

# ホウレンソウの 土壌病害と施肥技術

北海道立中央農業試験場

赤 司 和 隆

## 1 はじめに

ホウレンソウ1作の栽培期間は、作型にもよるが、極めて短くほぼ40日前後である。そのため、年間の作付回数は多く、2~4回にも及ぶ。加えて、連作ないし交互連作がその基本作付体系であることから、岐阜県をはじめ全国の産地で連作に伴う土壌病害による生産阻害が最近問題視されるようになった。

土壌病害の発生しにくい冷涼な気候条件下にある北海道といえども例外ではなく、とりわけ市場価格の高い夏どりホウレンソウにおいてその被害は甚大である。土壌病害の発生に加え、連作圃場では、リン酸、カリの集積をはじめ、微量要素欠乏、これらに伴う養分のアンバランスなど土壌環境の悪変も見逃せない。このような土壌の不良性はホウレンソウの正常な生育を阻害する結果、病害抵抗力の低下を招き、土壌病害の多発生を助長する可能性もある。現在、土壌病害を主体とした連作障害は良品質ホウレンソウの安定生産を阻む主要原因といっても過言ではなく、その対策の確立

表1 ホウレンソウの土壌病害\*

| 種 類     | 病 原 糸 状 菌   | 病 原 性 |     | 検 出<br>圃 場 数 |
|---------|---|-------|-----|--------------|
|         |   | 子葉期   | 5葉期 |              |
| 立 枯 病   | <i>Pythium</i> sp.                                | +     | -   | 16           |
|         | <i>Pythium ultimum</i>                            | +     | -   | 9            |
|         | <i>Pythium spinosum</i>                           | +     | -   | 1            |
|         | <i>Pythium aphanidermatum</i>                     | +++   | +++ | 1            |
|         | <i>Rhizoctonia solani</i> AG-4                    | +     | -   | 3            |
|         | <i>Rhizoctonia solani</i> AG-5                    | +     | -   | 2            |
| 根 腐 病   | <i>Aphanomyces cochlioides</i>                    | +++   | +++ | 7            |
| 萎 ちょう 病 | <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>spinaciae</i> | +++   | +++ | 17           |

—：病原性判然とせず +：弱い +++：強い

\*：札幌市ホウレンソウ畑45圃場調査（1984年）

が強く望まれる。このような状況を踏まえ、土壌病害の発生実態とその軽減に向けた肥培管理上の留意点を紹介し、営農の参考に供したい。

## 2 土壌病害の発生実態

現在、全国で多発生している野菜連作障害の原因のうち、土壌伝染性病害（土壌病害）が群を抜いて多くほぼ60%を占める。北海道のホウレンソウの例をみても、マンガン欠乏症や酸性障害などの生理障害に比べ、病原糸状菌（かび）による土壌病害の発生事例は多い。露地、雨よけ栽培を問わず、土壌病害はホウレンソウの主要な生産阻害要因となっている。発生の確認された主なものは、ピシウムによる立枯病、アフノマイセスによる根腐病及びフザリウムによる萎ちょう病の3種類にも及ぶ（表1）。

立枯病の発生は子葉期、すなわち株数の多い間引き時に限られているため、本病害がもたらす株数減少に基づく収量低下は比較的軽微である。これに対し根腐病及び萎ちょう病の病原糸状菌は生育中期（5葉期）のホウレンソウに対しても強い病原性を有しており（表1）、そのため両土壌病害による生産阻害は生育中期以降に顕著に現われる。すなわち、地上部の萎ちょう黄化に伴う外観品質の低下に加え、株数減少、生育不良に基づく収量低下も著しく、多発圃場では廃耕に追い込まれることも少なくない。なかでも、夏作ホウレンソウに多発生する萎ちょう病による被害は深刻である。

各土壌病害の病徴は、おおむね次の通りである。

①立枯病（ピシウムによる。写真1）：地上部は地際から倒伏して立枯れ症状を呈し、胚軸部が水浸状に褐変する。

②根腐病：子葉期に発生した根腐病はピシウムによる立枯病の病徴に酷似する。アフノマイセスの病原性はピシウムに比べ強く、そのため立枯病の被害がほぼ2%以下なのに対し、根腐病ではこれを上回る。従って、立枯れ症状株が多発生する圃場では根腐病の併発



写真1 ピシウムによる立枯病  
左:罹病株,右:正常株



写真3 フザリウムによる萎ちょう病



写真2 アファノマイセスによる根腐病(鎌いらす)  
しばしば地際から切れる

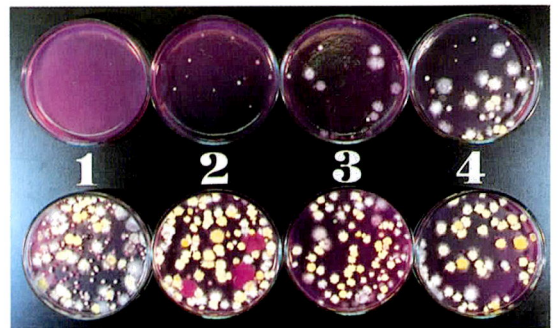


写真4 太陽熱処理後の土壌の糸状菌数(ローズベンガル培地)  
上段:太陽熱処理,下段:無処理  
土層 1:0~5cm,2:5~10,3:10~15,4:15~20

を疑ってみるべきである。一方、生育中期以降の根腐病罹病株では地上部は萎ちょう黄化し、根部は全体的に褐変して細くなり、しばしば地際から切れる(写真2)。鎌がなくても切れることから、農家は根腐病を「鎌いらす」と称しており、以前から原因不明の障害として札幌市の産地では問題となっていた。このように主根が切れる症状はリゾクトニアによる株腐病でも認められることが岐阜県で報告されているので、診断に当たっては専門家に診てもらうことが望ましい。

③萎ちょう病: 生育中期以降の株に発生し、その発生時期は高温期に限られる。地上部の萎ちょう黄化に加え、主根、側根部の先端並びに導管部が褐変する。また、根の罹病部位に菌叢(菌の塊)を伴った土壌粒子が付着することもある(写真3)。このような萎ちょう病の根部病徴は明らかに前述した根腐病のものとは異なるので、肉眼で両病害を識別することはある程度可能である。

なお、葉脈間がふ入り状に黄化するマンガン欠乏症や古い葉から黄化が進行する酸性障害では、土壤病害に特有の根の機能低下に起因する萎ちょう現象はほとんど認められない。このことから、土壤病害と生理障害とを判別する際に萎ちょう現象の有無が一つの目安となる。

### 3 土壤病害の発生と土壤環境

#### 1) 萎ちょう病

本病害は、次に示すような連作に伴う土壤化学性の悪変が進行した圃場や土壤に母材的欠陥のある圃場で多発生をみる。①硝酸態窒素  $\text{NO}_3\text{-N}$  (40 mg/土壤 100 g 以上) や有効態リン酸 (200 mg/100 g 以上) などの過剰蓄積、②カリ K 過剰に伴う苦土・カリ比 (Mg/K) の悪変 (2.0 以下)、③土壤の酸性化 (pH 5.5 以下)、④塩基置換容量の小さい緩衝能の低い粗粒、砂質の土壤。

土壤化学性の悪変が発病に関与していることは、



栽培来歴及び土壌物理性がほぼ等しい同一圃場内における隣接する発生、正常両地点間の土壌化学性を比較した結果(表2)からも読みとれる。すなわち、多発生圃場では両地点間を問わず、土壌化学性の悪変がみられ、とりわけ発生地点でのこの傾向は著しい。因みにハウレンソウのおおよその土壌診断基準値はpH:6.5~7.0, NO<sub>3</sub>-N:20 mg/100 g前後, K飽和度:10%以下, Mg/K比:2.0以上であることを考えると、発生地点での土壌の不良性は否めない。

連作に伴うこのような土壌養分状態の悪変とフザリウム菌密度の上昇とが相乗的に作用して、萎ちょう病の多発生を助長するものと思われる。

また、砂質土壌では早ばつ時にNO<sub>3</sub>-Nを主体とした土壌塩類濃度の上昇による濃度障害、一方降雨及び多灌水時には土壌無機養分の溶脱に伴う生育抑制が起りやすい。このことは宿主(ハウレンソウ)の根の生長、活性を著しく低下させ、フザリウム菌の侵入及びその後の病徴の発現を促すものと推察される。

## 2) 根腐病

本病害は、水中で生成、伝播するアファノマイセスの遊走子によって引き起される水媒伝染性病害である。従って、降雨・多灌水時の多湿条件下で多発生をみる。また、土壌無機養分が欠乏した場合に発生しやすい。現地圃場ではNO<sub>3</sub>-N欠乏条件下で多発生する事例が多く見受けられる。NO<sub>3</sub>-N高濃度域では遊走子の生成、運動性が阻害されるのでその発生は少ない。

いずれにしても、降雨や多灌水は根腐病発生の引き金となる。すなわち、遊走子の生成、運動性を促すと同時に土壌中のNO<sub>3</sub>-Nをはじめ土壌無機養分濃度の低下を招くため、アファノマイセスの感染ポテンシャルの増大をもたらす。従って、無機養分の溶脱が著しい砂質土壌や滞水により無

表3 太陽熱処理後の土壌病害発生状況

| 項目     | 子葉期(8/16)     |               | 収穫期(9/10)              |         |
|--------|---------------|---------------|------------------------|---------|
|        | 発芽数<br>(/畦7m) | 立枯株率**<br>(%) | 萎ちょう黄化<br>株率***<br>(%) | 10株重(g) |
| 太陽熱処理* | 258           | 0.5           | 3.2                    | 221     |
| 無処理    | 153           | 8.3           | 30.3                   | 167     |

\* 改良資材(有機物、石灰窒素)投入、灌水後、ビニールマルチ+トンネル+ハウスの被覆ビニールの三重被覆を行う。7月22日から8月4日(1986年)まで処理し、8月7日に播種。

\*\* 立枯病(ビシウムによる)と根腐病が発生。

\*\*\* 主に萎ちょう病が発生。

表2 萎ちょう病発生地点の土壌化学特性

| 項目                              | 圃場名 | 発病株率 | 分析値                      |      | T検定       |
|---------------------------------|-----|------|--------------------------|------|-----------|
|                                 |     |      | 発生地点                     | 正常地点 |           |
| pH                              | A   | 48%  | 5.7 <                    | 5.9  | *         |
|                                 | B   | 42   | 5.4 <                    | 5.6  | **        |
|                                 | C   | 21   | 5.1 <                    | 5.2  | *         |
| NO <sub>3</sub> -N<br>(mg/100g) | A   | 48   | 50.7 >                   | 39.7 | *         |
|                                 | B   | 42   | 33.8 >                   | 27.7 | *         |
|                                 | C   | 21   | 0.8 <                    | 1.9  | **        |
| K飽和度<br>(Mg/K比)                 | A   | 48   | 13.0 > 10.6<br>(1.0<1.2) |      | (-)       |
|                                 | F   | 43   | 11.8 > 10.3<br>(1.3<1.6) |      | **<br>(*) |
|                                 | B   | 42   | 14.6 > 12.6<br>(0.6<0.7) |      | **<br>(-) |
|                                 | H   | 27   | 10.8 > 9.4<br>(0.9<1.1)  |      | **<br>(*) |

\* 5%, \*\* 1%水準で有意。分析値は10地点の平均値。

機養分濃度が希釈される重粘質土壌では根腐病が多発生する傾向にある。

## 4 肥培管理による軽減対策

### 1) 萎ちょう病

本病害は、前述したように、宿主の生育を阻害する土壌条件下で多発生する恐れがあるので、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。多発生する連作圃場では土壌養分が過剰蓄積傾向にあることから、濃度障害の回避に努める。

窒素:土壌EC(電気伝導度)値1.0 mS/cm以上, リン酸:有効態リン酸130 mg/100 g以上, カリ:K飽和度10%以上の場合にはそれぞれの成分を減肥し、適正化を図る。また、酸性土壌では土壌pHを矯正し、6.5前後にまで高める。土壌物理性の不良な圃場ではその改善と菌密度の低下を目的とした客土、深耕並びに反転客土などの対策が考えられるが、処理後に土壌中の養分分布や粒径組成に不均一が生じ、生育のばらつく危険性もあるので、リン酸、塩基を主体としたその後の肥培管理に留意する。更に、土壌環境の総合改善策として有機物の施用も期待されるが、未熟堆肥施用による病害多発や過剰施用に伴う窒素、カリ等の蓄積などの事例もあるので、量・質的な面での事前のチェックが望まれる。

以上のような土壌理化学性の改善を主体とした軽減対策のほかに、雨よけハウス栽

培では、西南暖地で近年目覚しい普及をみている太陽熱利用による土壤消毒法が極めて有効である。表3に示したように、地温上昇を図るうえで好条件下にある高温期の7月下旬から8月上旬(2週間)にかけての太陽熱処理は9月上旬どりハウレンソウに対して高い防除効果をもたらすことが認められる。

この試験を通じ明らかとなった処理効果の内容は、おおむね次の通りである。①処理に伴い病原糸状菌はほとんど死滅し、とりわけこの現象は地温が上昇しやすい地表に近い土層で顕著である(写真4)。下層では病原糸状菌が生存している場合もあるので、処理後の耕起を浅めにすることが再汚染を回避するうえで大切である。②あらゆる病原糸状菌が死滅することから、土壤病害の種類を問わず防除効果がある(表3)。また、発芽ぞろいがよい。③処理期間中は高温・多湿条件下にあるので有機態窒素の無機化、すなわち有機物の分解に伴うアンモニア態窒素の発現が認められる。更に湛水処理による除塩効果もみられる。従って、処理後の土壤養分状態の変化に対応した肥培管理法の検討が必要である。

このように9月上旬どりハウレンソウを対象とした場合、処理期間が最も好条件下にある時期に当たるので、短期間の処理でも高い効果を得ることが出来る。一方、市場価格が最も高いため、良品質ハウレンソウの安定生産が切望される8月中・下旬どりを対象にすると、処理時期が6月下旬から7月上旬になるので、冷涼な北海道では有効地温(40°C以上)が得られるかどうかやや不安が残る。

## 2) 根腐病

表4 N施用による根腐病防除効果\*

| N施用前<br>土壤EC値<br>(mS/cm) | N施用量<br>N kg/10a<br>(硫酸) | 収 穫 時      |                        |                    |                            |     | 10株重<br>(g, 正常株) |
|--------------------------|--------------------------|------------|------------------------|--------------------|----------------------------|-----|------------------|
|                          |                          | 調 査<br>個体数 | 萎 ち ょ う<br>黄化株率<br>(%) | 根 部<br>褐変株率<br>(%) | Alpha<br>検 出 率<br>(%, 罹病株) |     |                  |
| 低<br>0.43                | 0                        | 91         | 45.1                   | 65.9               | 42.5                       | 86  |                  |
|                          | 7.5                      | 131        | 18.3                   | 13.0               | 30.0                       | 166 |                  |
|                          | 15.0                     | 180        | 14.4                   | 9.4                | 7.5                        | 220 |                  |
| 中<br>0.79                | 0                        | 168        | 6.0                    | 10.1               | 17.5                       | 175 |                  |
|                          | 7.5                      | 229        | 4.8                    | 8.3                | 0                          | 164 |                  |
|                          | 15.0                     | 133        | 11.3                   | 16.5               | 0                          | 117 |                  |
| 高<br>1.31                | 0                        | 166        | 9.0                    | 13.3               | 0                          | 128 |                  |
|                          | 7.5                      | 133        | 3.0                    | 2.3                | 0                          | 194 |                  |
|                          | 15.0                     | 168        | 4.8                    | 7.1                | 0                          | 112 |                  |

\* 接種試験(枠, 1 m<sup>2</sup>)

本病害は多湿条件下で多発生するので、雨よけ栽培では過度の灌水やハウス両サイドからの雨水の侵入を避けるなどの水管理を行う。また、土壌中の無機養分が欠乏した場合に多発生するので、とくに欠乏しやすい窒素(N)の肥培管理が一つのポイントになる。土壌中の適正なN濃度の維持を図る方策としてN肥沃度に対応したN施肥法が考えられる。その際、NO<sub>3</sub>-N含量と極めて高い正の相関関係にある土壤EC値は測定が容易であることから、N肥沃度の指標となる。

表4に示した結果は、土壤EC値に基づきN肥沃度水準を3段階(低:0.43, 中:0.79, 高:1.31)に設定し、N肥沃度別の適正N施用量の策定を試みた一例である。根腐病の発生状況や収量面を勘案すると、N肥沃度低水準では夏どりハウレンソウの施肥基準である15 kg/10 a程度のN施用量が根腐病軽減のためには必要であり、中・高水準では濃度障害による収量低下を回避するうえでN減肥が望ましいことが読みとれる。

いずれにしても、降雨や多灌水によってもたらされる多湿条件が根腐病発生を引き金となるので、水管理が根腐病軽減のキーポイントになる。雨よけ栽培では灌水方法、露地では土壤物理性の改善がその抜本的な対策と思われる。

## 5 おわりに

一般に土壤病害は難防除であることを考えると、今回紹介した軽減対策に加え、他の防除対策も導入することが望まれる。すなわち、耐病性品種、輪作及び薬剤による土壤消毒などの個々の対策を適切に組み合わせた総合的な防除法を講ずるべきであろう。なお、対策には一長一短があるので、

実施に当たり対象圃場の土壤病害の種類、発生程度及び土壤理化学特性などに即した有効かつ実施可能な対策を選択することが大切である。

最近、ハウレンソウの病原糸状菌に対して抗菌性(病原糸状菌の生育を押える)を有するシュードモナス菌による生物的防除に関する研究例も見受けられるが、今後このような新しい防除法の開発を期待したい。