

転炉スラグを用いた土壌 pH 矯正による土壌病害の被害軽減技術

国立研究開発法人農研機構 東北農業研究センター 生産環境研究領域

上席研究員 門田 育生

はじめに

土壌病害の発生は産地の崩壊を招くほどの被害をもたらすもので、様々な作物において栽培上の大きな問題となっている。その主な対策は抵抗性品種の利用と土壌消毒があるが、抵抗性品種は全ての作物で十分に育成されている状況になく、またこれを侵す新たな病原菌系統の出現で抵抗性は崩壊する。一方、土壌消毒は必ずしも十分な防除効果を上げるとは限らず、その持続期間は限定的である。このため、いったん土壌病害が発生すると、その病原菌系統に対応する抵抗性品種の導入や、土壌消毒の繰り返しの追われる状況となることから、新たな技術の開発が求められている。

ところで、酸性土壌の多い我が国では、以前から消石灰や炭酸カルシウムなどを主成分とする石灰質肥料で土壌の酸性改良が実施されてきたが、土壌 pH が高くなるにつれて発生が少なくなる病害のあることが 1950 年代から報告されるようになった（木谷清美ら, 1957）。この現象は、土壌の酸性改良という極めて基礎的な対策がこれらの病害には有効であることを示しており、耕種的防除法としても位置付けられている。ただし、土壌 pH を上げ過ぎると作物に微量元素欠乏症を引き起こすため、作物の健全な生育を維持しながら被害を軽減させることは難しかった。ところが、微量元素を豊富に含む転炉スラグを原料とした石灰質肥料で酸性改良すると、pH7.5 程度でも微量元素欠乏による生理障害を生じず、しかもその矯正効果が数年にわたって維持されることが明らかにされてきた。

我々はこれらの知見に基づき、土壌 pH 矯正を核とした土壌病害の被害軽減技術を開発するための各種試験を行ったのでその概要を報告する。なお、ここで紹介する研究は 2012～2014 年に実施された農林水産省の「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業）：転炉スラグによる土壌 pH 矯正を核としたフザリウム性土壌病害の耕種的防除技術の開発」によって得られた成果を中心とするものであり、東京農業大学、青森県産業技術センター農林総合研究所、岩手県農業研究センター、宮城県農業・園芸総合研究所、福島県農業総合センターとの協同研究として実施した。

1. 転炉スラグの特徴と施用方法

転炉スラグとは、製鉄所で銑鉄から鋼を製造するための転炉で副成される資材で、転炉さいとも呼ばれている。原料は全て天然物（鉄鉱石・石灰岩・コークス）で、しかも 1,600℃の高温で生産されるので、カドミウムやヒ素などは全く含まれていない。これを原料として、副産石灰肥料あるいは特殊肥料として肥料取締法による登録を受けた肥料が販売されている。転炉スラグはケイ酸カルシウムを主成分とするが、このほかに植物の生育に必要なマンガンやホウ素などの微量元素も同時に含んでいるのが特徴である。



図 1. 資材の違いによる pH 矯正の影響

そのため、これまで土壌 pH を 6.5 以上に高めると野菜に微量元素欠乏を生じるとされてきたが、転炉スラグで一定程度 pH を高くしても生育に支障がでない (図 1)。

そこで、ホウレンソウ、レタス、イチゴおよびセルリーの 4 作物を選定して予備的なポット試験を実施したところ、土壌 pH が高くなるにつれて土壌伝染性フザリウム病の発病が徐々に抑制されることと、pH7.5-8.0 程度まで矯正しても供試した 4 作物については生育に与える影響はほとんど認められないことを確認した。そこで、実際の汚染圃場を用いた試験では土壌 pH の矯正目標値を 7.5 とすることにした。

なお、転炉スラグ施用量は圃場の土壌の種類や pH によって異なることから、圃場ごとに施用量を求める必要がある。その場合、矯正しようとする土壌に転炉スラグを少しずつ加えて土壌 pH の変化をグラフにプロットすることで緩衝能曲線を作成し、目標とする pH に矯正するための転炉スラグ施用量を推定する。図 2 の事例では、土壌 pH7.5 に矯正するには 3t/10a (10cm 深) を施用することになる。

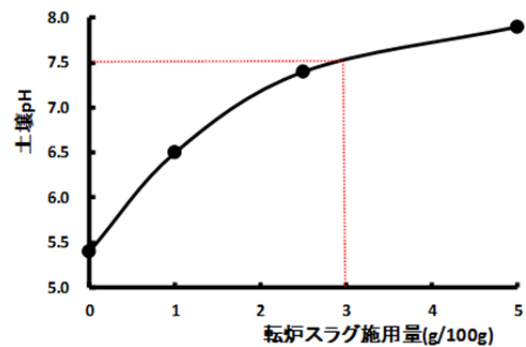


図 2. 転炉スラグ施用量を求めるための緩衝能曲線の事例

2. 土壌伝染性フザリウム病の被害軽減効果

1) ホウレンソウ萎凋病

本病が発生している農家圃場 (パイプハウス) に転炉スラグを施用して土壌深 10cm を pH7.5 に矯正した区 (転炉スラグを 2t/10a 施用) と、未矯正区 (pH5.6~5.9) についてホウレンソウを栽培した。また、本圃場では同一年に 3 作栽培しいずれも本病の発生があったので、これらについて発病調査した。その結果、3 作とも土壌 pH 矯正区が未矯正区と比較して発病度が低かった (図 3)。その際、外観健全株について草丈および株当たり調整重を測定したところ、土壌 pH 矯正区と未矯正区との間には違いはなく、土壌 pH 矯正がホウレンソウの生育に与える悪影響はないと考えられた (岩舘, 2012、岩舘, 2014a)。

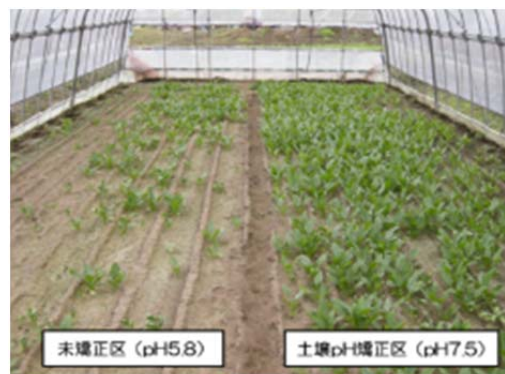


図 3. 土壌 pH 矯正によるホウレンソウ萎凋病の被害軽減効果

2) レタス根腐病

本病が発生している農家圃場 (露地) に転炉スラグを施用して土壌深 30cm を pH7.5 に矯正した区 (転炉スラグを 3.7t/10a 施用) と、未矯正区 (pH6.2) についてレタス (品種「サウザー」) を栽培した。その結果、矯正区が未矯正区と比較して被害が軽減した (図 4)。

上記の試験を実施した農家圃場ではレタス根



図 4. レタス根腐病の被害軽減効果

腐病菌レース 1 が感染していた。そこで、本菌のレース 1 に対する品種の耐病性を検定し、6 品種を耐病性ありと判定した。耐病性と判定した品種「ラプトル」および耐病性なしと判定した「サウザー」を供試して圃場試験を実施したところ、耐病性品種「ラプトル」において土壌 pH 矯正と併用した場合に高い被害軽減効果が認められた（岩間ら, 2014）。

3) イチゴ萎黄病

本病が発生している農家圃場（パイプハウス）に転炉スラグを施用して土壌深 10cm を pH7.5 に矯正した区と、未矯正区（pH5.9）についてイチゴ（品種「とちおとめ」および「もういっこ」）を栽培し、地上部と根冠部に分けて発病度を求めた。その結果、地上部と根冠部のいずれも pH 矯正区が未矯正区と比較して発病度が低かった。また、萎黄病に対して耐病性品種である「もういっこ」は pH 矯正区において高い被害軽減効果が認められた（図 5）（大場ら, 2015）。

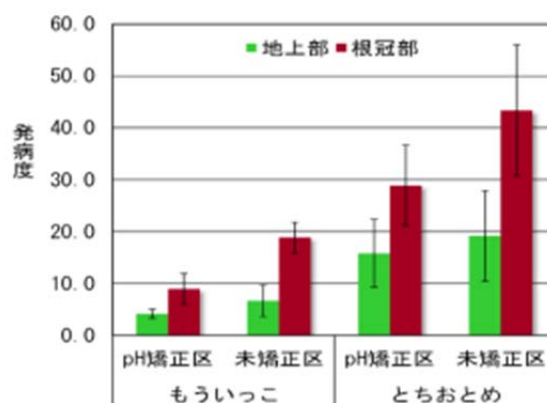


図 5. 萎黄病の発病と土壌 pH 矯正及びイチゴ品種の関係

4) セルリー萎黄病

本病については、太陽熱土壌消毒と組み合わせて試験を行った。本病が発生している農家圃場（施設）に転炉スラグを施用して土壌深 10cm を pH6.5 に矯正した区（転炉スラグを 1.0t/10a 施用）および pH7.5 に矯正した区（転炉スラグを 3.0t/10a 施用）と、未矯正区（pH5.5）についてセルリー（品種「コーネル 619 号」）を栽培した。なお、転炉スラグ施用後の 7 月下旬から 8 月下旬にかけて 29 日間太陽熱土壌消毒を行い（未矯正区も含む）、積算地温は 1250℃ となった。発病調査の結果、土壌 pH 矯正区（pH6.5）でも発病度は未矯正区と比較して低下し、pH 矯正区（pH7.5）はさらに低下した（図 6）（大島ら, 2013）。

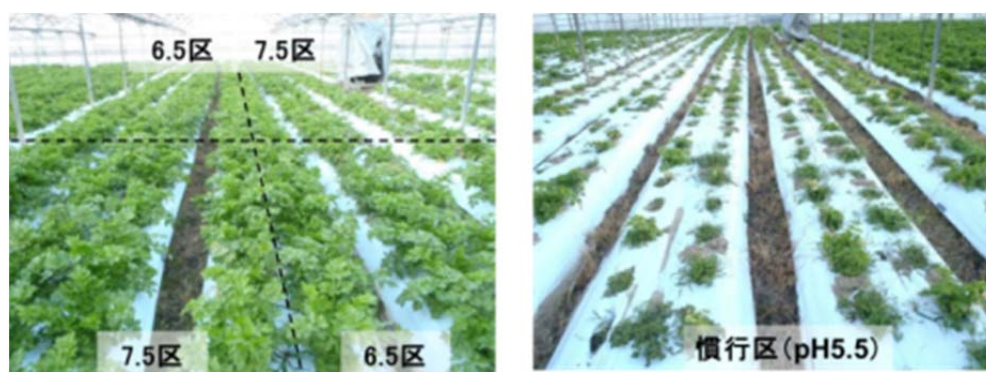


図 6. 土壌 pH 矯正と太陽熱土壌消毒を併用したセルリー萎黄病の被害軽減効果

3. その他の土壌病害に対する被害軽減効果

転炉スラグを用いた土壌 pH 矯正で被害が軽減される土壌病害としては、アブラナ科野菜根こぶ病（後藤・村上, 2006、岩間ら, 2011）やキュウリホモプシス根腐病（岩館, 2014b）がある（図 7、8）。また、我々は細菌性病害であるトマト青枯病に対しても効果のあることを明らかにした（門田、今崎, 2015）（図 9）。一方、ナス半身萎凋病は土壌 pH を矯正すると被害が促進される事例があった。



図7. 土壌 pH 矯正によるアブラナ科野菜
根こぶ病の被害軽減効果



図8. 土壌 pH 矯正によるキュウリホモプシス根腐病
の被害軽減効果



土壌pH矯正区
目標pH7.5、栽培中の実測値 pH7.3-7.7



土壌pH未矯正区
栽培中の実測値6.0-6.4

図9. 土壌 pH 矯正によるトマト青枯病の被害軽減効果

4. 転炉スラグ施用がフザリウム属菌の生存に及ぼす影響

微生物には生育に適した pH 値があり、微生物の種類によってその値は異なる。ここでは、植物病原糸状菌の *Fusarium oxysporum* を供試して転炉スラグで pH を変化させた土壌に接種し、増殖や生存程度を調査した。その結果、供試した菌株は 62 日の試験期間内において土壌 pH の違いによる増殖および生存に顕著な変化は認められなかった。また、その際の土壌 pH は 6.4~7.8 の間で試験開始時の pH が維持されていた (図 10)。したがって、転炉スラグを使用して土壌 pH を 7.5 前後に矯正する程度では、フザリウム属菌の土壌中の密度は大きく変化しないと考えられる。

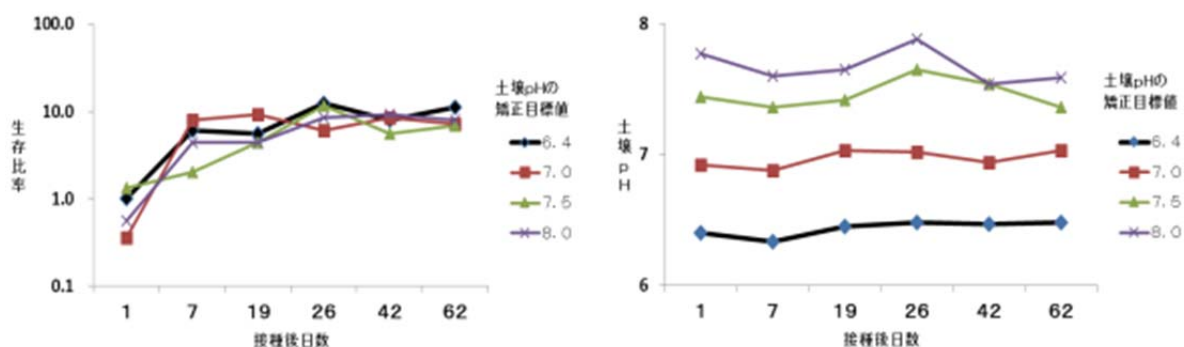


図 10. 転炉スラグで土壌 pH を矯正した場合の *Fusarium oxysporum* の生存比率 (左) と土壌 pH の推移 (右)

5. おわりに

ここで開発した技術の骨格は、あくまでも石灰による土壌 pH 矯正という耕種的防除法の延長線上にあるものである。そのため、本技術だけを導入するのでは十分な被害軽減効果が得られない場合もある。そこで、上述したように耐病性品種の利用や太陽熱土壌消毒との併用などが効果的である。

また、転炉スラグはフザリウム属菌に対して殺菌作用はないことから、被害が軽減された場合でも病原菌密度が減少しているわけではない。したがって、農業機械や資材を圃場外に持ち出す時や別の圃場に入る時には付着した土壌を水で洗い流すこと、発病した個体は早めに取り除いて圃場外で処分し菌密度の上昇を抑えるなど、これまで実施してきた防除対策の継続は必要である。

引用文献

- 後藤逸男・村上圭一 (2006), おもしろ生態とかしこい防ぎ方 根こぶ病, 農山漁村文化協会, 東京, pp. 77-106
- 岩館康哉 (2012), 転炉スラグを用いた土壌 pH 改良によるハウレンソウ萎凋病の発病抑制, 土と微生物 66:80 (講要)
- 岩館康哉 (2014a), 転炉スラグを用いた土壌 pH 改良によるハウレンソウ萎凋病の被害軽減制効果, 日植病報 80:68 (講要)
- 岩館康哉 (2014b), 岩手県におけるキュウリホモプシス根腐病の発生生態と防除に関する研究, 岩手農研セ研報 13:69-160
- 岩間俊太・今井照規・鈴木千秋 (2011), 育苗土と圃場の土壌酸性改良によるブロッコリー・ハクサイ根こぶ病の被害軽減, 北日本病虫研報 62:207 (講要)
- 岩間俊太・倉内賢一・門田育生 (2014), 転炉スラグを用いた土壌 pH 矯正と品種耐病性の併用によるレタス根腐病の被害軽減効果, 北日本病虫研報 65:85-92
- 門田育生・今崎伊織 (2015), 転炉スラグを原料とした石灰肥料の土壌施用によるトマト青枯病の発病抑制, 日植病報 81:59-60 (講要)
- 木谷清美・井上好之利・夏目孝男・池上雍春 (1957), トマト萎凋病に関する研究 第2報 発病に及ぼす石灰の影響, 四国農業試験場報告 3:163-171
- 大場淳司・関根崇行・辻 英明・村主栄一・近藤 誠・玉手英行 (2015), 転炉スラグと耐病性品種の併用によるイチゴ萎黄病の発病抑制効果, 北日本病虫研報 66: (講要, 印刷中)
- 大島宏行・高倉克弥・後藤逸男 (2013), セルリー萎黄病の総合防除対策 (その4) -転炉スラグを用いた土壌酸性改良によるセルリー萎黄病の防除-, 日本土肥学会講演要旨集 59:49 (講要)