

# モウソウチク由来ミミズ堆肥中の土壌微生物と植物病害発病抑制効果

|       |                 |
|-------|-----------------|
| 誌名    | 土と微生物           |
| ISSN  | 09122184        |
| 著者名   | 尤, 暁東<br>東條, 元昭 |
| 発行元   | 土壌微生物研究会        |
| 巻/号   | 74巻2号           |
| 掲載ページ | p. 50-53        |
| 発行年月  | 2020年10月        |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## シンポジウム

# モウソウチク由来ミミズ堆肥中の土壌微生物と植物病害発病抑制効果

尤 曉東<sup>1</sup>・東條元昭<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>大阪府立大学大学院生命環境科学研究科, 〒599-8531 大阪府堺市中区学園町 1-1

## Development of vermicompost from moso-bamboo, and its plant-disease suppressiveness

Xiaodong You<sup>1</sup> and Motoaki Tojo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka 599-8531, Japan

**Key words:** bacterial diversity, microbial activity, microbial population, plant-disease suppressiveness, vermicompost, waste bamboo

### 1. はじめに

ミミズの旺盛な食作用を利用した堆肥化は食品廃棄物や家畜糞などの固体廃棄物リサイクルの有効な手段として古来より行われてきた。1990年代後半以降には科学的な研究が欧米を中心に盛んになり、最近ではミミズの作用で作製された堆肥が植物病害に抑制効果を示すことが報告されている (Chaoui *et al.*, 2002; Szczech and Smolińska, 2001)。ミミズは自ら移動して堆肥産物(糞)を生産するため、通常の堆肥化に要する繰り返し作業をほとんど行わなくて良い。高齢化によって堆肥作りを断念する農業現場も多い中で生産意欲向上にもつながる可能性がある。

そこで著者らは、土壌微生物と植物病害発病抑制効果の視点からタケ廃材をミミズ食作用で有機農業用培土に変換する技術の開発を発想し、その有用性を検証した。日本のタケの主要種であるモウソウチクは、かつては食用や建材等に利用されていたが、生産者の高齢化によって現在その多くが放置され農地や森林崩壊の原因になっている。モウソウチクの活用は放置竹林の有効利用にもつながる。その他のメリットとしてタケ材の均質性がある。例えば食品廃棄物や家畜糞ではミミズによる堆肥化は季節によって質が変わるため、ミミズ堆肥化した際に発病抑制効果が安定しない可能性が高い。これに対してモウソウチクは、食品廃棄物や家畜糞に比べて季節によらず質が変化しにくいいため、ミミズ堆肥の発病抑制効果も一定になることが期待される。食品廃棄物等に比べて難分解性のため腐植増加による土壌改良効果も考えられる。

しかしタケ材をミミズ堆肥化したという報告は世界的にもこれまでに報告が無く、その植物病害抑制効果については全

く不明であった。モウソウチク由来ミミズ堆肥を植物生産で利用するためには、その作出法を開発して植物病害に対する発病抑制効果を確認するとともに、発病抑制効果の安定性や要因を明らかにする必要がある。農業現場での実用化に当たっては農薬としての登録が理想的である。しかしこれまでに農薬登録にまで至ったミミズ堆肥は知られておらず、また予備的な分析でモウソウチク由来ミミズ堆肥中の肥料成分は肥料登録を取得できるほど高いものではないことがわかった。そのためモウソウチク由来ミミズ堆肥を土壌改良剤として実用化することを目指して研究を行った。

本研究の目的はモウソウチクからミミズ堆肥を作出して土壌改良剤として実用化するとともに、植物病害への抑制効果とそのメカニズムを評価することであった。そのために次の6つの項目を実施した。すなわち、1) 堆肥作出方法の確立、2) 植物病原糸状菌に対する抑制効果の評価、3) 植物病原糸状菌に対する抑制効果の要因の解明、4) 植物寄生性線虫に対する抑制効果の評価、5) 生物防除微生物添加による病害抑制効果向上の検討、および6) モウソウチク由来ミミズ堆肥で育成した植物の成長変化に及ぼす有機肥料添加の影響の評価。これらの研究の過程で、とくに植物病原糸状菌に対する抑制効果の要因として土壌微生物が大きく関わっている可能性が示された。ここでは上記1～6)の調査や実験の結果と考察について紹介する。

### 2. 堆肥作出方法の確立

モウソウチク由来ミミズ堆肥の作出と植物病原糸状菌に対する抑制効果の評価を行った。まずモウソウチクを粉末にしたが、本粉末にはミミズに対する致死物質が含まれていることがわかった(尤ら, 未発表)。一方、モウソウチク(*Phyllostachys edulis*)の粉末を水に晒すことでモウソウチク粉末の中でもミミズが生存できることがわかった(You *et al.*, 2019a)。続いて、一晩水に晒したモウソウチク粉末 10 kg に、

シマミミズ (*Eisenia fetida*) 100 g を投入することで8週間の短期間でモウソウチク由来ミミズ堆肥を作出する方法を確立した (You et al., 2019a)。その際に窒素源としてクズ (*Pueraria lobata*) の乾燥葉片 100 g を加えると、よりシマミミズが活性化することもわかった。シマミミズを使用しない場合、モウソウチク粉末の堆肥化には16週間以上の期間を必要とした。モウソウチク由来ミミズ堆肥についてキュウリに苗立枯れを起こす *Pythium aphanidermatum* に対する抑制効果を市販育苗土と比較して調べたところ、このモウソウチク由来ミミズ堆肥は同病害に対して抑制効果を示し (図1, You et al., 2019b)、また添加濃度が高くなるほど本病の発生率が低くなることわかった (You et al., 2019a)。また *Rhizoctonia solani* AG-1 IB に対する影響を調べたところ、このモウソウチク由来ミミズ堆肥の無菌ろ過液の添加によって培地上での菌糸生育が抑制されることがわかった。なおこれらの成果は新規技術であるため「タケコンポスト及び植物の病害防除剤」として特許登録した (Patent No. 6712044)。

### 3. 植物病原糸状菌に対する抑制効果の要因解明

モウソウチク由来ミミズ堆肥を高圧滅菌処理すると発病抑制力が完全に失われたことから、この堆肥中の微生物やその代謝産物が発病抑制に関わっていることが示唆された (図1)。そこで堆肥中の微生物量や種類を培養法や次世代シーケンサーで調べたところ、市販育苗土よりも多くの種類と密度の微生物を含むことがわかった (図2, You et al., 2019a)。そこでモウソウチク由来ミミズ堆肥由来の4種の細菌について、植物病原糸状菌に対する抗菌活性と発病抑制力を調べた。その結果、いずれの細菌種も顕著な抗菌活性と発病抑制力を示した。またこれらの内、*Bacillus* 属菌の3種はミミズの腸内を通ることで約100倍に密度を増加させていることがわかった。さらにこの堆肥に含まれる抗糸状菌物質を単離した結果、それらを *ergosterol peroxide* およびそのアナログと同定した。これらの物質はモウソウチク由来ミミズ堆肥の原料からは検出されなかったことから、この堆肥が作られる過程で産生されたと考えられた (You et al., 2019b)。

### 4. 植物寄生性線虫に対する抑制効果の評価

植物寄生性線虫に対する抑制効果を温室と圃場でササゲを用いて評価した。野菜残渣由来ミミズ堆肥を比較対照とした。その結果、モウソウチク由来と野菜残渣由来の両方のミミズ堆肥で、殺線虫効果や卵の孵化抑制および線虫の根への侵入の抑制が見られた一方で、モウソウチク由来ミミズ堆肥の方が野菜残渣由来ミミズ堆肥よりも試験の時期に関わらず安定した抑制効果を示した (You et al., 2018)。このようにモウソウチク由来ミミズ堆肥で安定した植物病害抑制効果が見られた原因として、モウソウチクは食品廃棄物に比べて季節によらずミミズ堆肥の材料として質が安定していることが考えられた (You et al., 2018)。

### 5. 生物防除微生物添加による病害抑制効果向上の検討

生物防除微生物 *Pythium oligandrum* の添加によるモウソウチク由来ミミズ堆肥の発病抑制効果の向上について検討した。モウソウチク由来ミミズ堆肥が様々な植物病原体に抑制効果を示すことが本研究で明らかになったが、その効果は市販農薬に比較して低かった。そこで生物防除微生物として既に知られている *P. oligandrum* を添加することで発病抑制効果が向上するかどうかを調べた。まずダイズ苗立枯病菌の *Pythium aphanidermatum* や *P. myriotyllum* に抑制効果を示す *P. oligandrum* を大阪府内のエダマメダイズ圃場から分離した (You et al., 2019c)。次にモウソウチク由来ミミズ堆肥を施用した市販育苗土にキュウリやダイズの苗立枯病菌を接種し、*P. oligandrum* の培養物を処理した。そしてその後のキュウリやダイズの病害進展の程度を測定した。比較として市販農薬処理区を設けた。その結果、モウソウチク由来ミミズ堆肥に *P. oligandrum* を処理すると市販農薬を処理した場合と同等のレベルにまで発病抑制効果が向上することが示された (尤

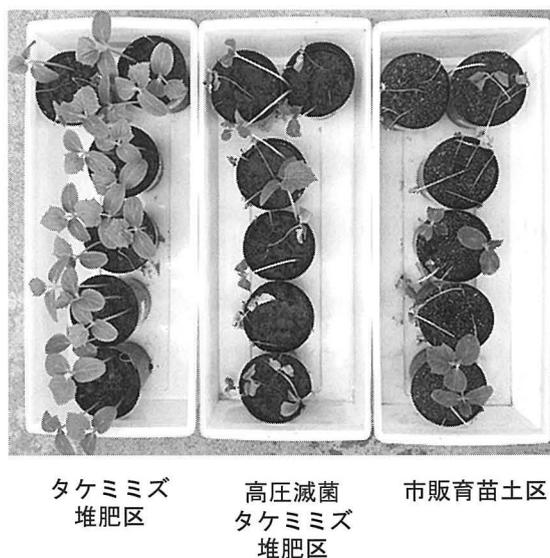
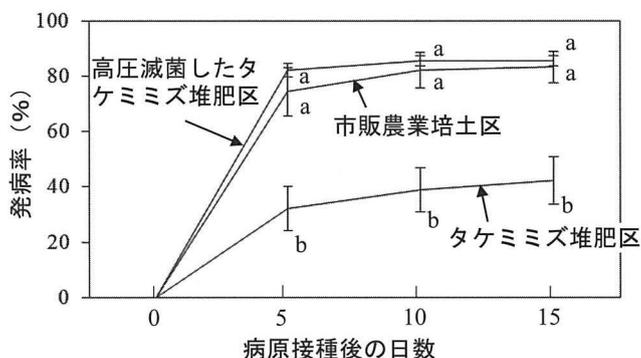


図1 タケミミズ堆肥によるキュウリ苗立枯病菌 (*Pythium aphanidermatum*) の抑制。You et al., 2019a (JIRCAS) (<https://doi.org/10.6090/jarq.53.13>) を加工して作成。

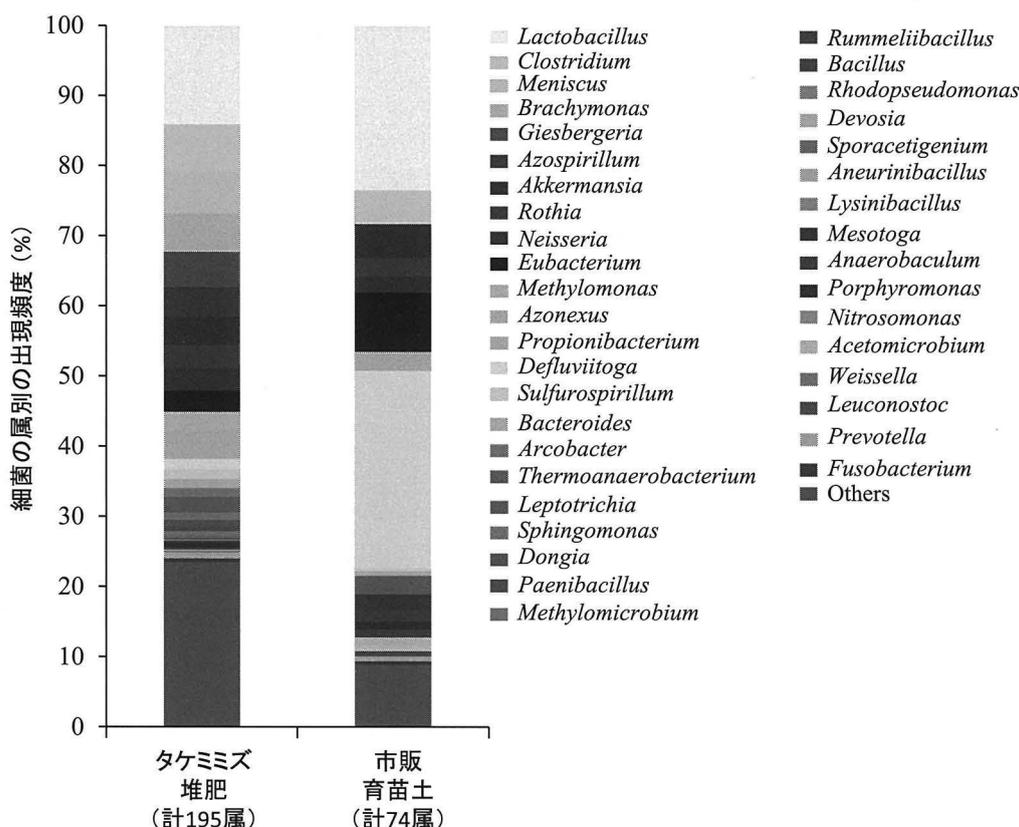


図2 タケミミズ堆肥と市販育苗土に生息する細菌の種類。You et al., 2019a (JIRCAS) (<https://doi.org/10.6090/jarq.53.13>) を加工して作成。

ら、未発表)。この結果から、モウソウチク由来ミミズ堆肥は様々な植物病原体を抑制する一方で、*P. oligandrum* を同時施用すると市販農薬と同等の植物病害抑制効果を示すことが示唆された。

## 6. モウソウチク由来堆肥で育成した植物の成長変化に及ぼす有機肥料添加の影響

キュウリとエダマメおよびその病原体（苗立枯病菌等）を材料とした (You et al., 2019d; 2020)。これらの植物と病原体を用い、モウソウチク由来ミミズ堆肥に有機肥料を添加した場合の発病抑制効果や植物の成長の変化を接種実験で評価した。有機肥料として油粕、鶏糞、およびカツオ廃棄物エキスをを用い、これらをミミズとともにモウソウチク粉末に添加して2か月後の発病抑制効果を調べた。その結果、1) 3つの有機肥料の内とくに油粕を添加した場合に発病抑制効果が維持されること、2) 有機肥料を添加すると添加しなかった場合よりも植物の成長が促進されること、3) 有機肥料の添加によりモウソウチク由来ミミズ堆肥中のシマミミズの生育も促進されて個体数も増えること、さらに4) 油粕を添加したモウソウチク由来ミミズ堆肥でダイズ（エダマメ）を育てると植物の成長促進効果や可食部の食味成分が向上することがわかった（尤ら、投稿準備中）。一方、一般的に窒素を与えすぎると土壌が本来持っている発病抑制性が失われることが知られている。本研究でも油粕を混和した直後のモウソウチ

ク由来ミミズ堆肥を培土としてダイズを育てると苗立枯病の抑制効果が表れない場合があることが明らかになった。この結果から、ミミズの投入と有機肥料の添加を同時に行い2か月間置くことで、生育に必要な肥料成分を含み発病抑制効果を持つモウソウチク由来ミミズ堆肥を作出することができると考えられた（尤ら、投稿準備中）。

## 7. おわりに

本研究ではまずモウソウチク由来ミミズ堆肥の作出法を確立した。次に植物病原糸状菌や植物寄生性線虫に対する抑制効果を温室および圃場レベルで確認した。これらの抑制効果にはいくつかの拮抗細菌や抗菌物質が関与している可能性も明らかにした。とくに植物病原糸状菌に対する抑制効果の要因として土壌微生物の種類や密度が大きく関わっている可能性が示された。そしてこの堆肥を生物防除微生物の1つである *P. oligandrum* と同時施用することでこの生物防除活性を高め、市販農薬と同等のレベルにまで発病抑制効果を向上させる結果を得た。さらに油粕とミミズを同時にモウソウチク粉末に添加して2か月間ミミズ堆肥化を行うことによって、苗立枯病を抑制する効果を維持し、植物の成長促進効果や可食部の食味成分を向上させる育苗土となることが明らかになった。

以上のように、作物生産現場で実践的に活用されるモウソウチク由来ミミズ堆肥について、土壌改良剤として実用化する

るための基礎的な知見を得ることができた。これらの成果を踏まえて現在、1) モウソウチク由来ミミズ堆肥の植物病害抑制力についての圃場試験でのさらなる評価、および2) 大型粉碎機による大規模で実用的なモウソウチク由来ミミズ堆肥作りを行っている。今後これらの実践的な取り組みを続けることにより、有機栽培や減農薬栽培などで利用するモウソウチク由来ミミズ堆肥を土壌改良剤として実用化したいと考えている。

## 要 旨

モウソウチク由来ミミズ堆肥を作出し土壌改良剤として実用化するとともに、植物病害への抑制効果とそのメカニズムを明らかにするために、次の6つの項目について検討した。1) 堆肥作出方法の確立、2) 植物病原糸状菌に対する抑制効果の評価、3) 植物病原糸状菌に対する抑制効果の要因の解明、4) 植物寄生性線虫に対する抑制効果の評価、5) 生物防除微生物添加による病害抑制効果向上の検討、および6) モウソウチク由来ミミズ堆肥で育成した植物の成長変化に及ぼす有機肥料添加の影響の評価である。ミミズ種としてシマミミズを用いた。その結果、モウソウチク由来ミミズ堆肥の作出法を確立することに成功し、植物病原糸状菌や植物寄生性線虫に対する抑制効果を温室および圃場レベルで確認した。そしてこれらの抑制効果にいくつかの拮抗細菌や抗菌物質が関与している可能性を明らかにした。またモウソウチク由来ミミズ堆肥を生物防除微生物の1つである *P. oligandrum* と同時施用することでこの生物防除活性が高まり、市販農薬と同等のレベルにまで発病抑制効果を向上させる予備結果を得た。さらに油粕とミミズを同時にモウソウチク粉末に添加して2か月間ミミズ堆肥化を行うことによって、苗立枯病等を抑制する効果が維持され、植物の成長促進効果や可食部の食味成分を向上させる育苗土になることを示唆する結果を得た。

## 謝 辞

本研究の一部はJAバンク大阪信連産学連携研究支援事業およびゲオール化学株式会社の支援を受けて実施した。大阪府河内長野市 烏帽子里山保全クラブならびに同市役所環境政策課にはモウソウチク粉末の提供を受けた。北海道立総合研究機構の三澤知央博士には *Rhizoctonia solani* AG-1 IB 株の提供を受けた。以上の関係各位に深くお礼申し上げる。

## 引用文献

- 1) Chaoui H, Edwards CA, Brickner A, Lee SS, Arancon NQ (2002) Suppression of the plant diseases, *Pythium* (damping-off), *Rhizoctonia* (root rot) and *Verticillium* (wilt) by vermicomposts. *Brighton Crop Prot. Conf.-Pests Dis., Proc.*, **8**, 711-716
- 2) Szczech M, Smolińska U (2001) Comparison of suppressiveness of vermicomposts produced from animal manures and sewage sludge against *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan var. *nicotianae*. *J. Phytopathol.*, **149**, 77-82
- 3) You XD, Tojo M, Ching S, Wang K-H (2018) Effects of vermicompost water extract prepared from bamboo and kudzu against *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis*. *J. Nematol.*, **50**, 569-578
- 4) You XD, Kimura N, Okura T, Murakami S, Okano R, Shimogami Y, Matsumura A, Tokumoto H, Ogata Y, Tojo M (2019a) Suppressive effects of vermicomposted-bamboo powder on cucumber damping-off. *JARQ*, **53**, 13-19
- 5) You XD, Wakana D, Ishikawa K, Hosoe T, Tojo M (2019b) Antifungal activity of compounds isolated from bamboo vermicompost against *Rhizoctonia solani* AG1-IB. *Adv. Microbiol.*, **9**, 957-970
- 6) You XD, Barraud J, Tojo M (2019c) Suppressive effects of *Pythium oligandrum* on soybean damping off caused by *P. aphanidermatum* and *P. myriotylum*. *Ann. Rep. Kansai Plant Protect. Soc.*, **61**, 9-13
- 7) You XD, Zhao H, Tojo M (2019d) First report of *Pythium irregulare* causing damping-off on soybean in Japan. *Plant Dis.*, **103**, 2696
- 8) You XD, Tojo M (2020) Temperature dependency of *Pythium* and *Globisporangium* spp. in causing soybean damping-off in Japan. *Ann. Rep. Kansai Plant Protect. Soc.*, **62**, 5-8