ミニレビュー

香川県における土壌の健康診断に基づく ブロッコリー根こぶ病管理について[#]

中西 充*, 森 充 隆

香川県農業試験場

(2017年6月15日受理)

HeSoDiM approach to the control of clubroot in broccoli from Kagawa

Mitsuru NAKANISHI and Mitsutaka MORI

The Kagawa Prefecture Agricultural Experiment Station, 1534-1 Kita, Ayagawa-cho Ayauta-gun, Kagawa 761-2306, Japan

Keywords: HeSoDiM, clubroot, broccoli.

はじめに

近年、香川県のブロッコリーの生産量は増加傾向にある。ここ5年間の統計データによると、直近の平成27年産では、作付面積は5年前より約300ha増加して約1,000ha、出荷量は約3,000t増加して約11,000tで全国有数の産地となっている。これは、JAによる定植支援や出荷調整支援など、支援の充実、また、単価の安定によるものと思われる。

このような中、最近では、難防除土壌伝染性病害のアブラナ科野菜根こぶ病の発生が多く見受けられるようになり、ブロッコリーの安定生産に影響を及ぼしている。感染の初期には、根部にのみ根こぶを生じることから、前年まで地上部に何ら兆候が発見されなかったほ場でも、収量が減少するほど発病する事例が見受けられたり、また、ブロッコリーの根こぶ病に対する登録農薬を処理したにもかかわらず防除効果が十分でなかった事例が報告されており、各ほ場単位で根こぶ病の発病をコントロールする必要性が高くなっている。

一方、土壌病害管理の新しい手法として、あらかじめ土壌診断により、作付ほ場の発病ポテンシャルを判断し、ポテンシャル別に防除対策を提案する仕組みである「健康診断に基づく土壌病害管理：ヘソディム (HeSoDiM: Health checkup based soil-borne disease management)」が提案されており、¹⁾ 今回、その取り組み事例を紹介する。

なお、本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発」の成果である。

1. 土壌診断項目の抽出

土壌の生物性や理化学性を事前に調査することにより、ブロッコリー根こぶ病のほ場ごとの発病ポテンシャルをあらかじめ評価したうえで、必要な防除技術を提案する手法を確立するために、まず、発病ポテンシャルを評価するための調査項目の抽出及び選定を行う必要がある。そこで、県内29ほ場の土壌診断を行い、発病との関係性を解析した。香川県のブロッコリー栽培の作付体系は、水稲-ブロッコリー作付体系とブロッコリー連作体系が多いので、前作が水稲もしくはブロッコリーである水田転換畑を調査対象とした。

[#] 第42回大会シンポジウムを取りまとめた解説。

* 〒761-2306 香川県綾歌郡綾川町北1534-1

E-mail: wk6591@pref.kagawa.lg.jp

© 日本農薬学会

1.1. 生物性診断項目

これまで、土壤中の根こぶ病菌菌密度の調査方法として、直接検鏡法²⁾で行われてきたが、検出限界が約 1×10^4 個/gであり、香川県の土壤の多くで、高い発病度となる可能性が非常に高く、発病ポテンシャルを評価する手法としては適さない。そこで、リアルタイムPCR法による休眠孢子密度調査法を検討したところ、 1×10^3 個/g以上の定量が可能であり、³⁾ 現地ほ場の発病度との関係性も高かった。次に、簡易生物検定法⁴⁾を改変したセルトレイ利用生物検定調査による発生株率調査を検討したところ、先と同様、現地ほ場の発病度との関係性も高かった。さらに、生産者から、前作の発病状況や作付した品種、防除方法等を聞き取った結果から、発病ポテンシャルを評価する診断方法も有効と考えており、以上の3つの方法のいずれかを生物性診断項目として選択することとした。

1.2. 理化学性診断項目

次に、土壤理化学性診断項目のうち、発病度との関連性が見られたのは、pH、水中沈定容積、ジチオナイト-クエン酸塩還元溶解鉄 (Fe_d) に対する酸性シュウ酸塩可溶鉄 (Fe_o) の比率 (Fe_o/Fe_d 比) であった。⁵⁾

香川県の主要な土壤である灰色低地土は、発病しやすい土壤の一つであり、発病を抑制するためには、少なくともpHを7.0以上に高める必要があるとされ、⁶⁾ 今回の結果もpH 7以上では発病度は20未満であった。

水中沈定容積が小さくなると発病度が低くなる傾向があった。水中沈定容積は、水田土壤から畑土壤への性質変化の程度を示す指標である畑地化指数の分析項目となっており、⁷⁾ また、水中沈定容積が小さくなると、採土率の上昇や保水力の低下につながると考えられている。⁸⁾ また、一方、排水性の悪化が、根こぶ病の発生原因の一つであることが知られており、^{9,10)} 畑地化の進行により、排水性が向上した結果、発生が抑制される土壤環境になったと考えられた。

表1. 土壤診断項目と評価基準

土壤生物性診断			
診断項目	ポテンシャルレベル評価基準		
1. 根こぶ病菌 休眠孢子密度 (対数値)	検出限界以下 0	2.5以上4.5未満 +3	4.5以上 +5
2. トレイ利用 生物検定の発病度 (DRCパターン)	発病度=0 DRC=発生抑止型 0	発病度1以上50未満 DRC=抑止性なし +3	発病度50以上 +5
3. 前年の発病株 率と過去の発生の 有無	発病度=0 かつ 過去にも発病なし 0	発病度1以上80未満 +2	発病度80以上 +3
4-1. 問診 (耐病性品種)	前年作の品種：耐 病性品種利用なし 0	耐病性品種利用 +1	
4-2. 問診 (定植時の薬剤処 理の有無)	前年作の定植時 処理なし 0	前年作の定植時 処理あり +1	
土壤理化学性診断			
診断項目	ポテンシャルレベル評価基準		
5. pH	7.2以上 -2	7.2未満 0	
6. Fe_o/Fe_d 比	50未満 -1	50%以上 0	
7. 水中沈定容積	12ml/10g未満 -1	12ml/10g以上 0	

Fe_0/Fe_d 比が小さくなると、発病度が小さくなる傾向にあった。一般的に、水田土壌では、還元・酸化の繰り返しの伴い、還元鉄量の増加がみられ、 Fe_0/Fe_d 比が高くなる一方、畑転換後は、転換年数の経過により徐々に減少する。¹¹⁾したがって、 Fe_0/Fe_d 比が低いことは、畑地期間が長いことが考えられ、先の水中沈定容積と同様、畑地化により、根こぶ病の発生が抑制されたと考えられた。

以上より、生物性診断項目は、根こぶ病菌休眠孢子密度もしくはトレイ利用生物検定の発病度、または問診結果を、理化学性診断項目は、pH、水中沈定容積、 Fe_0/Fe_d 比の3項目とし、評価基準をそれぞれ設定した(表1)。さらに、診断結果に応じて評価点数を算出し、各ほ場の発病ポテンシャルレベルを導き出すこととした(表2)。

2. 個別防除技術の評価

ブロッコリーの根こぶ病の防除対策としては、①化学合成農薬による防除、¹²⁾ ②抵抗性品種の導入、¹³⁾ ③転炉スラグ施用による土壌の酸性改良¹⁴⁾がある。発病ポテンシャルに応じた防除技術をメニュー化するにあたり、これら防除技術の力量を評価することが必要であったことから、それらの評価を行うとともに、防除技術を実施するに当たっての注意点を把握した。

2.1. 調査基準の見直し

ブロッコリーは根こぶが着生したとしても収量への影響が少ない品目とされている。¹³⁾ 収量に関連した発病調査基準とするため、従来の発病調査基準²⁾の見直しを行った。従来の基準で発病程度3となった株について、出荷に際して十分な花蕾重とされる300gを超えた株が約60%あり、また、花蕾重と根数の相関係数 r は0.597となり、有意な相関を認めた。花蕾重300g以上を確保できた株の根数は、8本以上の株が約84%を占めることがわかった。なお、300g未満の株では、8本未満の株が約73%となった。以上のことから、従

来の程度3の基準を根数を加えた基準で細分化することにより、収量に関連した基準となると判断した。¹⁵⁾

2.2. 定植前土壌処理混和薬剤の処理域の検討

定植時の根こぶ病菌汚染土までの土壌深の違いが発病に与える影響を検討し、率いては定植時に農薬等で保護すべき根域を明らかにする目的で試験を実施したところ、ブロッコリーの夏まき栽培作型において、定植時に土壌表層5cmの根域を根こぶ病菌から保護することで根部の発病度が低くなり、かつ収量減を回避できることが明らかとなった。¹⁶⁾ また、表層5cmの感染回避にフルアジナム粉剤等の土壌処理薬剤の定植直前処理後の表層土壌混和が有効であった。

2.3. 定植前土壌処理混和薬剤の処理時期の検討

ブロッコリー根こぶ病に登録のあるもののうち、現場でよく使用されている農薬の有効成分であるフルアジナムおよびフルスルファミドの土壌中の挙動を確認する試験を実施したところ、土壌に添加したフルアジナム及びフルスルファミドが、処理1日後の残留量の約半分まで分解するのに要した日数は、フルアジナムで約14日間、フルスルファミドで約45日であった。¹⁷⁾ また、フルアジナム及びフルスルファミドの土壌中での下方向の移動について、表層から5cm以上移動したのは、最大で残留量全体の4%未満であった。¹⁷⁾

安定的な効果を得るためには、土壌処理後の耕耘を丁寧にを行うこと、処理後速やかに定植を行うことが重要であると判断した。

2.4. 定植前土壌処理混和薬剤の処理濃度と根こぶ病菌菌密度の関係

根こぶ病菌休眠孢子的接種菌密度別の薬剤防除効果についてポット試験で検討した結果、根こぶ病菌の休眠孢子密度が高まることで、防除効果を得るのに必要な薬剤濃度は高まること示唆された。その程度は、各登録薬剤の単位面積当

表2. 発病ポテンシャルレベルと評価点数

発病ポテンシャルレベル	評価点数総合計値
1	1, 2単独または3と4の組み合わせ合計値と5および(6または7)の合計値が0以下
2	1, 2単独または3と4の組み合わせ合計値と5および(6または7)の合計値が1 【ただし、3の値が2の場合はレベル3とする】
3	1, 2単独または3と4の組み合わせ合計値と5および(6または7)の合計値が2~4
4	1, 2単独または3と4の組み合わせ合計値と5および(6または7)の合計値が5

たりの適用使用量を10cm深で処理した場合の処理濃度の時に、休眠孢子密度 1×10^5 個/gまでは有効であるが、 1×10^6 個/gでは十分な防除効果が得られない場合があった。¹⁶⁾しかし、各ほ場の休眠孢子密度の調査結果から、休眠孢子密度が一方的に上昇することはなく、定植時の休眠孢子密度は多くの圃場で 1×10^5 個/g以下にあったことから、一定の薬剤濃度を確保することで実用上は問題なく防除効果が得られていると考える。ただし、根こぶ病の菌系の病原性により防除効果が変わる場合もあるので、¹⁸⁾この点については今後防除効果の安定性について注視する必要がある。

2.5. 耐病性品種の防除効果評価

耐病性品種「グリーンキャノン」の防除効果並びに本県での栽培適応性について検討した結果、耐寒性から作期は9月下旬までに定植する作型に限定されるものの高い発病抑制効果を認めた。

2.6. 土壌改良資材の防除効果評価

香川県内で広く分布している灰色低地土及び黄色土で転炉スラグの効果確認試験を実施したところ、2t/10aの施用量でpH 8以上まで酸性矯正可能であり、定植期から収穫期まで、pH 7以上を維持していた。また、発病度が低下し収量も確保することが可能であった。一方、水稻との輪作体系で同様の試験を行ったところ、水稻の品質が低下すると

もに、施用後水稻を2年間作付けするとpH 7より低下した。したがって、水稻との輪作体系での施用は控えるべきと考えられた。

また、土壌酸性矯正のもう一つの方法として、灰色低地土を対象に消石灰施用による効果確認試験を実施した。香川県の主要な土壌である灰色低地土において、処理量400～500kg/10aで、一定の収量を確保しながら、根こぶ病の発病を抑制する傾向が得られた。しかし、ブロッコリー中の微量元素含有率が低下する傾向が認められ、栽培ほ場への適応を考慮した場合には、微量元素欠乏が発生する可能性があると思われた。¹⁹⁾

以上の個別防除技術を発病ポテンシャルレベルごとにとりまとめた(表3)。

3. HeSoDiMの導入に向けて

以上の結果をもとに、ブロッコリー根こぶ病のヘソディムマニュアルを作成した。²⁰⁾本マニュアルをもとに、一部産地で、ほ場ごとにカルテを作成して、発病ポテンシャルを総合評価し、防除メニューを提案している。HeSoDiMに興味のある生産者も居るが、防除技術の提案に対してのみ関心が高いケースが多く、依然として過剰防除となる場合も見られる。今後、診断結果をフィードバックして、マニュアルを高度化するとともに、HeSoDiMの考え方を生産者に理解してもらうこと、また、分析調査および診断を担う機関の育成

表3. 発病ポテンシャルレベルと個別防除技術

レベル	レベル別防除技術
1	無防除
2	①定植前育苗セルトレイ薬剤灌注 ②土壌pHを転炉スラグまたは消石灰で8.0以上に矯正（ただし、水田との輪作圃場を除く）
3	①定植前土壌混和处理薬剤または定植直後灌注薬剤 ②土壌pHを転炉スラグまたは消石灰で8.0以上に矯正（ただし、水田との輪作圃場を除く） ③耐病性品種の利用 ④作期の移動（10月中旬以降の定植） 【③、④は①と併用 ③、④の併用は品種特性から不可】
4	①定植前育苗セルトレイ薬剤灌注 ②定植前土壌混和处理薬剤または定植直後灌注薬剤 【①、②の併用必須、また、土壌混和处理は、定植直前の作条土壌混和（混和深5～10cmを推奨）】 ③土壌pHを転炉スラグまたは消石灰で8.0以上に矯正（ただし、水田との輪作圃場を除く） ④耐病性品種の利用 ⑤作期の移動（10月中旬以降の定植） 【④は①または②と併用必要、⑤は①との併用必要、③、④の併用は品種特性から不可】

が、重要になってくると思われる。

引用文献

- 1) S. Tsushima and S. Yoshida: 2012 FFTC-TUA International Seminar on Emerging Infectious Diseases of Food Crops in Asia, Abstract 204 (2012).
- 2) 村上弘治：アブラナ科野菜根こぶ病総合防除マニュアル，東北農業研究センター，pp. 1-38, 2003.
- 3) 森 充隆，中西 充：日植病報 **82**, 237 (2016).
- 4) 吉本 均，前田和也：和歌山県農水技術セ研報 **2**, 143-148 (2001).
- 5) 中西 充，森 充隆：土肥誌 **87**, 458-461 (2016).
- 6) 村上圭一，篠田英史，中村文子，後藤逸男：土肥誌 **75**, 339-345 (2004).
- 7) 土壌環境分析法編集委員会編：土壌環境分析法，1997.
- 8) 長野間宏，諸遊英行：農業研究センター研究成果集報 **1**, 46-53 (1983).
- 9) H. A. Hamilton and R. Crête: *Can. J. Plant Sci.* **58**, 45-53 (1978).
- 10) H. Iwama, S. Osozawa, T. Ushiroda and T. Kubota: *Soil Sci. Plant Nutr.* **40**, 293-299 (1994).
- 11) 古川秀顕：水田土壌とリン酸—供給力と施肥—，博友社，pp. 5-58, 1984.
- 12) 清水寛二：関西病虫研報 **29**, 45 (1987).
- 13) 池上八郎：岐阜大農研報 **38**, 11-28 (1975).
- 14) 村上圭一，篠田英史，丸田里江，後藤逸男：土肥誌 **75**, 53-58 (2004).
- 15) 森 充隆，中西 充，島田敦之，中美陽子，吉田周作：気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のためのプロジェクト—土壌病害虫診断技術等の開発—農林水産技術会議事務局研究成果 **537**, 55-63 (2015).
- 16) 森 充隆，中西 充，中美陽子，島田敦之，對馬誠也：日植病報 **79**, 226 (2013).
- 17) 中西 充：香川農試研報 **63**, 27-36 (2013).
- 18) 田中秀平，吉原茂昭，伊藤真一，亀谷満朗：日植病報 **63**, 183-187 (1997).
- 19) 中西 充，森 充隆：土と微生物 **71**, 13-17 (2017)
- 20) <http://www.pref.kagawa.lg.jp/noshi/seika/sonota/160711.pdf> (2017年6月15日閲覧)

略 歴

中西 充（なかにし みつる）

生年月日：1971年1月19日

最終学歴：東北大学農学研究科

研究テーマ：化学分析を活用した栽培管理技術の改善に関する研究

趣味：バドミントン，ドッジボール

森 充隆（もり みつたか）

生年月日：1965年10月31日

最終学歴：香川大学農学部

研究テーマ：作物の病害に関する研究

趣味：テニス