

B-6 堆肥の窒素肥効性の改善に対する アンモニア菌接種の効果

○立石 貴浩*・前田 武己・菅 一輝・中居 藍・颯田 尚哉

岩手大学農学部（〒020-8550 岩手県盛岡市上田3-18-8）

* E-mail: ttateisi@iwate-u.ac.jp

1. はじめに

堆肥は、家畜ふん尿由来の有機性廃棄物を穀類などの農作物残渣と混合し、微生物の作用により安定化させ、肥料効果を有する土壌改良資材として改変したものであり、近年バイオマス資源として注目されている。堆肥の肥効性成分の一つである窒素化合物は、堆肥製造過程でアンモニアとして大気に揮散し失われる。その損失量は製造初期の全窒素量の約20%に相当する¹⁾。そのため、堆肥製造過程での窒素損失を抑制し、窒素肥効性を向上させるような堆肥製造技術の開発が求められている。

ところで、高等菌類の中でアンモニア菌と呼ばれる好アンモニア性の真菌群が土壌中に生息している。立石らは、アンモニア菌である *Coprinopsis* sp. の窒素利用特性を評価した上で、本菌が窒素負荷軽減のための微生物資材として利用可能であることを明らかにした²⁾。この特性は、堆肥製造過程でのアンモニア揮散防止に応用できる可能性がある。そこで本研究では、3種のアンモニア菌の窒素利用特性を評価した上で、アンモニア吸収能の高い菌株を用いて調製した微生物資材を堆肥製造試験に導入し、製造された堆肥の窒素肥効性について検証した。

2. 実験方法

(1) 供試菌株

供試菌株として、製品評価技術基盤機構生物遺伝資源部門保有の子囊菌類 *Amblyosporium botrytis* NBRC 32005、担子菌類 *Coprinopsis cinerea* NBRC 31333, *Coprinopsis phlyctidosporea* NBRC 30478を使用した。これら菌株はアンモニア菌に該当する。

(2) アンモニア菌の栄養菌糸の培養

ポテトデキストロース(PD)液体培地を基礎培地として、

これに硫酸アンモニウム溶液を加え、窒素の最終濃度が0～8 mg N/mlになるよう調製した。これにアンモニア菌3種を接種し、暗所25℃で培養した。培養開始後2週間目または6週間目で、生育した栄養菌糸および培養ろ液を回収し、栄養菌糸の乾燥重量および培養ろ液中のアンモニア態窒素含量を測定した。

(3) 堆肥製造のための供試材料

搾乳牛排せつ物は、岩手県滝沢村内の農家のハウス乾燥施設より採取した。排せつ物から粗飼料残渣を除き、さらに風乾により含水率を70%w. b. に調整した。これを20℃の室温に一晩放置したものを、堆肥材料とした。

アンモニア菌の接種資材として、バーミキュライトとパーライトを1:2の割合で混合したものを100ml容ビーカーに約60ml充填し、最大容水量の50～60%になるようPD液体培地を添加したものを準備した。これに、*A. botrytis* の栄養菌糸を接種し、暗所25℃で約2週間培養したものを接種資材とした。この性状を、表-1に示した。

(4) 堆肥化一次処理および二次処理

堆肥化一次処理として、18Lの反応槽を備え付けた装置を用いて、前述の搾乳牛排せつ物の堆肥化を2週間行った(図-1)。材料温度は、自己発熱により65℃以上まで上昇させ、その後は65℃を維持させた。一次処理期間中に、均一化のため材料を4回攪拌した。通気量は、一次処理初期では0.5 Lmin⁻¹kg⁻¹_{DM}とし、その後徐々に減少させ、7日目以降0.15 Lmin⁻¹kg⁻¹_{DM}とした。

後熟である堆肥化二次処理では、一次処理後の材料を目開き7 mmのふるいを通して良く攪拌し、均一化したものを材料とした。この材料を約4L分取し、堆肥の湿潤質

表-1 アンモニア菌接種資材の性状

pH	MC %w. b.	TKN gN・kg ⁻¹	TAN gN・kg ⁻¹	TNN gN・kg ⁻¹
7.0	72.2	0.17	0.02	0.03

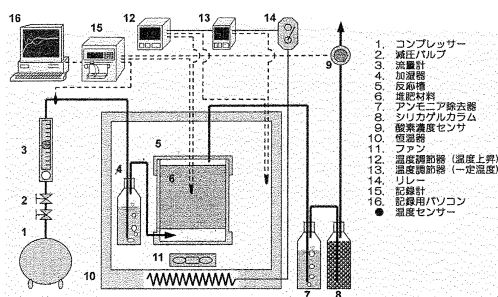


図-1 堆肥化装置概略.

量の5%に相当するアンモニア菌接種資材を添加し、これを接種区とした。これを十分攪拌し、容積4Lの反応槽に充填した。同時に、接種資材を添加しない非接種区も準備した。なお、反応槽中の材料の湿潤重量は約1800gであった。反応槽は、25℃に管理された恒温器に設置し、28日間の培養を行った。培養期間中、50 mL・min⁻¹の流量で反応槽中の堆肥に通气した。培養開始から14日目に、堆肥の攪拌を行った。培養開始後28日目に堆肥を回収し、pH、含水率(MC)、有機物含有率(VM)、ケルダール窒素(TKN)、アンモニア態窒素(TAN)、硝酸態窒素(TNN)、を常法により分析した。有機態窒素(TON)は、TKNからTANを差し引くことにより求めた。堆肥中の菌類菌糸長は、直接検鏡法により測定し、菌糸長より菌類バイオマス窒素(FBN)を算出した³⁾。

(5) コマツナの栽培

植物の成長に対する堆肥の肥効性を検証するため、コマツナを用いたポット栽培試験を実施した。供試植物として、コマツナ (*Brassica campestris* L.) を使用した。培土として、パーミキュライトと赤玉土を容積比で1:1の割合で混合したものを使用した。開口部内径9 cmのポットに培土を充填し、1ポットあたり100 mgの窒素を含む前述で調製した堆肥を培土に混合した。同様に化成肥料を添加した区も作成した。ポット内の培土表層に、予め発芽させておいたコマツナ実生を移植し、35日間ハウス内で栽培した。栽培終了時に、草丈、地上部SPAD値を測定し、地上部を回収した。地上部は乾燥後、乾燥重量およびC/N比の測定に使用した。

3. 結果および考察

(1) 供試菌の栄養菌糸の成長に対するアンモニア態窒素濃度の影響

PD基礎培地に異なる濃度のアンモニア態窒素を添加し、培地中のアンモニア態窒素濃度が3種のアンモニア菌の栄養菌糸の成長に及ぼす影響について分析した。

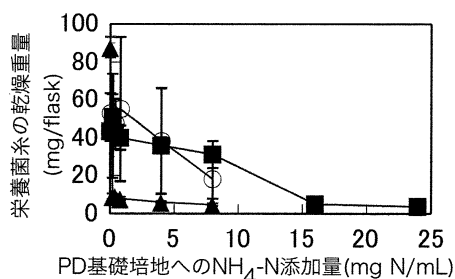


図-2 PD基礎培地へのアンモニア態窒素の添加量が各アンモニア菌の栄養菌糸の成長に及ぼす影響。○, *C. cinerea*; ■, *A. botrytis*; ▲, *C. phlyctidosporea* 縦のバーは標準偏差を示す。

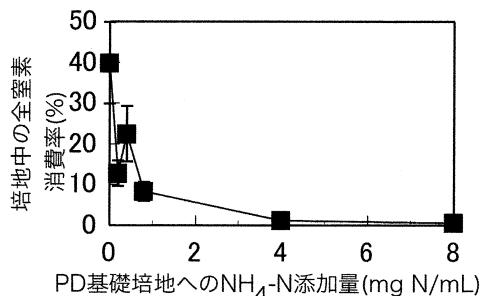


図-3 各アンモニア態窒素添加区における培地中の全窒素消費率。

*C. cinerea*および*C. phlyctidosporea*の栄養菌糸は、培地中のアンモニア態窒素が増加するにつれて、減少したが、*A. botrytis*では10 mg N/mLの濃度まで大きな減少は認められなかった(図-2)。そこで、8 mg N/mLまでの濃度範囲で、*A. botrytis*による培地中の全窒素消費率を求めたところ、0.8 mg N/mLの濃度までは、8%以上の窒素消費率を維持していた(図-3)。そこで、搾乳牛排せつ物を利用した堆肥製造には、*A. botrytis*の栄養菌糸が増殖した接種資材を導入することにした。

(2) 堆肥化一次処理および二次処理における材料性状の変化

堆肥化一次処理の14日間に、有機物は28.4%が分解され、窒素の20.6%が揮散損失した。堆肥化二次処理の28日間の材料性状の変化を表-2に示した。湿潤質量(r_{wet})は、接種区、非接種区ともに0.93であった。VMは、接種区、非接種区ともに減少した。TKNは、接種区でわずかに増加していたが、これは処理過程でのアンモニア揮散よりも、材料質量の減少による濃縮の影響と考えられる。

堆肥化過程における窒素量を比較する際に、水分蒸発と有機物分解による材料質量の減少を考慮する必要がある。そのため、表-2のデータをもとに、窒素量を堆肥化材料の二次処理開始時の湿潤質量1 kgあたりに換算し、図-4に表示した。二次処理開始時のTKNから28日後のそれを差し引いた値は、二次処理期間中の材料からの窒素損失に相当する。この値は接種区で0.32 gN/kgであるの

表-2 二次処理における材料性状の変化

処理区	日数 d	r_{wet}	r_{DM}	pH	MC (%W. b.)	VM (% $_{DM}$)	TKN ($gN \cdot kg^{-1}$)	TKN (% $_{DM}$)	TON (% $_{DM}$)	TAN ($gN \cdot kg^{-1}$)	TNN ($gN \cdot kg^{-1}$)
接種区	0	1.000	1.000	8.4	62.2	74.8	8.85	2.34	2.26	0.29	0.02
	28	0.929	0.901	8.5	65.2	73.0	9.18	2.64	2.61	0.09	0.04
非接種区	0	1.000	1.000	8.5	61.4	77.0	9.45	2.45	2.38	0.28	0.02
	28	0.928	0.917	8.5	63.9	75.1	9.42	2.61	2.57	0.13	0.03

r_{wet} は湿潤質量の残存率, r_{DM} は乾燥質量の残存率をそれぞれ示す。

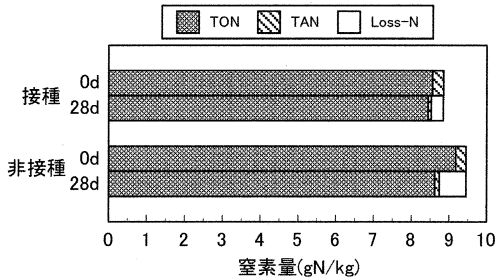


図-4 二次処理における窒素組成の変化

に対し、非接種区では0.71 g/kgと約2倍の量を示した。二次処理開始時のTKNに対する窒素損失の割合は、接種区、非接種区それぞれ3.7%、7.5%であり、接種区の方が窒素損失の割合は小さかった。

そこで、二次処理終了時の堆肥中の菌糸長を求め、さらに菌糸の窒素含有量より、FBNを算出した(表-3)。接種区のFBNは、非接種区のそれに比べて約2倍大きく、FBN/TON比も同様の傾向を示した。このことは、接種区の堆肥において接種した*A. botrytis*栄養菌糸が材料中に含まれる窒素を吸収、不動化することで、二次処理による窒素損失が抑制されたものと考えられる。

(3) コマツナ栽培

アンモニア菌資材を接種し調製した堆肥の肥効性を、コマツナを用いたポット栽培試験により評価した。草丈およびポットあたりの地上部乾燥重量は、接種区、非接種区および化成肥料区の間で大きな違いは認められなかった(図-5)。一方、地上部のC/N比は、化成肥料区で高く、接種の有無にかかわらず堆肥区では高くなっていた。さらに葉緑素量を示すSPAD値は、堆肥区よりも化成肥料区で若干高かった。このことは化成肥料の窒素成分はコマツナに効率よく吸収され、その結果として地上部の窒素含有量に差が生じたものと考えられる。

表-3 二次処理終了時の菌類バイオマス窒素含有量

処理区	菌糸長 $km \cdot kg^{-1}$	菌類バイオマス窒素 (FBN) $mgN \cdot kg^{-1}$	FBN/TON %
接種区	2142	125	1.38
非接種区	1658	72	0.78

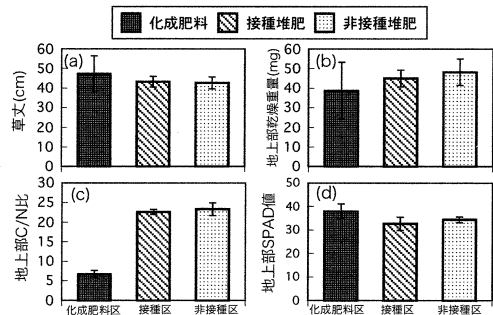


図-5 各種肥料がコマツナの成長に及ぼす影響。(a)草丈、(b)地上部乾燥重量、(c)地上部C/N比、(d)地上部SPAD値。縦のバーは標準偏差を示す。

4. まとめ

アンモニア態窒素の吸収効率が高いアンモニア菌、*A. botrytis*栄養菌糸を増殖させた接種資材を調製し、これを搾乳牛排せつ物を原料とした堆肥化二次処理に接種したところ、処理中の窒素損失は非接種区に比べて約1/2に抑えられた。接種区の堆肥中のTONおよびFBNは、非接種区に比べて増加していたことから、非接種区で無機化され揮発損失していた窒素が、接種区では*A. botrytis*栄養菌糸に不動化されたものと思われる。接種区、非接種区の堆肥、および化成肥料を施用したコマツナ栽培試験では、成長量に関しては大きな違いは認められず、少なくとも接種区の堆肥はコマツナ成長に対して抑制的な障害を与えることはないことが判明した。今後、接種資材の効能の向上や、接種資材が導入された堆肥の土壌への施用後の窒素動態について、検討を加える必要がある。

参考文献

- 1) 前田武己ほか：異なる副資材を用いた乳牛ふん堆肥化早期のアンモニア揮散，農機誌，Vol. 71, pp. 81-87, 2009.
- 2) 立石貴浩ほか：担子菌*Coprinopsis* sp. のアンモニア利用特性の評価と窒素負荷軽減のための微生物資材への応用の可能性，環境工学研究論文集，Vol. 47, pp. 289-296.
- 3) Tateishi, T: Estimation of fungal to bacterial biomass ratio in a burned pine forest by substrate inhibition method and microscopic method. *Soil Microorganisms*, Vol. 54, pp. 1-11, 2000.