

ミニ特集：転炉スラグによる土壤病害の被害軽減技術の開発と実用化

ハウレンソウ萎凋病の被害軽減技術の開発と実証

岩手県農業研究センター いわ 岩 だて 館 やす 康 や 哉*

はじめに

ハウレンソウ萎凋病（病原菌：*Fusarium oxysporum* f. sp. *spinaciae*）は、夏どりハウレンソウの安定生産阻害要因として全国各地で問題となっている。本病の防除には土壤消毒が有効であるが、作業労力やコスト、環境影響等の問題から、すべての被害圃場で受け入れられている状況とはなっていない。一方で、土壤伝染性のフザリウム病害は土壤 pH を高めることで発病を抑制できることが以前から知られている。しかし、土壤 pH を 7 以上に高めた場合、鉄欠乏やマンガン欠乏等微量元素欠乏症状の発生が懸念されるため、この特性を活用した耕種的防除法は広く普及しなかった。

そこで、鉄やマンガン等の微量元素を豊富に含み、多量に施用して土壤 pH を 7 以上に矯正しても、これらの欠乏症状が発生しにくい転炉スラグ（ミネックス株式会社製、商品名：てんろ石灰；図-1）を用いた土壤 pH 矯正技術によって、本病の被害軽減が可能か検討した。その結果、既にキュウリホモプシス根腐病対策として確立した技術（岩館，2014）と同様に、転炉スラグを用いた土壤 pH 矯正によってハウレンソウ萎凋病を抑制できることを明らかにしたのでその内容を紹介する。

I 転炉スラグを用いた土壤 pH 矯正のハウレンソウ萎凋病被害軽減効果（隔離床試験）

転炉スラグを用いた土壤 pH 矯正によるハウレンソウ萎凋病被害軽減効果について、ガラス温室内における隔離床試験により検討した。

具体的には、大きさ $1.4 \times 1 \times 0.25$ m、容量約 250 l の隔離床四つに岩手県農業研究センター所内土壤（腐植質普通非アロフェン質黒ボク土）を約 200 l 充てんした後、転炉スラグを段階的に混和し、土壤 pH(H₂O)¹⁾ 7.2

矯正区、pH7.8 矯正区、pH8.2 矯正区および未矯正区（pH5.8）を作成した（表-1）。

施用後、ハウレンソウ（品種‘プリウス’）を播種し、播種 5 日後に、PD 培地で 5 日間培養して 10⁵CFU/ml に調製したハウレンソウ萎凋病菌懸濁液を一つの隔離床に 4 l ずつ如雨露で均一に散布した。

播種 35 日後に地上部および根部の発病を、下記の指数別に調査し、発病度を算出するとともに生育状況を調査した。

地上部発病指数 0：発病を認めない，1：下葉の 1～2 枚にしおれがある，2：葉の 3 枚以上にしおれがある，3：全身萎凋または枯死

根部発病指数 0：導管褐変なし，1：一部導管が褐変，2：導管の約半分が褐変，3：導管のほとんどが褐変

発病度 = Σ （程度別株数 × 指数） × 100 /

（調査株数 × 3）

試験の結果を見ると、無施用区における発病株率 100%，発病度 77.5 と多発生条件下での検討となったが、転炉スラグ施用区では、発病が抑制され、土壤 pH が高い区ほど発病が抑制される傾向であった（表-1、図-2）。

土壤 pH8.2 矯正区では生育のばらつきや生育不良株が認められたほか、葉色がやや淡く、根部の生育が抑制される傾向が見られた。

¹⁾ pH 実測値は、pH(H₂O)：土 1 に対して水 5 の割合の懸濁液 pH、以下同様。

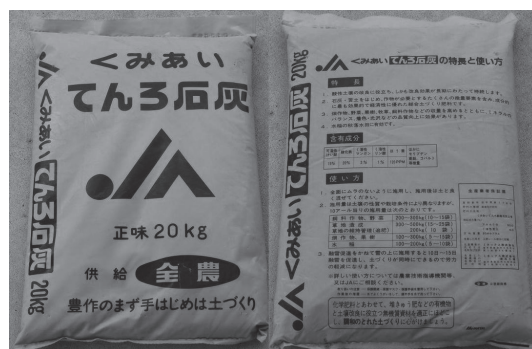


図-1 転炉スラグ（商品名：てんろ石灰）

Control of Fusarium Wilt of Spinach Through Soil pH Amendment by Using Converter Slag. By Yasuya IWADATE

（キーワード：転炉スラグ，土壤 pH，土壤矯正，耕種的防除法，*Fusarium oxysporum* f. sp. *spinaciae*）

*現所属：岩手県農林水産部農業普及技術課

表-1 土壌 pH が萎凋病の発病およびホウレンソウ生育に及ぼす影響（隔離床試験）

転炉スラグ施用量 (kg/10 a)	土壌 pH (深度 0 ～ 10 cm)	土壌 pH (深度 0 ～ 20 cm)	地上部 発病度 ¹⁾	根部 発病度 ¹⁾	調整重 (g) ²⁾	草丈 (cm) ²⁾	葉色 (SPAD 値) ²⁾	根部乾物重 (g) ³⁾
0	5.8	5.6	77.5	53.8	3.5 ± 1.4	13.0 ± 3.2	43.5 ± 5.6	0.7
5,000	7.2	6.7	12.5	20.0	14.1 ± 5.9	25.3 ± 3.3	42.3 ± 4.9	1.3
10,000	7.8	7.1	5.5	16.3	14.2 ± 4.1	25.6 ± 1.8	45.0 ± 3.0	1.5
20,000	8.2	7.6	3.5	7.5	18.5 ± 5.0	28.5 ± 2.4	43.0 ± 2.2	1.1

¹⁾ 50 株調査, ²⁾ 20 株調査の結果を平均値 ± 標準偏差で表示, ³⁾ 20 株合計値. 供試品種‘プリウス’.

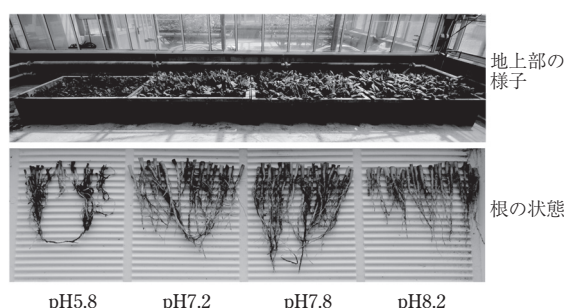


図-2 調査時における生育状況（隔離床試験）

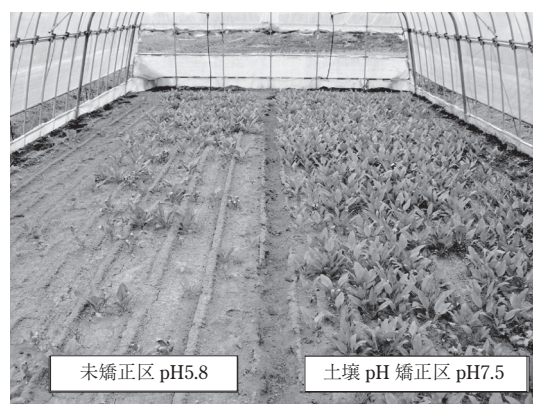
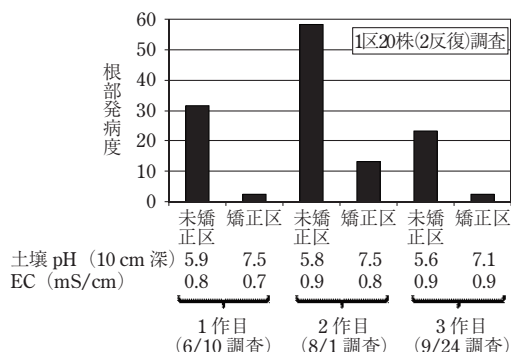
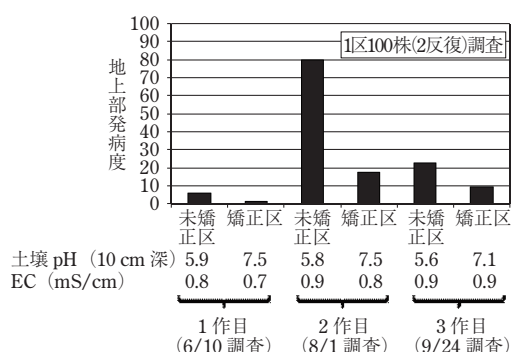

 図-3 現地試験における発病状況
（八幡平市，2013 年 8 月 1 日）


図-4 現地試験における発病調査結果（左：地上部発病度，右：根部発病度）

II 現地圃場試験による転炉スラグを用いた土壌 pH 矯正の被害軽減効果の確認

隔離床試験の結果から，転炉スラグを用いた土壌 pH 矯正は，ホウレンソウ萎凋病の被害軽減対策として有望と考えられたため，現地圃場において効果を検討した。試験は，2013 年にホウレンソウ萎凋病が自然発病する八幡平市の現地農家圃場で実施した。転炉スラグ施用は，土壌緩衝能曲線（村上・後藤，2008）を作成したう

えで，改良深 10 cm，改良目標 pH7.5 とした場合に必要な 2,000 kg/10 a を手散布したのち，ロータリで混和した。pH 未矯正区の土壌 pH は 5.9 であった。各区 2 反復とし，転炉スラグ施用後，ホウレンソウ 3 作（1, 2 作目の品種‘サンホープセブン’，3 作目‘ミラーージュ’）について収穫期における本病の発生状況およびホウレンソウの生育状況を調査した。

その結果，土壌 pH 矯正区では処理後 3 作目まで地上部および根部の発病を抑制した（図-3, 4）。同様に施用

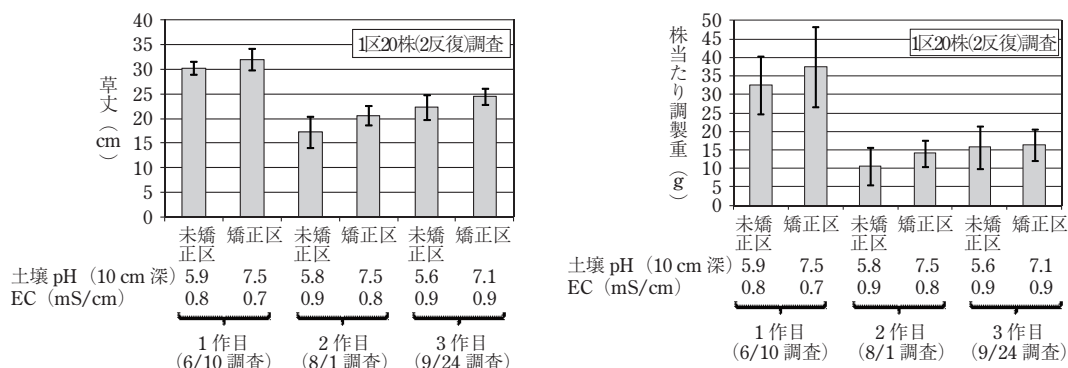


図-5 現地試験における生育調査結果(左:草丈, 右:調製重)

表-2 現地試験における土壌中のフザリウム属菌の密度 (CFU/g 乾土)

試験区	5月7日	6月10日	8月1日	9月24日
転炉区	2.2×10^3	7.1×10^3	8.6×10^3	5.7×10^3
無処理区	3.1×10^3	6.8×10^3	7.5×10^3	5.5×10^3

3作目まで、転炉スラグ施用区における生理障害の発生や品質低下は観察されず、本技術の現場適応性は高いと考えられた(図-5)。

また、転炉スラグ施用前後および施用後3作目まで、土壌におけるフザリウム属菌の密度への影響は認められなかった(表-2)。このことから、本技術は、病原菌を直接死滅させるものではないと考えられた。

III 転炉スラグを用いた土壌 pH 矯正技術の内容と留意事項

これまでの検討で得られた転炉スラグを用いた土壌 pH 矯正技術の内容や留意事項等を次のとおり取りまとめた。

1 技術の特性と適用場面

ホウレンソウ萎凋病発生圃場に転炉スラグを処理し、作土深 10 cm までの土壌 pH を矯正することで本病の被害を軽減できることを明らかにした。転炉スラグは、土壌 pH をあげても微量要素欠乏がでにくい土壌酸性改良資材とされているが、土壌 pH が 8 を超えると生理障害が発生しやすくなる。現実的な目標は土壌 pH 7.5、土壌改良深は 10 cm 程度で十分と考えられる。効果の安定性や持続性を考慮して、土壌 pH 改良深を 15 cm や 20 cm としても問題ないが、15 cm では施用量が 1.5 倍、20 cm では 2 倍になるので費用および散布労力の負担も大きくなる点に留意する。

2 転炉スラグの施用方法

転炉スラグの施用量は、必ず土壌緩衝能曲線(村上・後藤, 2008)を作成した上で決定することが重要である。また、処理 2~3 週間後に土壌 pH を測定し、深度 0~10 cm の表層土壌が目標土壌 pH となっていることを確認する必要がある。

雨よけハウレンソウは、小面積圃場で作付けされている場合が多く、露地作物とは異なり降雨や風の影響も比較的小さいことから、転炉スラグ施用は、手散布(図-6)で十分対応可能と考えられる。散布後は一般的なロータリにより耕起深 10 cm 程度の浅めで混和する。施用 2~3 週間後に土壌 pH を測定し、深度 0~10 cm の表層土壌が目標土壌 pH となっていることを確認する。目標土壌 pH に到達していない場合は、転炉スラグを追加施用し、再度土壌 pH を確認する必要がある。

本技術により転炉スラグのみを施用した圃場では、マグネシウム欠乏症が発生しやすいことがわかっている。事前に土壌分析を実施し、MgO 含量が 40 mg/100 g 以下の場合は、マグネシウム欠乏症状の発生を抑制するために苦土肥料も施用することが望ましい。苦土肥料の施用量の目安は、水酸化マグネシウム(水マグ)でおおむ



図-6 転炉スラグの散布作業

ね100 kg/10 aとすると問題が生じにくいようである（後藤・村上，2006）。

3 参考情報および留意事項

本技術は、病原菌を直接死滅させるものではないことから、本病多発圃場等病原菌密度が高い圃場では、土壤消毒が必要となる場合も想定される。

本技術の処理費用は、転炉スラグ施用量が2,000 kg/10 aの場合でおおむね6万円程度である。本技術を適用する場合、土壤 pH の維持が可能であれば次作以降の転炉スラグ投入は基本的に不要である。定期的に土壤 pH を確認し、土壤 pH が低下してきた場合には転炉スラグを追加施用し、矯正目標 pH を維持する。

これまでに実施してきた現地試験の中で、塩類集積圃場（高 EC など）において効果が得られない事例が認められ、そのような土壤では転炉スラグ施用により生育抑制が生じることも明らかとなっている。そのため、本技術の導入を検討する場合は、土壤分析を実施したうえで判断することとし、塩類集積の程度が高い圃場では、冬期間のハウス被覆除去など、過剰蓄積した塩類の排除に努める必要がある。

なお転炉スラグ以外の土壤酸性改良資材のみで土壤 pH を矯正した場合に、同様の被害軽減効果が得られるかは不明である。本技術は、転炉スラグを利用した土壤 pH 矯正技術であることに留意いただきたい。

おわりに

本稿では、転炉スラグを用いた土壤 pH 改良によってホウレンソウ萎凋病の被害軽減が可能であることを明らかにした。一方で、本技術は塩類集積圃場での適用が難しいなどの問題点も明らかとなっている。なお、本技術がどのような作用機作により病害の被害軽減に結びついているかは、目標土壤 pH や土壤 pH 改良深、効果の持続年数を検討するうえでも、解明が求められる事項である。

転炉スラグを用いた土壤 pH 矯正技術は、各種土壤伝染性フザリウム病（鈴木ら，2012；岩間ら，2014）のほか、キュウリホモブシス根腐病（岩館，2014）やアブラナ科根こぶ病（後藤・村上，2006）等の実用的な耕種の防除法として活用できることが明らかとなりつつある。本技術は、土壤消毒剤に頼らない、新たな土壤病害対策技術となり得ることから、今後も活用可能な土壤病害の種類および作物の組合せについて、継続して検討していきたい。

引用文献

- 1) 後藤逸男・村上圭一（2006）：根こぶ病 土壤病害から見直す土づくり—おもしろ生態とかしい防ぎ方，農山漁村文化協会，東京，p. 77～96.
- 2) 岩館康哉（2014）：岩手農研セ研報 13: 69～160.
- 3) 岩間俊太ら（2014）：北日本病虫研報 65: 85～92.
- 4) 村上圭一・後藤逸男（2008）：関西病虫研報 50: 97～98.
- 5) 鈴木洋平ら（2012）：北日本病虫研報 63: 100～103.