

農場有機性残さと家畜ふんの混合堆肥化と肥料利用 < >

牛ふん堆肥とラッカセイ茎葉残さの混合堆肥化におけるフスマ、石灰窒素の添加が堆肥化発酵およびラッカセイ茎葉残さ中のトマト萎凋病菌の殺菌効果に及ぼす影響

石崎重信・岡崎好子

Mixed Composting of Agricultural Waste and Animal Feces,
and Recycle Use as Manure in Cultivation < >

Effects of Wheat Bran or Calcium Cyanamid Addition to Mixed Composting of Peanut Stalk and Dairy Farming
Compost on Sterilization of *Fusarium oxysporum*.

Shigenobu ISHIZAKI and Yoshiko OKAZAKI

要 約

耕種農家における家畜ふん堆肥の利用促進をはかるため、ラッカセイ茎葉残さを牛ふん堆肥で包み込む形で堆積して堆肥化することで、ラッカセイ茎葉残さの腐熟促進と残さ中の植物病原菌の死滅を図り、できた混合堆肥化物を肥料・土壌改良材として農場で循環利用する可能性について検討した。

前報¹⁾では、ラッカセイ茎葉残さを牛ふん堆肥で被覆して堆肥化したところ、良質な混合堆肥が調製できたものの、植物病原菌の殺菌効果が低かったことから、本試験ではフスマ、ならびに、石灰窒素を添加した場合の殺菌効果について検討した。

試験区として、ラッカセイ茎葉残さを山積みにした「茎葉残さ区」、ラッカセイ茎葉残さを山積みにして牛ふん堆肥で被覆した「牛ふん堆肥被覆区」、茎葉残さにフスマ160kgを添加して表面を牛ふん堆肥で被覆した「フスマ添加区」、茎葉残さに石灰窒素20kgを添加して表面を牛ふん堆肥で被覆した「石灰窒素添加区」の4区を設定して検討したところ、何れの試験区でも良好な堆肥発酵がみられ、嵩の大きな土壌改良効果が期待される堆肥が調製できた。茎葉残さ中の植物病原菌の殺菌状況を確認するために埋め込んだトマト萎凋病罹病茎中の*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (トマト萎凋病菌)は、茎葉残さ区では全く殺菌効果がみられなかったが、牛ふん堆肥被覆区では70%程度が殺菌された。しかし、牛ふん堆肥被覆区にフスマまたは石灰窒素を添加しても殺菌効果を高めることができなかった。ラッカセイ茎葉残さは嵩が大きく、牛ふん堆肥で被覆して堆積しても嫌気状態にすることが難しく、好気性糸状菌であるトマト萎凋病菌の殺菌効果が低くなったものと考えられた。

結 言

我々は前報¹⁾において、露地作物残さのうち圃場外に搬出することが容易なラッカセイ茎葉残さを牛ふん堆肥で包み込んで堆肥化すると良好な堆肥発酵が継続され、

嵩の大きい、土壌改良効果が期待される堆肥を調製できることを報告した。しかし、茎葉残さ中の植物病原菌の殺菌は不十分であった。今回は、ラッカセイ茎葉残さだけを堆積した場合、フスマの添加量を増やして発酵を促進することにより堆肥温度を高めた場合、および、殺菌効果と有機物分解促進効果が期待できる石灰窒素を添加した場合について、堆肥化発酵の状況、残さ中の植物病原菌の指標として埋め込んだトマト萎凋病罹病トマト茎の殺菌効果について検討した。

平成17年8月31日受付

材料および方法

1. 供試材料

当センター近隣の畑作農家で2004年秋に積み上げて乾燥させ、12月下旬の脱穀時に発生したラッカセイ茎葉残さ1200kg(水分含量12.3%)を供試材料とした。なお、茎葉残さは脱穀時に長さ10cm以下に切断されていた。牛ふん堆肥は、搾乳牛のふん尿混合物を直線攪拌型ハウスで乾燥させた後、約4週間堆積発酵させたもの(水分含量59.3%、乾物分解率10%未満の未熟堆肥)を用いた。

2. 処理方法

- (1) 混合比率：ラッカセイ茎葉残さと牛ふん堆肥の混合堆肥化処理で調製された混合堆肥化物の全量を、収穫した圃場で肥料として循環施用することを前提とした。「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム」²⁾を用いて算出した畑作における牛ふん堆肥(水分含量50%)の適正な基肥施用量(10a当たり、バレイシヨ724kg、スイカ763kg、秋冬取りニンジン966kg、トモモロコシ1160kg)を参考に、水分含量がやや高めなことも考慮して、ラッカセイ茎葉残さ300kg(圃場13.4a相当の茎葉残さ量)を牛ふん堆肥1100kg(10a当たり約820kg)で堆肥化処理することとした。
- (2) 試験区分：試験区分を表1に示した。ラッカセイ茎葉残さが水分含量12.3%と乾燥していたことから、発酵促進のために茎葉残さの水分含量が60%程度となるように加水した。試験区は、加水した茎葉残さを山積みした「茎葉残さ区」、ラッカセイ茎葉残さを山積みにして表面を牛ふん堆肥で被覆した「牛ふん堆肥被覆区」、茎葉残さ中にフスマ160kgを添加し表面を牛ふん堆肥で被覆した「フスマ添加区」、茎葉残さ中に石灰窒素20kgを添加し表面を牛ふん堆肥で被覆した「石灰窒素添加区」とした。
- (3) 堆肥化処理方法：堆肥化時の高い発酵温度を利用して茎葉残さ中の植物病原菌を死滅させるため、牛ふん堆肥を床面と表面の断熱・保温材として利用し、ラッカセイ茎葉残さを牛ふん堆肥で包み込こむ形で

堆積した。

堆肥化は、堆肥舎軒下のコンクリート平床で実施した。茎葉残さ区は、茎葉残さ300kgを山積みにして水が茎葉にしみこむように足で踏みながら水約350Lを加水し、ホイールローダーで攪拌し、これを横3.2m×奥行き2.4m四方に山積みにして踏圧した。茎葉残さ区以外では床面の断熱性を高めるために牛ふん堆肥300kgを横3.2m×奥行き2.4m四方(厚さ約5.5cm)に敷いた。牛ふん堆肥被覆区では上記と同様に加水した茎葉残さを牛ふん堆肥の上に山積みにして踏圧し、全体を牛ふん堆肥800kgで被覆した。フスマ添加区は、加水・攪拌した茎葉残さをホイールローダーで6回に分けて牛ふん堆肥の上に積む際に、フスマ32kgずつを5回撒布し若干加水し、全体を踏圧し牛ふん堆肥800kgで被覆した。なお、フスマ添加量は前報¹⁾では60kgであったが今回はその2.7倍とした。石灰窒素添加区は、加水・攪拌した茎葉残さをホイールローダーで6回に分けて牛ふん堆肥の上に積む際に、石灰窒素4kgずつを5回撒布し、全体を踏圧し牛ふん堆肥800kgで被覆した。堆積物の表面を被覆した牛ふん堆肥の厚さは20cm程度となった。各区とも堆積物は高さ1.2m程度の「四角錐台形」となるよう堆積し、雨水の侵入を防ぐためにブルーシートを掛けた。各区の堆積物全体の推定水分含量割合は、概ね60%弱であった(表1)。

堆肥化95日目に堆積物の山を縦割にして1/2を取り除き、牛ふん堆肥に包み込まれた茎葉残さの断面の上端部、中心部、底-中央部、底-辺縁部から牛ふん堆肥や添加したフスマや石灰窒素が混入しないよう注意して茎葉残さサンプルを採取後、ホイールローダーで堆積物を切り返し攪拌し、再度堆積して、その後145日目に切り返し、237日目まで堆肥化処理を行った。

2. 調査項目と分析方法

堆積物の温度は、温度センサー(TR-1220, (株)テイアンドデイ)を堆積物の中央鉛直線上における床面から5-25-45-65cmの高さに設置し、60分毎に連続して測定した(Thermo Recorder おんどとりTR-71S, (株)テイアンドデイ)。

表1 試験区分

(kg)

試験区分	茎葉残さ ^{*1}	牛ふん堆肥 ^{*1}			フスマ ^{*2}	石灰窒素 ^{*3}	加水量	全体の水分含量(%)
		床面	被覆	合計				
茎葉残さ区	300	-	-	-	-	-	350	59.5
牛ふん堆肥被覆区	300	300	800	1100	-	-	350	59.4
フスマ添加区	300	300	800	1100	160	-	450	57.7
石灰窒素添加区	300	300	800	1100	-	20	350	58.8

*1: 材料の水分含量は、平均的なラッカセイ茎葉残さ12.3%、牛ふん堆肥59.3%だった

*2: 茎葉残さを5回に分けて積み上げ、1回ごとに32kgのフスマを撒き、さらに若干の加水を行った

*3: 茎葉残さを5回に分けて積み上げ、1回ごとに4kgの石灰窒素を撒いた

堆肥化によるラッカセイ茎葉残さ中の病原菌の死滅状況の確認は、ラッカセイに発生する主な病原菌については適切な選択培地がないことから、トマト萎凋病菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) に罹病したトマト茎を堆肥化物の山に埋め込み、その死滅状況を確認することとした。長さ20cm程度に切ったトマト萎凋病罹病トマト茎2本をポリエチレン製ネットに入れ、残さの山の(上端部)(中心部)(底-中央部)(底-辺縁部)にそれぞれ2組ずつ埋め込み、1組を95日目に取出して冷蔵保存し、もう1組は切り返して混合物を再度堆積する際に取出したもとの位置に再度埋め込み、145日目の切り返し時に取り出した。

堆肥化95日目に各部位から採取したラッカセイ茎葉残さは、現物について有機酸の定量と現物30gに蒸留水200mlを加えて攪拌した水抽出液についてpHとECを測定し、さらに、水分含量(65×3日間)と灰分(550×6時間)を測定して下式により有機物分解率と乾物分解率を推定した。また、堆肥化95日目、145日目、237日目に採取した牛ふん堆肥と茎葉残さの混合堆肥化物については、水分含量と灰分を測定するとともに、堆肥化に用いた各素材の乾物中灰分含量から堆肥化処理開始時の堆肥化物全体の灰分含量を推定して有機物と乾物の分解率を推定した。

$$\text{有機物分解率 (\%)} = 100 \times \left[1 - \frac{\text{ash}_0 \times (100 - \text{ash}_n)}{(\text{ash}_n \times (100 - \text{ash}_0))} \right]$$

$$\text{乾物分解率 (\%)} = 100 \times (1 - \text{ash}_0 / \text{ash}_n)$$

ash₀ : 堆肥化処理していない茎葉残さ乾物中灰分%

ash_n : n日間堆肥化後の茎葉残さ乾物中灰分%

有機酸は、茎葉残さ現物30gに3%過塩素酸溶液200mlを加えて室温で18時間放置し、液体部分を採取して遠心分離後0.4μmのミリポアフィルターで濾過し、渡邊の方法³⁾に準じて液体クロマトグラフィで分析した。

各切り返し時に採取した混合物サンプルは、乾物(65×3日)、灰分(540×6時間)、pH、電気伝導度(EC)を測定した。pHとECは、残さ乾物30g相当量に蒸留水を加えて300gとし、ガラス棒でよく押しつぶし液体部分を分離して、ガラス電極pHメーターとECメーターを用いて測定した。

埋め込んだトマト茎中のトマト萎凋病菌の生存状況は、前報¹⁾と同様にF_o-G培地で培養して検討した。堆肥化145日目の混合物サンプルについては、本報告書の我々の別報⁴⁾と同様に肥料成分を分析した。また、堆肥化145日目における混合堆肥化物重量を乾物分解率から推定し、この全量を茎葉残さを収集した圃場に施用したときの畑作物(未熟トウモロコシマルチ、スイカトンネル、ニンジン夏播、バレイショマルチ)の基肥適正施用量²⁾の平均値に対する比率(充足率)を計算した。

結果および考察

1. 堆肥の温度

堆肥化処理開始から180日間の堆肥温度の推移を図1に示した。ラッカセイ茎葉残さだけ(茎葉残さ区)でも最高70程度まで上昇したが、温度の降下が早く概ね40日目には30以下になった。ラッカセイ茎葉残さは繊維含量(NDF)が75%と高いが、前報¹⁾の試験結果から堆肥化20日間で有機物の70%程度が分解されるような発酵分解されやすい素材であり、温度が早く低下したのは分解の早さを反映したものと考えられる。なお、本試験における有機物分解率も後述のように75%程度と高かった。

牛ふん堆肥被覆区と石灰窒素添加区では、茎葉残さ区に比べて高い温度が若干長く持続され、切り返し後の温度も茎葉残さ区よりも高くなったが、これは堆積物総量が多かったことと、牛ふん堆肥が中熟であったため一部が発酵分解されたためと考えられる。石灰窒素を添加することで堆肥発酵に関わる微生物に窒素が供給されて発酵分解が促進され堆肥温度が一層上昇することを期待したが、牛ふん堆肥被覆区と石灰窒素添加区には差がなかった。

フスマ添加区は、4試験区中で唯一最高温度が70に達しなかった。床面上25cm以上の部位では50~65の比較的高い堆肥温度が最も長期間(約50日間)継続したものの、床面に近いほど温度が低かった。これは、添加したフスマの一部が水分を吸って厚さ5cm程度の「硬い板状」(95日目切り返し時の観察)となり茎葉残さと分離して発酵しにくい形状になっていたこと、余分に加水した水が床面付近に溜まったためか床面付近の水分含量が高くなって発酵を阻害したことなどが原因として考えられた。95日目の切り返し時にフスマの塊を砕いて茎葉残さと混合した後では、堆肥温度が70以上に上昇した。本試験では前回試験の2.7倍量のフスマを添加することで70を超える高い堆肥温度が継続されることを期待したが、前報以上に堆肥温度を高くすることはできなかった。

2. ラッカセイ茎葉残さの分解率と有機酸

堆肥化95日目に採取した茎葉残さサンプルの水分含量と、乾物および有機物の分解率を表2に示した。なお、フスマ添加区と石灰窒素添加区では、それぞれ、フスマと石灰窒素が若干混入した可能性がある。

水分含量は、雨水が浸入した底部で高かったが、上端部や中心部は発酵熱による水分蒸散のため比較的乾いていた。

堆肥化による茎葉残さの分解を乾物分解率でみると、堆積部位や試験区で若干変動があるものの、概ね70%前後と高い値であった。試験区を比較すると、茎葉残さ区と牛ふん堆肥被覆区に比べて、石灰窒素添加区で

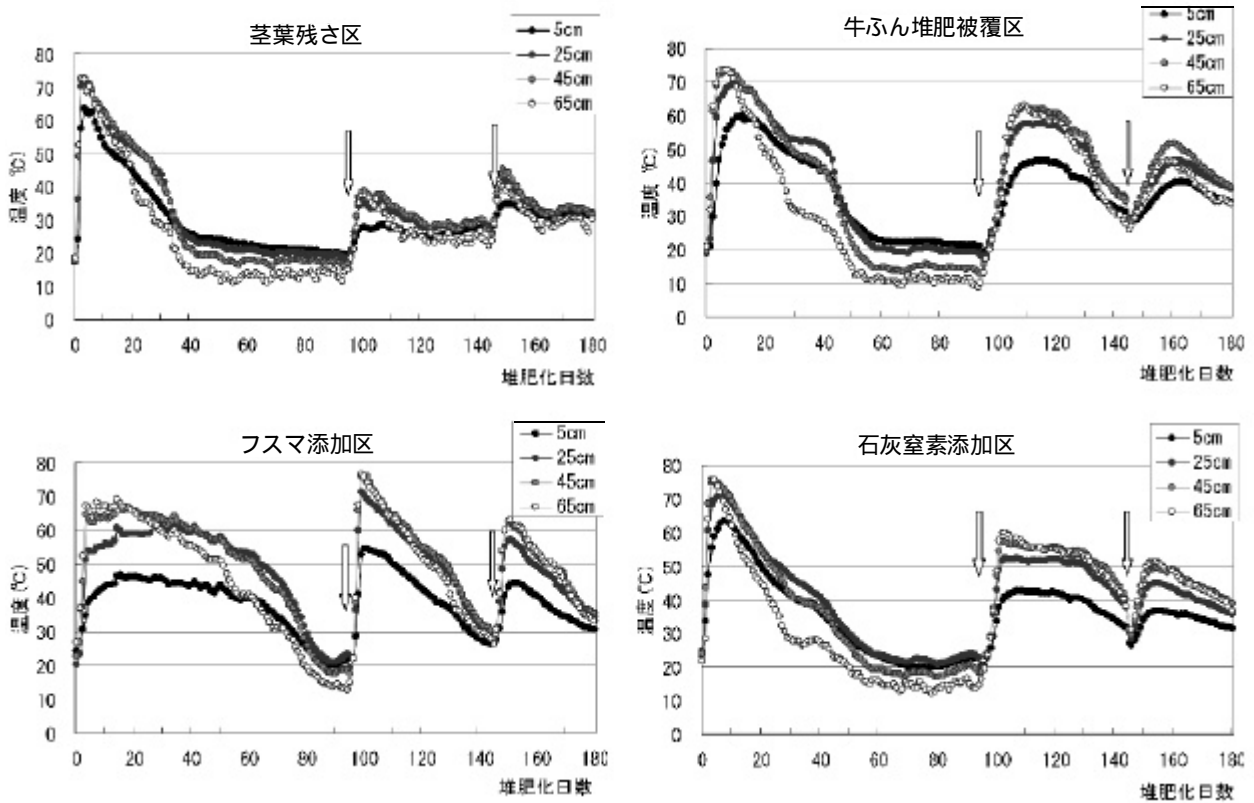


図1 各区の床面からの高さ別の温度の推移

注：矢印は、切り返し実施

は若干分解率が高い傾向がうかがわれた。フスマ添加区では、中心部の分解率が特に低かったが、これはラッカセイ茎葉残さに比べて分解されやすいフスマを多量に添加したことで発酵が盛んに行われた結果、特に中心部では酸素と水分が不足して発酵が停滞して分解が抑制されたためと考えられる。フスマ添加時の茎葉残さ分解率の低下は、前回の試験¹⁾でもみられた現象である。

*Fusarium oxysporum*は、土壤還元消毒法^{5, 6, 7)}やトマト茎葉残さの密閉保存時など嫌気条件下で有機物が発酵する条件で死滅する^{8, 9)}ことが報告されていることから、堆肥化95日目に採取した茎葉残さ中の有機酸濃度を測定したが、酢酸が僅かに検出されたにとどまった(表2)。これは堆肥化が終息しつつある95日目における濃度であり、発酵最盛期の状況は明らかでない。なお、数値は示さなかったが、石灰窒素添加区では炭酸が他の区に比べて高濃度で検出されたが、これは石灰窒素中のカルシウムシアナミドが分解されて生じた炭酸に起因すると考えられた。

また、茎葉残さの水抽出液について測定したpHとEC (ms/cm)は、茎葉残さ区:8.0,81、牛ふん堆肥被覆区:8.4,136、フスマ添加区:8.7,182、石灰窒素添加区:8.8,231であった。

表2 堆積部位別の茎葉残さの水分含量、分解率、酢酸濃度

試験区分	項目	上端・中心・底・中央・底・辺縁【平均】
茎葉残さ区	水分含量 (%)	47.1 - 29.5 - 33.8 - 71.4 【45.5】
	乾物分解率 (%)	65.3 - 70.5 - 72.6 - 69.0 【69.4】
	有機物分解率 (%)	70.7 - 76.3 - 78.6 - 74.8 【75.1】
	酢酸濃度 (ppm)	34 - 15 - 22 - 20 【23】
牛ふん堆肥被覆区	水分含量 (%)	28.0 - 31.3 - 60.5 - 72.2 【48.0】
	乾物分解率 (%)	66.5 - 68.6 - 73.0 - 71.5 【69.9】
	有機物分解率 (%)	72.0 - 74.3 - 79.1 - 77.4 【75.7】
	酢酸濃度 (ppm)	9 - 5 - 3 - 11 【7】
フスマ添加区	水分含量 (%)	21.5 - 19.2 - 73.0 - 40.2 【38.5】
	乾物分解率 (%)	62.5 - 55.5 - 70.0 - 61.8 【62.4】
	有機物分解率 (%)	67.7 - 60.1 - 75.8 - 66.9 【67.6】
	酢酸濃度 (ppm)	9 - 17 - 7 - 42 【19】
石灰窒素添加区	水分含量 (%)	30.2 - 31.7 - 68.2 - 52.3 【45.6】
	乾物分解率 (%)	77.1 - 70.7 - 76.3 - 74.0 【74.5】
	有機物分解率 (%)	83.5 - 76.5 - 82.6 - 80.1 【80.7】
	酢酸濃度 (ppm)	170 - 7 - 3 - 12 【35】

注：数値は、堆積物の山の、上端部・中心部・底・中央部・底・辺縁部の各部位の値

【】内は、4部位の平均値

酢酸濃度は、茎葉残さ現物中の濃度

3. 混合堆肥化物の水分含量と分解率

切り返し時に採取した茎葉残さと牛ふん堆肥の混合物の水分含量と分解率を表3に示した。牛ふん堆肥被覆区ではシートの裂け目から雨水が侵入して水分含量が高くなった。しかし、何れの試験区でも60%から70%の範囲内であり、堆肥化発酵を阻害するような水分含量ではなかった。

茎葉残さ区の乾物分解率は、95日目には70%を超えその後の分解率は大きくは上昇しなかったことから、前述のように堆肥温度が低下した堆肥化40日時点で概ね発酵分解が終了していたことがうかがわれた。牛ふん堆肥で被覆した3つの試験区では、堆肥化における乾物分解率が最大40%程度¹⁰⁾とされる牛ふん堆肥を混合した(堆肥化開始時における乾物ベースの混合割合は、茎葉残さ：牛ふん堆肥=37：63)ため、混合物の乾物分解率は95日目では最大で30%程度、145日目では最大で45%程度と茎葉残さ区に比べて低かったものの、牛ふん堆肥の分解を反映して堆肥化日数が進むにつれて徐々に上昇した。なお、フスマ添加区の95日目の値は、茎葉残さの分解率が高いこと(表2)を考慮するとサンプリング誤差と思われる。

表3 混合堆肥化物の水分含量と分解率(%)

試験区分	水分と分解率(%)	堆肥化	堆肥化	堆肥化
		95日目	145日目	237日目
茎葉残さ区	水分含量	57.1	56.3	59.9
	乾物分解率	72.4	70.4	77.1
	有機物分解率	78.5	76.3	83.5
牛ふん堆肥被覆区	水分含量	66.4	70.0	66.8
	乾物分解率	28.8	36.7	45.4
	有機物分解率	38.1	48.4	59.9
フスマ添加区	水分含量	54.3	56.7	58.4
	乾物分解率	6.1	30.5	43.0
	有機物分解率	8.1	40.3	56.8
石灰窒素添加区	水分含量	58.3	61.2	60.2
	乾物分解率	26.9	33.7	37.0
	有機物分解率	36.1	45.1	49.6

4. トマト萎凋病菌の生存状況

堆積物中に埋め込んだトマト茎を培養した結果を表4に示した。対照として室温保存した罹病茎では、全ての培養切片で菌糸密度が濃密なトマト萎凋病菌とみられるコロニーが形成された。

茎葉残さ区では、堆肥化95日目、145日目とも、培養した全ての切片で菌糸密度が比較的濃密なトマト萎凋病菌と見られるコロニーが形成された。この区では、前述のとおり堆肥温度は一旦70度程度まで上昇したものの降下が早く、切り返し後も40度程度までしか上がらなかった。また、ラッカセイ茎葉残さの物性から堆積物の通気性が良く、嫌気条件が確保できなかったために全く殺菌効果がなかったものと考えられる。

牛ふん堆肥で被覆したその他の試験区のトマト萎凋病菌の生存率は、95日時点では牛ふん堆肥被覆区と石灰窒素添加区では60%程度、フスマ添加区では100%だったが、3区とも切り返し後に堆肥温度が60前後に上昇し、145日時点では15~37%まで低下した。しかし、形成されたコロニーの菌糸密度は比較的濃密であった。

*Fusarium oxysporum*は厚膜胞子を形成するため土壌病原菌のなかでも耐熱性が高いとされているが、好気性糸状菌であるため、太陽熱消毒法や土壌還元消毒法など湛水密閉して嫌気条件に置いた場合には殺菌され

る。試験によって結果がやや異なるが、感作温度が30で「効果なし」または7日で死滅、40で2~8日、45~50で1~2日で死滅する^{5、6、7)}と報告されている。今回の試験で、切り返し後に大きく生存率が低下した原因は、95日目まで堆肥に包み込まれた茎葉残さの水分含量は低かった(表2)が、切り返しによって水分含量の高い牛ふん堆肥と混合されたことで水分含量が60~70%と高くなり(表3)、さらに温度も上昇したため、高水分で嫌気的な殺菌効果が高い条件が整ったためと考えられる。

前回の試験¹⁾では、ラッカセイ茎葉残さ300kgを牛ふん堆肥850kgで被覆して堆肥化したところ、77日目におけるトマト萎凋病菌の生存率は82~90%と高かった。今回の試験では、これに比べて茎葉残さ区を除く全ての試験区で殺菌効果が幾分高くなったが、今回はいったん堆肥温度が20以下に下がり再び温度が上昇した点が異なっていた。

表4 トマト萎凋病菌の生存状況¹⁾

区分	埋設部位	堆肥化95日目	堆肥化145日目
茎葉残さ区	上端部	16/16	17/17
	中心部	16/16	14/14
	底-中央部	16/16	17/17
	底-辺縁部	16/16	18/18
	計	64/64【100%】	66/66【100%】
牛ふん堆肥被覆区	上端部	8/16	4/10
	中心部	12/16	0/10
	底-中央部	8/16	0/10
	底-辺縁部	9/17	9/10
	計	37/65【57%】	13/40【33%】
フスマ添加区	上端部	13/17	0/10
	中心部	判定不能 ^{*3}	1/10
	底-中央部	13/13	1/10
	底-辺縁部	7/13	4/10
	計	33/33【100%】	6/40【15%】
石灰窒素添加区	上端部	15/19	0/12
	中心部	6/19	1/13
	底-中央部	15/18	4/15
	底-辺縁部	判定不能 ^{*3}	9/14
	計	36/56【64%】	20/54【37%】

*1: 表中の数値は、(コロニー形成切片数/培養総切片数)

*2: 【】内の数値は、生存率=(コロニー形成切片数+培養総切片数)×100

*3: 菌糸が全面に広がって判定不能

以上、ラッカセイ茎葉残さを牛ふん堆肥で包み込んで堆肥化することで、ある程度の殺菌効果が認められ、堆肥の切り返しによって再度50~60の堆肥温度を経験することで殺菌作用が高まったが、何れの試験区でも殺菌は不完全であった。さらに、コロニーの菌糸密度も高く、今回の試験設定では、トマト萎凋病菌に対する殺菌効果が低いことが推察された。フスマや石灰窒素の添加も牛ふん堆肥だけで被覆する方法(牛ふん堆肥被覆区)と比べて有効性は認められなかった。

5. 混合堆肥化物の肥料成分

堆肥化145日目の混合堆肥化物の肥料成分を表5に示した。雨水が侵入して堆肥の水分含量に試験区で差が

大きかったため、堆肥重量と成分については水分含量を60%に換算した値で示した。堆肥現物中の成分含量は、茎葉残さ区では、N:1.08、P₂O₅:0.23、K₂O:0.40%とリン酸とカリが低い土壌改良型の堆肥であっ

たが、牛ふん堆肥と混合堆肥化することで、P₂O₅とK₂Oが1~1.5%程度、CaOが2%程度に高まり、肥料成分がバランスよく強化された堆肥となった。

表5 混合堆肥化物の肥料成分(堆肥化145日目の混合堆肥化物)

試験区分	堆肥水分(%)	混合堆肥重量 ^{*1} (kg)	堆肥水分含量60%に換算した成分割合(%) ^{*2}					C/N	pH ^{*3}	EC ^{*3} (S/m)
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO			
茎葉残さ区	56.3	184	1.08	0.23	0.40	0.90	0.32	14.1	7.06	0.334
牛ふん堆肥被覆区	70.0	1120	0.98	1.16	0.96	1.94	0.65	13.1	8.12	0.427
フスマ添加区	56.7	1468	1.12	1.26	1.52	2.14	0.66	11.9	8.10	0.733
石灰窒素添加区	61.2	1258	1.20	0.96	1.37	2.32	0.58	10.7	8.00	0.804

*1: 堆肥重量は、乾物分解率と水分含量から計算し、水分含量60%換算量で示した
 *2: 肥料成分は、水分含量が試験区間で大きな差があったことから、水分含量60%換算の値を示した
 *3: pH、ECは堆肥乾燥物30g相当量に蒸留水を加えて300gとし30分間振とう抽出した液で測定

フスマ添加区と石灰窒素添加区では、ECが0.7~0.8s/mとやや高くなった。フスマはカリウム(乾燥物中1.3%)やリン(同1.1%)の含量が比較的高く¹¹⁾、石灰窒素は製品中にCaOを20%程度含むことが原因と考えられる。

堆肥化処理が終了した混合堆肥化物の全量を茎葉残さを収集した圃場に施用したときの、北総地域における畑作物(未熟トウモロコシマルチ、スイカトンネル、ニンジン夏播、パレイショマルチ)の基肥適正施用量の平均値に対する比率(充足率)を表6に示した。ラッカセイ茎葉残さだけの堆肥では、各肥料成分の充足率が5%以下であったが、牛ふん堆肥と混合堆肥化することで肥料成分に富んだ堆肥となった。

なお、今回の試験ではトマト萎凋病菌以外の病原菌については検討していないが、良好な堆肥発酵がみられて堆肥温度が十分上昇したことから、トマト萎凋病菌のように耐熱性が高い菌以外の病原菌に対する殺菌効果は十分にあったことが推測された。

謝 辞

トマト萎凋病菌の培養方法および培養結果の判定について、千葉県農業総合研究センター生産環境部病理研究室の竹内妙子氏のご指導をいただきましたことに謝意を表します。

表6 混合堆肥化物を施用したときの肥料成分充足率

試験区分	混合堆肥施用量(kg/10a) ^{*1}	肥料成分の充足率 ^{*2} (%)				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
茎葉残さ区	137	0.6	1.2	2.5	3.4	5.3
牛ふん堆肥被覆区	836	4.6	30.6	36.4	45.2	65.3
フスマ添加区	1096	6.9	43.2	75.8	65.2	86.7
石灰窒素添加区	939	6.4	28.2	58.6	60.7	65.3

*1: 堆肥重量は、水分含量60%に換算した量
 *2: 「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム」を用いて、「未熟トウモロコシマルチ」「スイカトンネル」「ニンジン夏播」「パレイショマルチ」の適正基肥量の平均値に対する充足率
 肥効率は、N:10%、P₂O₅:80%、K₂O:90%、CaO:90%、MgO:90%として計算した

以上の結果から、ラッカセイ茎葉残さを牛ふん堆肥で被覆して堆肥化することで良好な堆肥発酵がみられ、嵩の大きな土壌改良効果が期待される堆肥が調製できた。しかし、茎葉残さ中の植物病原菌の指標として埋め込んだトマト萎凋病罹病茎中のトマト萎凋病菌に対する殺菌効果は不十分であり、フスマや石灰窒素を茎葉残さ中に添加しても殺菌効果を高めることができなかった。ラッカセイ茎葉残さは嵩が大きく堆積しても通気性が良いことから、好気性糸状菌であるトマト萎凋病菌を本法のような堆肥化処理で殺菌することは困難と考えられた。

引用文献

- 1) 石崎重信・岡崎好子(2004)、千葉県畜研報第4号:37-42
- 2) 千葉県農林部(2001)、家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム
- 3) 渡邊晴生(1998)、千葉県畜研報22号:33-47
- 4) 石崎重信・岡崎好子(2005)、千葉県畜研報第5号:43-48
- 5) 福井俊男・小玉孝司・中西喜徳(1981)、奈良農試研報第12号:109-119
- 6) 北海道道南農業試験場(1998)、ねぎの根腐れ萎ちよう病菌に対する還元消毒法、平成10年度成績概要書
- 7) 福井県農業試験場(2001)、土壌還元消毒によるホウレンソウ萎凋病の防除、平成13年度普及に移す技術
- 8) 福地信彦・竹内妙子・宇田川雄二(2002)、園芸学会雑誌 第71巻別冊1 園芸学会平成14年度春季大会研究発表およびシンポジウム講演要旨:265
- 9) 西尾道徳・藤原俊一郎・菅家文左衛門(1988)、講座微生物段階の土作り-3、有機物をどう使いこなすか、農山漁村文化協会:120-178
- 10) 中央畜産会(2001)、堆肥化施設設計マニュアル:2-3
- 11) (独法) 農業技術研究機構編、日本標準飼料成分表(2001)、中央畜産会:142