旬どり：6月下旬、8月下旬どり：7月上旬～中旬、9月上旬どり：7月中～下旬。





写真1 ホウレンソウ根腐病の発生に及ぼす $\text{NO}_3\text{-N}$ 施肥量の影響 (接種実験)  
 上段左から：無施用, 20mg/100g  
 下段左から：40, 80mg/100g



写真2 太陽熱処理後1作目におけるホウレンソウ土壌病害の発生状況 (札幌 村重ハウス 1986)  
 中央から右：太陽熱処理(マルチナトンネル被覆を2週間行った)。  
 中央から左：無処理。

土壌改良資材(石灰窒素：50 kg/10 a, 有機物：1 t/10a)の施用一小うね造成一灌水処理一フィルムによる被覆(図1)が基本的な作業行程である。土壌中の病原菌は多水分条件下で死滅しやすいので、灌水設備を有する雨よけハウスでは灌水を行う。灌水設備の無い露地では土壌含水比(乾土重量当たりの水分量を%で表したもの)30~50%の時、すなわち降雨後のやや土壌が湿っている時に太陽熱処理を行うとよい。熱耐性の強いフザリウム菌による萎ちょう病が多発生するほ場では、高い昇温、保温能を有し防除効果の高いマルチナトンネルによる二重被覆処理が望ましい(写真2)。

なお、北海道のような寒冷地では十分な防除効果を得るためには、気象条件に恵まれた時期に処理を行うべきである。写真3は北海道農務部が開発した「気象情報活用システム」を利用して、上川管内の鷹栖地区のハウスに

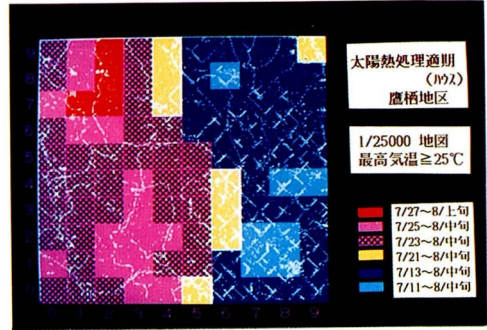


写真3 ハウスにおける太陽熱処理適期 (上川管内 鷹栖地区)  
 北海道農務部が開発した「気象情報活用システム」を利用して、処理適期を約1km平方のメッシュごとにマッピングしたものの。

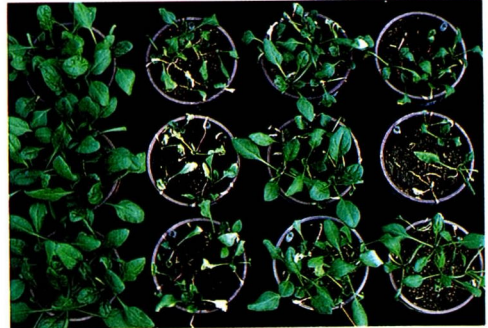


写真4 ホウレンソウの土壌病害発生および生育に及ぼすホウレンソウの根部混入の影響 (播種時に根部を混入、播種後35日目)  
 左から：根無混入, 罹病根 3g, 正常根 3g, 正常根 6g/ポット。  
 罹病根：根腐れ症状や導管褐変が認められたもの。  
 正常根：一見正常と認められたもの。

における太陽熱処理適期を約1km平方のメッシュごとに1/25,000の地図上にマッピングしたものである。このような気象情報を活用することにより、地域別のより詳細な処理適期や適地の把握が可能になると考える。

### 3) 処理後1作目の肥培管理

地温の上昇しにくい下層土では病原菌や雑草種

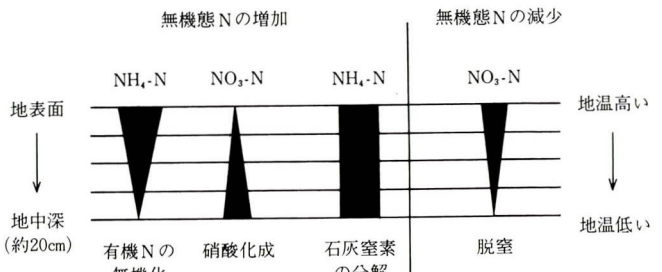


図2 太陽熱処理に伴う土層別土壌無機態Nの増減(模式図)  
 約2週間の短期処理の場合。  
 黒塗りの部分の面積は無機態Nの量を表す。

子が生存しているので、処理後の耕起は浅めに行い再汚染を防ぐ。高温・多湿条件下にあることから、土壌中では無機態窒素の増減が起こる(図2)。

脱窒によるNO<sub>3</sub>-Nの減少量に比べて、有機態窒素の無機化によるアンモニア態窒素(以後、NH<sub>4</sub>-N)の発現や石灰窒素のNH<sub>4</sub>-Nへの分解に伴う無機態窒素の増加量は多いので、処理後の土壌無機態窒素含量は増加する。したがって、処理後1作目では窒素減肥が可能である。NO<sub>3</sub>-Nの脱窒と有機態窒素の無機化は、高温域(40~60℃)で促進されるため、地温の上昇しやすい上層土において顕著に認められる。一方、発現した一部のNH<sub>4</sub>-Nは硝酸化成によりNO<sub>3</sub>-Nへと変化する。

また、石灰窒素の分解は地温に比べて土壌水分の影響を受ける。すなわち、太陽熱処理時のような多水分条件下では施用した石灰窒素のほぼ100%がNH<sub>4</sub>-Nへと分解される。ちなみに、石灰窒素50 kg/10 a 施用した場合、約10 kg/10 aのNH<sub>4</sub>-Nが発現する。なお、約2週間の短期処理では分解が十分に行われないため、施用した有機物由来の無機態窒素の増加量は少ない。土壌改良資材の施用は次に示す効果があるので励行したいものである。①有機物の施用により、土壌物理性が改善され、また太陽熱処理に伴う有機態窒素の減耗が補完される。②石灰窒素の施用に伴い土壌pHが上昇するため、酸性土壌ではpHが矯正されるとともに、太陽熱処理で発現したNH<sub>4</sub>-Nが硝酸化成により速やかにNO<sub>3</sub>-Nへと変化する。ハウレンソウは好硝酸性植物であること、耐酸性が極めて弱いことを考えると、石灰窒素の施用はハウレンソウの生育に対して好条件をもたらすものと思われる。

### 3 根部搬出による軽減対策

近畿地方ではハウレンソウは根付きで収穫、出荷されており、その利点は店頭における棚持ちの良さ、連作障害の回避にあると聞く。翻って、北海道では栽培面積が大きいので、作業の煩雑な根付き収穫は敬遠され、刈取り収穫が一般的である。加えて、ハウレンソウの生育日数はほぼ35日前後と短いため、年2~4作栽培される。したがって、北海道における連作ほ場では土壌中の残根の蓄積は相当量にのぼるものと考えられる。このような

表4 前作収穫時の根部搬出が次作の土壌病害発生および生育に及ぼす影響 (道立中央農試ほ場 1988)

処理 (前作収穫時)	次作収穫時 (9月22日)				
	株数	うね4m当り 萎ちょう 黄化株率 (%)	草丈 (cm)	正常株 葉数	10株重 (g)
S寸時刈り取り <sup>a)</sup>	52	3.8	22.4	10.7	210
M寸時刈り取り	43	14.0	19.5	11.0	181
L寸時刈り取り	39	12.8	19.0	10.9	168
根部搬出 <sup>b)</sup>	52	3.8	25.5	12.1	280

a) 地際から地上部のみ収穫。

b) 根付きでS寸時に収穫。

表5 ハウレンソウ土壌病害に対する耕種的综合防除法

前作	前作と次作の間 (約2週間)	次作
初夏どり 収穫時		夏~初秋どり
根部搬出	短期太陽熱土壌消毒	根腐病発生は場:N欠乏に留意。 耐病性品種の導入。

注1) 土壌病害の多発生する夏~初秋どりが適用対象である。

2) ハウスでは萎ちょう病発生抑制効果のある紫外線カットフィルムの利用可。

3) 萎ちょう病発生ほ場では土壌無機態Nの過不足や土壌の酸性化に留意。

残根は罹病根、正常根を問わず、①発芽抑制、②土壌病害の多発生、③生育抑制などの生育阻害を引き起こすため(写真4)、ほ場衛生上問題となる。したがって、こうした生育阻害を回避するうえで根部搬出は有効である。表4は根部搬出の効果のみたものであり、初夏どり収穫時に根部搬出を行なった場合、次作の初秋どりにおいて土壌病害の発生軽減や生育促進効果が認められる。このように、土壌病害が多発生する作型に対する効果を狙った前作収穫時のみの根部搬出でも効果は期待できるが、毎作継続的に搬出するのが望ましい。

### 4 耕種的综合防除法

一般に土壌病害は難防除であることから、対策に当たっては総合防除で臨むべきである。そこで、以上述べた対策を軸としたハウレンソウの土壌病害に対する耕種的な総合防除法を組み立て、表5に示した。なお、ハウスでは被覆フィルムとして萎ちょう病防除効果を有する紫外線カットフィルムの使用が可能である。このような対策のほか、輪作導入による発生回避も考えられる。

### おわりに

ハウレンソウの土壌病害に対する耕種的防除法について述べたが、最近の安全性志向のうねりの中にあっては、こうした薬剤を使用しない防除法が多少なりとも貢献できれば、と思っている。