

原著論文

エンバク野生種, アブラナ科植物を用いた還元土壌消毒による ハウレンソウ萎凋病の防除効果

安川人央・中野智彦・森岡 正・黒瀬 真

Effect of Reductive Soil Disinfestation Using Wild Oat and Cruciferous Plants to Reduce Damage to Spinach by *Fusarium* Wilt

Hitoshi YASUKAWA, Tomohiko NAKANO, Tadashi MORIOKA, and Makoto KUROSE

Summary

We investigated effects of reductive soil disinfestation using wild oat and cruciferous plants to reduce damage to spinach by *Fusarium* wilt.

In experiment 1, we elaborately plowed matter into the soil 4.1 t oats per 10 a in oat test plots and 7.5 t *Brassica juncea* per 10 a in *Brassica juncea* test plots. After watering the field to its maximum water holding capacity, the soil surface was coated with polyolefin film for 17 days. In experiment 2, we elaborately plowed into the soil 3 t fresh oats per 10 a in test plots and 0.6 t dry oats per 10 a in test plots. The matter had been brought from outside the field. We conducted the same treatment as that in experiment 1. In experiment 3, we elaborately plowed into the soil 5 t broccoli residues per 10 a in test plots. The residue was brought from outside the field. Then, we performed the same treatment as that in experiment 1. The soil surface was coated with polyolefin film during 16 days.

The average soil temperature at 10 cm depth during reductive soil disinfestation was 31.0°C in test plots covered with polyolefin film only.

The soil redox potential during reductive soil disinfestation was lower in test plots with plowed organic matter than in the test area covered in polyolefin film only. The *Fusarium* in soil at the end of the treatment period was below the detection limit in test plots with plowed organic matter. After processing, the relative frequency of *Fusarium* wilt disease strains was significantly lower in test plots with plowed organic matter than in test plots covered with polyolefin film only.

Results show that the soil treatment method used in this study can produce a similar reductive effect to that of soil disinfestation using wheat bran: reductive soil disinfestation with the soil surface coated with polyolefin film after watering the field to the maximum water holding capacity with plowed-in wild oats, *Brassica juncea*, or broccoli residues. Furthermore, this method was effective for controlling effects of *Fusarium* wilt of spinach with soil temperature of 25–40°C for 17 days.

Key Words: reductive soil disinfestation, *Fusarium* wilt, wild oat, *Brassica Juncea*, soil redox potential, cruciferous plant, spinach

緒 言

近年、施設栽培ハウレンソウの連作圃場では、夏期を中心にハウレンソウ萎凋病 *Fusarium oxysporum* f.sp.*spinaciae* による被害が生産性を阻む大きな要因になっている。その対策としてクロルピクリン剤等薬剤による土壌消毒が多く利用されているが、生産農家にとって、土壌消毒作業は体力的に大変つらい作業であり、作業中の刺激臭にも悩まされている²⁾。そのため、土壌消毒剤を用いない防除手段の確立が望まれている。また、有機農業など薬剤に依存しない生産農家では、夏期の萎凋病多発時期にはハウレ

ンソウ以外の作付けや、太陽熱消毒を実施している。盛夏期にハウス密閉による太陽熱消毒は多くの土壌病害に対して実用性が高い。しかし、ハウレンソウの販売単価が高い夏期に生産量を確保する場合、それまでに土壌消毒を終えておく必要がある。初夏の太陽熱消毒では萎凋病防除に対して有効な事例もある¹²⁾が、その効果は日射量や気温等の気象条件に大きく左右される。

新村は、太陽熱消毒に用いられる稲ワラに比べて、フスマ等の易分解性有機物を用いて圃場を還元状態に維持することで、太陽熱消毒では効果不十分となる地温 30~35°C 条件下でも、*Fusarium oxysporum*(以

下フザリウム)の菌数が急速に低下することを報告している¹¹⁾。また、Blokらも、ブロッコリーや牧草すき込み後、気密性の高いシートで被覆し還元状態を維持することで、40℃に満たない温度でも、*Rhizoctonia solani* やフザリウムに対して効果が高いと報告している¹¹⁾。

一方、植物のすき込みによる土壤病害の抑制について、カラシナ茎葉を土壤にすき込むと、アリルイソチオシアネート(以下AITC)によりフザリウム菌数が低下すると報告されている⁸⁾。またエンバク野生種 *Avena strigosa*(以下エンバク)のすき込みは、土壤の微生物層を変化させ、数種土壤病害の発病軽減に関与することが示唆されている⁵⁾。更に、フザリウム病害に対して、カラシナすき込み後の還元土壤消毒が有効であるとされる¹³⁾。

そこで、本研究では、易分解有機物としてエンバク、アブラナ科植物であるカラシナ *Brassica juncea* とブロッコリー残渣を用いた還元土壤消毒によるハウレンソウ萎凋病防除効果を検討したので報告する。

材料および方法

以下の試験は、奈良県農業総合センター高原農業振興センター(奈良県宇陀市、標高約350m)において実施した。

試験1. エンバク、カラシナの栽培後すき込み密封処理によるハウレンソウ萎凋病の防除効果

供試圃場はハウレンソウ萎凋病の発生が認められた1.5aのビニルハウス1棟を用い、エンバクとカラシナを栽培した。エンバクは品種‘ニューオーツ’ (カネコ種苗株式会社)を用い、2011年4月15日に1m²当たり10gの割合で散播した。カラシナは品種‘黄カラシナ’ (タキイ種苗株式会社)を用い、4月19日に1m²当たり1gの割合で手押し式播種機(クリーンシーダ、アグリテクノ矢崎株式会社)を用いて、株間4cm×条間30cmで条播した。なお、エンバク、カラシナともに畝幅150cmで栽培した。

6月14日に、エンバク、カラシナとも刈払機を用いて地際部で切断後、ハンマーナイフモア(バネロスHMA80、株式会社共栄社)で細断し、トラクタのロータリ耕耘によって、エンバクを4.1t/10a、カラシナを7.5t/10aの割合でそれぞれの圃場にすき込んだ。なお、耕起深は約15cmとした。整地後、灌水

チューブ(エバーフローA型、MKVドリーム株式会社)を設置し、ポリオレフィン系特殊フィルム(トーカンエースNHブルー、厚さ0.075mm、東罐興産株式会社、以下POフィルム)で土壤表面を被覆密封して最大容水量を灌水した。被覆後は、ポリダクト(日新ポリダクト、厚さ0.1mm、折径300mm、日新化学工業株式会社)を周囲に配置し、水を封入して固定した。土壤表面の密封処理は7月1日までの17日間とし、処理期間中ハウスサイドを開放した。処理区はエンバク区、カラシナ区、POフィルム被覆のみの区(以下フィルム被覆区)を設け、1区当たり面積は9m²として、3反復で試験を行った。密封処理終了後、耕起深5cm程度でロータリ耕耘し、7月13日に手押し式播種機を用いて、畝幅150cm、株間6cm、6条植で播種した。供試したハウレンソウ品種は‘ミラージュ’(株式会社サカタのタネ)を用いた。

調査は処理期間中の地温と土壤酸化還元電位の推移、土壤のフザリウム菌数、処理後1作目収穫時の萎凋病発病株率と導管褐変程度について行った。地温はフィルム被覆区の深さ10cmにおいて、温度記録計(おんどとりTR-72U、T&D Corporation)を用いて測定した。土壤酸化還元電位は、各処理区に4ヶ所ずつ白金電極(株式会社藤原製作所)を深さ15cmに設置し、土壤Eh計(ポータブル土壤pH/硝酸/Eh計、PRN-41、株式会社藤原製作所)を用いて3~4日ごとに測定した。土壤中のフザリウム菌数は、処理前と終了時に深さ10cm付近の土壤を各区それぞれ3ヶ所から約100mlずつ採取して良く混ぜ合わせて1処理区当たり試料1点とし、Fo-G2培地を用いて希釈平板法により調査した。

萎凋病発病株率は、8月8日に各区100株を対象に萎凋、枯死株を調査し、算出した。また、8月9日に、各区50株を対象に地際部より2~3cm下の根部の導管褐変程度を以下の基準により調べ、導管褐変度を算出した。

指数0:導管の褐変なし、1:導管の1/3未満が褐変、2:導管の1/3以上~2/3未満が褐変、3:導管の2/3以上が褐変。

導管褐変度 = $\frac{\sum \{ (\text{被害状況別株数} \times \text{指数}) \}}{3 \times \text{調査株数}} \times 100$

試験2. 乾燥エンバクおよび生エンバクのすき込み密封処理によるハウレンソウ萎凋病の防除効果

ハウレンソウ萎凋病の被害が認められた1.5aのビニルハウス1棟で試験を実施した。処理圃場に投入

するエンバクは、刈り取り後乾燥させたもの（以下乾燥エンバク）と、刈り取り直後のもの（以下生エンバク）を用いた。乾燥エンバクは2010年11月15日に、生エンバクは2011年4月5日に、露地圃場にそれぞれ散播後、トラクタで浅く耕耘した。供試品種は‘ニューオーツ’を用いた。乾燥エンバクは、2011年5月15日に刈払機を用いて地際部で切断し、地上部を圃場から搬出して天日干しにより乾燥させた後、チップ（共立マルチチップ KC70S, 新興和産業株式会社）で3~5cm程度に細断した。生エンバクは、すき込み処理当日の6月14日に地際部で切断し、地上部を圃場から搬出後、チップで3~5cm程度に細断した。

処理区は乾燥エンバク区、生エンバク区、フスマ区、POフィルム被覆のみの区（以下フィルム被覆区）の計4区を設け、1区当たり面積は25m²で反復なしとした。乾燥エンバク、生エンバクおよび対照資材のフスマは、6月14日にそれぞれ10a当たり0.6t, 3t, 1tの割合で圃場に投入した。すき込み方法および被覆期間は試験1と同様に行った。本試験および次の試験3で行った調査およびハウレンソウの栽培方法は試験1に準じて実施し、地温の測定は行わなかった。

試験3. ブロッコリー残渣のすき込み密封処理によるハウレンソウ萎凋病の防除効果

ハウレンソウ萎凋病被害が認められた1.5aのビニルハウス1棟で試験を実施した。圃場に投入するブロッコリー残渣は露地圃場で栽培した。供試したブロッコリー品種は、‘ピクセル’（タキイ種苗株式会社）を用い、2011年3月8日に128穴セルトレイ（ヤ

ンマー株式会社）に播種し、4月6日に定植した。6月10日に頂花蕾を収穫し、圃場に残された残渣を供試した。

処理区はブロッコリー残渣すき込み区（以下ブロッコリー区）、フスマ区、POフィルム被覆のみの区（以下フィルム被覆区）の計3区を設け、1区当たり面積は25m²で反復なしとした。ブロッコリー残渣と対照資材のフスマは6月15日に、それぞれ10a当たり5t, 1tの割合で圃場に投入し、実験2と同様にすき込んだ。なお、ブロッコリー残渣は、すき込み前にハンマーナイフモアで細断した。すき込み後からの処理方法は試験1と同様とし、処理期間は7月1日までの16日間行った。

結果

試験1. エンバク、カラシナの栽培後のすき込み密封処理によるハウレンソウ萎凋病の防除効果

処理期間中の深さ10cm土壌の地温について、25℃以上30℃未満、30℃以上35℃未満、35℃以上40℃未満、40℃以上45℃未満、45℃以上の積算時間は、それぞれ89時間、197時間、110時間、12時間、0時間で、処理期間中の平均地温は31.0℃であった。

処理期間中の土壌の酸化還元電位は、いずれの調査日においても、フィルム被覆区に比べて、エンバク区とカラシナ区で明らかに低く推移し、エンバク区とカラシナ区で大きな差は認められなかった（第1表）。

処理期間終了時の土壌のフザリウム菌数は、フィルム被覆区で19×10¹cfu/g乾土と完全には抑制でき

第1表 エンバク、カラシナ、ブロッコリー残渣のすき込み密封処理期間中の土壌の酸化還元電位の推移（試験1~3）

Table 1. Changes of soil redox potential during reductive soil disinfection by plowing wild oat, *Brassica juncea*, or broccoli residue

試験内容	処理区	すき込み量 (t/10a)	6月17日 (mv)	6月20日 (mv)	6月23日 (mv)	6月27日 (mv)	7月1日 [*] (mv)
試験1 栽培すき込み	エンバク	4.1	-165 ± 10 a [†]	-223 ± 6 a	-226 ± 5 a	-239 ± 9 a	-254 ± 7 a
	カラシナ	7.5	-143 ± 7 a	-217 ± 11 a	-220 ± 2 a	-241 ± 4 a	-259 ± 12 a
	フィルム被覆	—	73 ± 37 b	15 ± 31 b	73 ± 35 b	-47 ± 57 b	224 ± 180 b
試験2 投入すき込み	乾燥エンバク	0.6	20 ± 59 a	-81 ± 74 ab	-129 ± 63 ab	-216 ± 14 ab	-237 ± 15 a
	生エンバク	3.0	-145 ± 41 a	-199 ± 36 a	-245 ± 15 a	-244 ± 33 a	-214 ± 53 ab
	フスマ	1.0	-133 ± 19 a	-206 ± 12 a	-221 ± 5 a	-244 ± 5 a	-175 ± 87 ab
試験3 投入すき込み	フィルム被覆	—	226 ± 53 b	91 ± 66 b	63 ± 83 b	-20 ± 87 b	8 ± 46 b
	ブロッコリー	5.0	-94 ± 17 a	-192 ± 8 a	-209 ± 12 a	-244 ± 8 a	-252 ± 5 a
	フスマ	1.0	18 ± 50 a	-130 ± 43 a	-193 ± 11 a	-236 ± 11 a	-239 ± 10 a
	フィルム被覆	—	101 ± 79 a	204 ± 40 b	248 ± 79 b	149 ± 80 b	113 ± 70 b

[‡]: 平均値±標準誤差(n=4)

[†]: 異なる英小文字間にTukey's multiple range testで5%水準で有意差有り

^{*}: 処理終了前に測定

第2表 エンバク、カラシナ、ブロッコリー残渣のすき込み密封処理前後のフザリウム菌数の変動(試験1~3)

Table 2. Fusarium density variation before and after reductive soil disinfestation by plowing wild oat, *Brassica juncea*, or broccoli residue

試験内容	処理区	すき込み量 (t/10a)	土壌中のフザリウム菌数(cfu/g乾土)	
			処理前	処理期間終了時
試験1 栽培すき込み	エンバク	4.1	9×10^3	N.D.
	カラシナ	7.5	15×10^3	N.D.
	フィルム被覆	—	10×10^3	19×10^1
試験2 投入すき込み	乾燥エンバク	0.6		N.D.
	生エンバク	3.0	13×10^3	N.D.
	フスマ	1.0		N.D.
試験3 投入すき込み	フィルム被覆	—		39×10^1
	ブロッコリー	5.0		N.D.
	フスマ	1.0	5×10^3	N.D.
	フィルム被覆	—		9×10^1

N.D.: 検出限界(10cfu/g乾土)未満

第3表 エンバク、カラシナ、ブロッコリー残渣のすき込み密封処理によるハウレンソウ萎凋病の防除効果(試験1~3)

Table 3. Effect of reductive soil disinfestation by plowing wild oat, *Brassica juncea*, or broccoli residue to reduce damage to spinach by fusarium wilt

試験内容	処理区	すき込み量 (t/10a)	萎凋病発病株率 (%)	導管褐変度
試験1 栽培すき込み	エンバク	4.1	3.8 ± 0.6^2	2.1 ± 0.2
	カラシナ	7.5	3.3 ± 0.5	1.8 ± 1.3
	ビニル被覆	—	22.6 ± 7.6	19.2 ± 3.4
試験2 投入すき込み	乾燥エンバク	0.6	1.1 ± 0.3	0.9 ± 0.4
	生エンバク	3.0	1.9 ± 0.3	0.2 ± 0.2
	フスマ	1.0	1.9 ± 0.3	1.5 ± 0.9
試験3 投入すき込み	ビニル被覆	—	31.2 ± 8.5	17.8 ± 3.7
	ブロッコリー	5.0	2.3 ± 0.9	5.0 ± 1.6
	フスマ	1.0	2.0 ± 0.6	2.9 ± 0.8
	ビニル被覆	—	35.5 ± 9.3	41.0 ± 12.9

萎凋病発病株率は2011年8月8日、導管褐変度と導管褐変は8月9日に調査

*: 平均値±標準誤差(n=3)

たかったのに対し、エンバク区とカラシナ区では検出限界未満であり、高い抑制効果が認められた(第2表)。

萎凋病発病株率、導管褐変度は、いずれもフィルム被覆区に比べて、エンバク区とカラシナ区で顕著に低く(第3表)、エンバク区とカラシナ区では差はほとんど認められなかった。

試験2. 乾燥エンバクおよび生エンバクのすき込み密封処理によるハウレンソウ萎凋病の防除効果

処理期間中の土壌の酸化還元電位は、いずれの調査日においても、フィルム被覆区に比べて、生エンバク区とフスマ区で低く推移し、生エンバク区とフスマ区で大きな差は認められなかった(第1表)。乾燥エンバク区では密封後緩やかに低下し、フィルム被覆区に比べて低く推移した。また、生エンバクやフスマと比較すると6月23日(処理開始9日目)まで高く推移したが、6月27日(処理開始13日目)にはほぼ同程度まで低下した。

処理期間終了時の土壌のフザリウム菌数は、フィルム被覆区では 39×10^1 cfu/g 乾土と完全には抑制できなかったのに対し、乾燥エンバク区と生エンバク区、フスマ区では検出限界未満であり、高い抑制効果が認められた(第2表)。

萎凋病発病株率、導管褐変度は、いずれもフィルム被覆区に比べて、乾燥エンバク区と生エンバク区、フスマ区で顕著に低く、フィルム被覆区を除く3処理区間に大きな差は認められなかった(第3表)。

試験3. ブロッコリー残渣のすき込み密封処理によるハウレンソウ萎凋病の防除効果

処理期間中の土壌の酸化還元電位は、フィルム被覆区に比べてブロッコリー区とフスマ区で低く推移した(第1表)。ブロッコリー区とフスマ区の比較では、処理開始後、ブロッコリー区でやや低く推移したが、6月23日(処理8日後)以降、同程度で推移した。

処理期間終了時の土壌のフザリウム菌数は、フィルム被覆区で 9×10^1 cfu/g 乾土と完全には抑制できなかったのに対し、ブロッコリー区とフスマ区では検出限界未満であり、高い抑制効果が認められた(第2表)。

萎凋病発病株率、導管褐変度は、いずれもフィルム被覆区に比べて、ブロッコリー区とフスマ区で顕著に低く、ブロッコリー区とフスマ区との間に大きな差は認められなかった(第3表)。

考 察

試験1で、エンバクとカラシナを本圃で栽培した後にすき込み、還元土壌消毒を実施したところ、フィルム被覆区に比べて、ハウレンソウ萎凋病の防除効果が高かった。エンバク区とカラシナ区ともに土壌の酸化還元電位が明らかに低く推移し、還元消毒に必要な地温とされる 30°C 以上¹¹⁾の積算温度が長く保持できたことにより、還元状態の効果が発揮されたためと考えられる。

試験2では本圃でのエンバクやカラシナ栽培を省くため、乾燥エンバクおよび生エンバクの投入すき込み密封処理を実施し、試験3ではカラシナと同じアブラナ科植物であるブロッコリー残渣の投入すき込み密封処理によるハウレンソウ萎凋病の防除効果を、フスマを用いた還元土壌消毒と比較した。その

結果、処理期間終了時の土壌中のフザリウム菌数は、試験 2、試験 3 ともに有機物をすき込んだ区で検出限界未達となり、高い菌密度抑制効果が認められ、ハウレンソウ萎凋病の防除効果もフィルム被覆区に比べて高かった。処理期間中の土壌の酸化還元電位は、試験 2 では生エンバク区とフスマ区で、試験 3 ではブロッコリー区とフスマ区でフィルム被覆区に比べて低く推移した。このことから、試験 1 同様に還元状態の効果が発揮され、防除効果が高まったものと考えられる。

一方、試験 2 の乾燥エンバク区では、土壌の酸化還元電位はフィルム被覆区に比べて低く推移したものの、生エンバク区やフスマ区に比べてその程度は緩やかで、処理開始後から徐々に低下し-200mv 程度に安定したのは処理後 13 日目であった。よって、乾燥エンバクは、酸化還元電位の低下速度が遅いことから、短期間の密封処理では他のすき込み区に比べて防除効果が劣る可能性がある。

小玉らは太陽熱利用による施設内の土壌消毒法を開発し、その作用機作としてフザリウムの生存を指標に湛水条件下で土壌に添加したデンプン量と被熱温度及び時間を明らかにし、比較的低温域におけるフザリウムの死滅には土壌の酸化還元電位の低下が大きく影響することを報告している¹⁾。

新村は、10a 当たり 1t 以上のフスマを投入して還元土壌消毒を行うと 30℃以上の地温を確保することで安定してフザリウムの殺菌効果を得ることができるとし¹¹⁾、本試験でも同様の結果が得られた。フスマはそのまま圃場に投入することが出来るので、簡便に処理を行えるが、還元が不十分でフスマが未分解であると、逆にフザリウムを増殖させてしまう危険性がある¹¹⁾。これに対し、カラシナは低土壌水分ですき込んである程度の殺菌力があり^{7,8)}、不十分な還元条件下においてもフザリウム菌を増殖させることはない⁶⁾ことが報告されている。本試験では、アブラナ科植物として、カラシナとブロッコリー残渣を用いて最大容水量の水分条件下で処理したところ、フィルム被覆区に比べて防除効果が高かった。しかし、生産現場においては、還元土壌消毒に必要な水量を十分に確保できない圃場もあり、低土壌水分条件下における防除効果の検討も必要である。

本試験では、エンバク、カラシナ、ブロッコリー残渣を用いた還元土壌消毒による萎凋病防除効果は極めて高かった。ハウレンソウ萎凋病菌を死滅させる温度条件に関して、家村は、恒温条件下では 48℃

で 6 時間、45℃で 3 日間、40℃では 7 日間と報告している³⁾。一方、佐古らは、深さ 10cm 付近の地温 40℃以上の積算時間が 41 時間程度でも、処理時に湛水を行い、処理後不耕起でハウレンソウを栽培することで、萎凋病抑制効果が明確に認められたことを報告している¹²⁾。実験 1 のフィルム被覆区では、処理期間中ハウスサイドを大きく開放した条件下でも、深さ 10cm 付近の地温 40℃以上の積算時間は 12 時間であった。また、いずれの試験においても、フィルム被覆区では処理期間終了時のフザリウム菌数は処理前に比べて減少したものの、処理後 1 作目の萎凋病発病株率は有機物をすき込んだ区で顕著に低かった。これらのことから、本試験条件下では太陽熱による防除効果は不十分であるが、エンバク、アブラナ科植物、フスマを用いた土壌の還元効果により萎凋病の防除効果が高くなることを確認できた。

還元土壌消毒によるフザリウム菌数の抑制には、還元状態での微生物活動により生成される酢酸や酪酸などの抗菌性物質や、嫌気性微生物であるクロストリジウム (*Clostridium*) 属菌が関与していると報告されている^{9,10)}。また、カラシナ葉をすき込み後、還元状態となる 50%水分条件で、消毒剤としてよく知られているクレゾールを含め、抗菌性を示す可能性がある化学物質が検出されている¹³⁾。本試験においても処理期間中に嫌気性微生物が増加し、これにより発生した抗菌性物質が萎凋病菌の抑制に作用した可能性もある。今後、処理期間中における土壌の微生物層の変化や抗菌性に関与する物質並びにその産生量の調査が必要である。

本試験により、エンバク、カラシナ、ブロッコリー残渣を用いた還元土壌消毒によるハウレンソウ萎凋病の防除効果は、極めて高いことが明らかになった。還元土壌消毒は、薬剤に依存しない萎凋病の防除方法として、有効な手段になると考えられる。これらの技術を普及させるためには、圃場の輪作体系や、有機物の効率的で省力的な収集及び細断方法、投入手段、最適処理量等を検討し、実用可能な技術に構築する必要がある。

最後に、本試験では、エンバク、カラシナ、ブロッコリー等の易分解性有機物を用いた還元土壌消毒を実施したが、これら以外にも地域内の未利用資源を還元土壌消毒に利用できる可能性があり、資源循環型農業への貢献も期待される。

摘要

エンバク野生種、アブラナ科植物を用いた還元土壌消毒によるハウレンソウ萎凋病の防除効果を調査した。

試験1では、エンバク野生種、カラシナを圃場で栽培し、10aあたりにそれぞれ4.1tと7.5tの割合ですき込みし、最大容水量を灌水後、17日間のポリオレフィン系特殊フィルムで被覆密封処理を行った。試験2では、生エンバク、乾燥エンバクをそれぞれ10aあたり、3t、0.6tの割合で投入後、すき込みし、同様に被覆密封処理した。試験3では、ブロッコリー残渣を10aあたり5tの割合で投入後、すき込みし、同様に16日間の被覆密封処理を行った。

処理期間中の深さ10cm土壌の平均地温は、被覆のみの区で31.0℃であった。

処理期間中の土壌の酸化還元電位は、いずれも被覆のみの区に比べて有機物をすき込んだ区で低く推移した。土壌のフザリウム菌数は、いずれも有機物をすき込んだ全ての区で検出限界未満であった。処理後のハウレンソウ萎凋病発病株率は、いずれも被覆のみの区に比べて有機物をすき込んだ区で顕著に低かった。

以上から、エンバク、カラシナおよびブロッコリー残渣をすき込み、最大容水量に灌水後被覆密封する土壌処理方法は、フスマを利用した還元土壌消毒と同様の効果が期待でき、地温が25~40℃の17日間程度処理条件下でハウレンソウ萎凋病防除に有効であることが明らかになった。

引用文献

1. Blok, W.J., Lamers, J.G, Termorshuizen, A.J. and Bollen GJ. 2000. Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping. *Phytopathology* 90:253-259.
2. 藤井直哉. 2007. クロルピクリンくん蒸剤の冬期処理によるハウレンソウ萎凋病の防除効果. 今月の農業. 12月号: 32-38.
3. 家村浩海. 1986. 太陽熱利用による露地野菜の土壌病害防除. 農業技術. 41(12): 529-532.
4. 小玉孝司・福井俊男. 1979. 太陽熱とハウス密閉処理による土壌消毒法について. I 土壌伝染性病原菌の死滅条件の設定とハウス密閉処理による土壌温度の変化. 奈良県農業試験場研究報告. 10: 71-81.
5. 小長井健・坂本一憲・宇佐見俊行・雨宮良幹・宍戸雅宏. 2005. エンバク野生種の栽培・すき込みが土着微生物相とトマトの土壌病害に及ぼす影響. 日本植物病理学会報. 71: 101-110.
6. 前川和正・福嶋昭. 2011. カラシナすき込み時の土壌水分がハウレンソウ萎凋病の防除効果に及ぼす影響. 関西病害虫研究会会報. 53: 79-81.
7. 前川和正・福嶋昭・竹川昌宏. 2011. カラシナを用いた還元土壌消毒によるハウレンソウ萎凋病の防除. 関西病害虫研究会会報. 53: 83-85.
8. 目時梨佳. カラシナすき込みによるハウレンソウ萎凋病の発病抑制効果. 植物防疫. 64: 575-579
9. Momma, N., Yamamoto, K., Simandi, P., Shishido, M. 2006. Role of organic acids in the mechanism of biological soil disinfestation (BSD). *J Gen Plant Pathol* 72:247-252.
10. 門馬法明・宇佐見俊行・宍戸昌宏. 2007. 土壌還元消毒効果を示す *Clostridium* sp. の検出と還元土壌から発生する気体のトマト萎凋病菌および青枯病菌の抑制効果. 土と微生物. 61(1): 3-9.
11. 新村昭憲. 2000. 土壌還元消毒. 農業技術体系 土壌施肥編 5(1)-追録 11. 畑 212: 6-9. 農山漁村文化協会.
12. 佐古勇・新田晃・油本武義. 1991. 中山間地夏どりハウレンソウの萎ちょう病防除に対する早期のハウス密閉処理による太陽熱土壌消毒法の適用について. 鳥取県園芸試験場研究報告. 1: 59-73.
13. 竹原利明. 2008. 生物的土壌消毒による土壌病害の防除. 土壌伝染性談話会レポート. 24: 70-81.