

家畜ふん堆肥の腐熟度判定における根長測定試験法と発芽インデックス法の精度比較

池田加江*・小山 太 (福岡県農業総合試験場畜産環境部)

家畜ふん堆肥における腐熟度判定法である発芽インデックス法の判定精度について、根長測定試験法と比較した。

堆肥の腐熟度に影響を及ぼすとされる酸素消費量、アンモニア態窒素含量、水素イオン濃度 (以下 pH)、電気伝導度 (以下 EC)、硝酸態窒素含量と発芽インデックス法により求めた発芽インデックスとは有意な相関 ($P < 0.01$) が認められたが、根長測定試験法により求めた根長指数は EC とのみ有意な相関 ($P < 0.01$) が認められた。酸素消費量あるいはアンモニア態窒素含量を指標として、腐熟が進んでいると判定した堆肥の 80% を根長測定試験法および発芽インデックス法で腐熟が進んでいると判定した。酸素消費量で未熟と判定した堆肥の約 40% を根長測定試験法で、約 90% を発芽インデックス法で未熟と判定した。アンモニア態窒素含量で未熟と判定した堆肥の 40% を根長測定試験法で、60% を発芽インデックス法で未熟な堆肥と判定した。

これらのことから、発芽インデックス法は、堆肥の腐熟度に関する生物学的・化学的判定法と有意な相関があり、酸素消費量やアンモニア態窒素含量を指標としたときの判定精度が根長測定試験法に比べ高く、特に未熟な堆肥の判定に優れている。

[キーワード: 発芽インデックス法, 根長測定試験法, 家畜ふん堆肥, 腐熟度判定法, 茎長, 根長]

Comparison of Accuracy Between Root Length Measurement Method and Germination Index Method for Determination of Compost Maturity. IKEDA Kae and Futoshi KOYAMA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-0004, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 26:75-78 (2007)

The accuracy of germination index method which evaluate maturity of compost made from livestock feces was compared with that of root length measurement method.

The germination index was significantly correlated ($P < 0.01$) with oxygen consumption, ammonium nitrogen content, pH, EC which are considered to affect compost maturity. On the other hand, the index of root length showed a significant correlation only with EC ($P < 0.01$). 80% of compost determined matured as per oxygen consumption or ammonium nitrogen content was determined matured by means of root length measurement method and germination index method. 40% of compost determined immatured from oxygen consumption was determined immatured through root length measurement, and about 90% was determined immatured through germination index method. 40% of compost determined immatured from ammonium nitrogen content was determined immatured using root length measurement method; as to 60%, immatured using germination index method.

Thus, germination index method has a significant correlation with biological/chemical method as regards compost maturity, and has higher accuracy than root length measurement method when oxygen consumption and ammonium nitrogen content are used as indicators. It is excellent in terms of evaluating the level of immature compost in particular.

[Keywords: germination index method, root length measurement method, livestock Feces, compost, maturity, stem length, root length]

緒 言

家畜ふん堆肥は地力の維持・増強に有効であるが⁹⁾、未熟堆肥施用による作物への生育阻害の懸念により、多くの耕種農家で利用されているとはいえない。また、畜産農家においても、堆肥化の処理方法や期間などにより堆肥の成分が変わるので、熟度の判断が難しい。作物に対し安全で腐熟の進んだ堆肥の生産が行われるためには、簡便で精度の高い腐熟度判定法が必要である。

腐熟度判定法は様々な方法が報告されているが^{2) 5) 9)}、生物学的・化学的判定法では酸素消費量やアンモニア態窒素含量を指標としたものが一般的に用いられており、酸素消費量は $3\mu\text{g/g/分}$ 以下のものを⁵⁾、アンモニア態窒

素含量は 0.1DM%未満のものを作物に対し安全で腐熟が進んでいる堆肥と判定している¹⁰⁾。これらの指標は、堆肥化期間が様々な堆肥の易分解性成分の分解程度を測定することができるが^{3) 5) 14)}、手技が煩雑で高価な機器等が必要である。一方、植物を用いた判定法は、堆肥中の植物に対する生育阻害物質の有無が直接確認でき^{7) 11)}、手技が簡便なものが多い。

植物を用いた腐熟度判定法として、コマツナ種子の発芽率で腐熟度を判定する発芽試験が広く用いられているが、判定精度が低い。このため、発芽試験よりも判定精度が高い方法として、コマツナの根長を測定して堆肥の腐熟度を判定する根長測定試験法が一般的に用いられている¹¹⁾。

最近、下水汚泥堆肥や食品汚泥堆肥を対象としてコマツナの発芽試験に茎長を加味した発芽インデックス法が

* 連絡責任者 (畜産環境部)

考案され¹²⁾、著者らは家畜ふん堆肥を対象とした発芽インデックス法の改良法について報告した¹⁰⁾。この改良法は、酸素消費量やアンモニア態窒素含量と相関があり、発芽試験よりも判定精度が高い。

そこで、同じ植物を用いた腐熟度判定法として、根長測定試験法と発芽インデックス法の判定精度の比較を行った。

材料および方法

1 供試材料

県内で平成16～17年に生産された堆肥80点(牛ふん堆肥58点, 豚ふん堆肥16点, 鶏ふん堆肥6点)を供試した。

2 植物を用いた腐熟度判定法

植物を用いた腐熟度判定法として、根長測定試験法、発芽インデックス法を用いた。

根長測定試験法で用いる堆肥抽出液は、現物堆肥10gに蒸留水を100mL加えて振とう機で30分間振とう後、ろ紙(No.3)を2枚重ねてろ過したものとした。シードバック(富士平工業社製)の折り目にコマツナの種子10粒を並べ、堆肥抽出液を20mL加えて30℃、3日間恒温器内で静置した。3日後の根長を測定し、蒸留水で同様に栽培した根長との比率割合を根長指数(%)とし、100%以上を作物に対して安全で腐熟が進んでいる堆肥と判定した¹¹⁾。

発芽インデックスに用いる抽出液は、乾物5g相当量の現物堆肥に沸騰蒸留水を加えて100mL容量とし、振とう機で30分間振とう後、30分間静置して得られる上澄液とした。発芽インデックス測定キット(ジェイパック社製)に抽出液を40mL入れ、コマツナの種を30粒播種し25℃の恒温器内で静置した。発芽インデックスは、播種5日後の茎長を測定し以下の式により求め、150以上を作物に安全で腐熟が進んでいる堆肥と判定した¹⁰⁾。

$$\text{発芽インデックス} = (G/Gc) \times (L/Lc) \times 100$$

G: 堆肥抽出液での発芽数 Gc: 蒸留水での発芽数

L: 堆肥抽出液での茎長 Lc: 蒸留水での茎長

3 生物学的・化学的腐熟度判定法

生物学的・化学的腐熟度判定法として、酸素消費量、アンモニア態窒素含量、硝酸態窒素含量、pH、ECを用いた。

酸素消費量はコンポテスター(富士平工業社製)を用

いて採材後速やかに測定した。供試堆肥の水分が50%以下のものは、50%以上になるようにイオン交換水を加え、一晚室内静置した後測定した。pHおよびECは現物10gにイオン交換水50mLを加えて30分間浸とうしpHメーター、ECメーターで測定した。窒素含量はケルダール法によって測定した。アンモニア態窒素含量、硝酸態窒素含量は現物5gに10%塩化カリウム水溶液を45mL加えて30分振とうし、3,000rpm、10分間遠心分離した上澄液を供試し、ブレンナー法¹⁾で測定した。

結果

第1表に腐熟度判定の指標となる分析値と発芽インデックスおよび根長指数との相関について示した。発芽インデックスは硝酸態窒素含量との間に有意な正の相関($P < 0.01$)が、酸素消費量、アンモニア態窒素含量、pH、ECとは有意な負の相関($P < 0.01$)が認められた。一方、根長指数はECとの間のみに負の相関($P < 0.01$)が認められた。

第1図に酸素消費量と根長指数および発芽インデックスとの関係を示した。酸素消費量が $3\mu\text{g/g/分}$ 以下を示した堆肥で根長指数が100%以上を示した堆肥は52/68検体、発芽インデックスが150以上を示した堆肥は53/68検体であった。酸素消費量が $3\mu\text{g/g/分}$ を上回った堆肥で根長指数が100%未満を示した堆肥は5/12検体であったが、発芽インデックスが150未満を示した堆肥は11/12検体であった。

第2図にアンモニア態窒素含量と根長指数および発芽インデックスとの関係を示した。アンモニア態窒素含量が0.1%未満を示した堆肥で根長指数が100%以上を示したのは47/59検体、発芽インデックスが150以上を示したのは46/59検体であった。アンモニア態窒素含量が0.1%以上を示した堆肥で根長指数で100%未満を示した堆肥は9/21検体、発芽インデックスが150未満を示した堆肥は13/21検体であった。

第3図に酸素消費量およびアンモニア態窒素含量によって腐熟度を判定した堆肥を、根長測定試験法と発芽インデックス法で再判定した結果を示した。腐熟の進んでいる堆肥の80%は根長測定試験法および発芽インデックス法で腐熟が進んでいると判定した。一方、酸素消費量で未熟と判定した堆肥の約40%を根長測定試験法で、約90%を発芽インデックス法で未熟と判定した。また、アンモニア態窒素含量で未熟と判定した堆肥の約40%を根長測定試験法で、約60%を発芽インデックス法で未熟

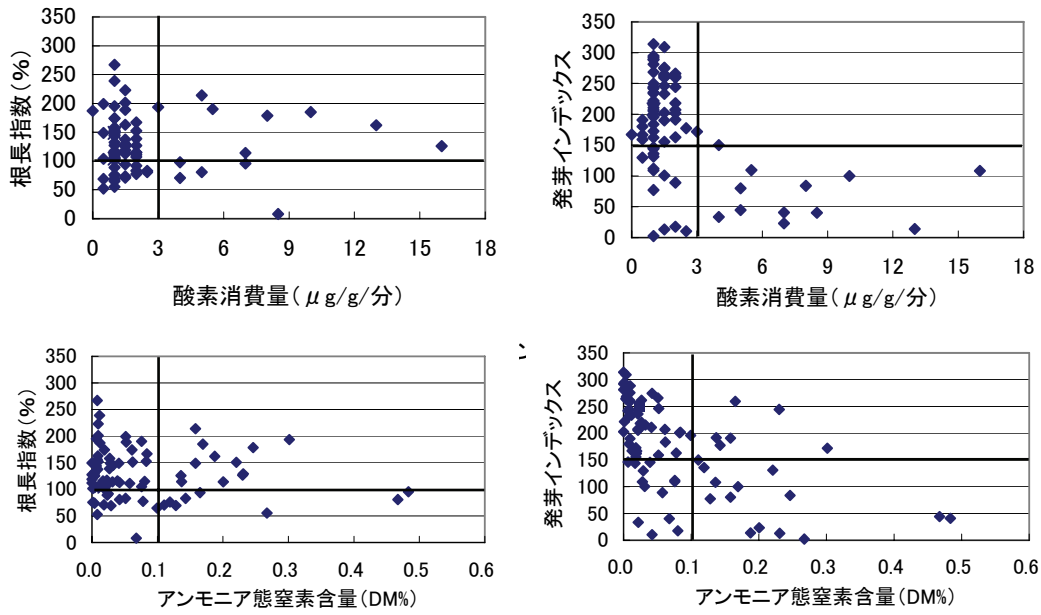
第1表 各腐熟指標の分析値と発芽インデックスおよび根長指数との相関関係

	酸素消費量	NH ₄ -N	発芽インデックス	根長指数	pH	EC	No _x -N
酸素消費量	-						
NH ₄ -N	0.46**	-					
発芽インデックス	-0.48**	-0.56**	-				
根長指数	0.01	-0.08	0.18	-			
pH	0.03	0.06	-0.24*	0.09	-		
EC	0.20	0.23*	-0.36**	-0.37**	-0.27*	-	
No _x -N	-0.33**	-0.33**	0.33**	-0.05	-0.56**	0.21	-

1) 家畜ふん堆肥80検体

2) **: $P < 0.01$, *: $P < 0.05$

3) pH: 水素イオン濃度, EC: 電気伝導度, NH₄-N: アンモニア態窒素含量, No_x-N: 硝酸態窒素含量



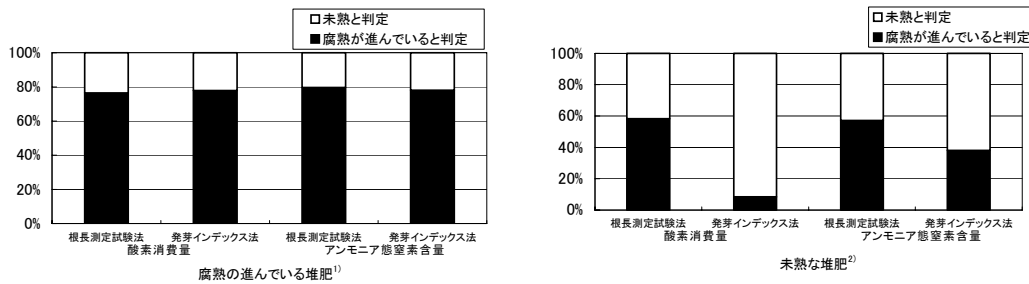
第2図 アンモニア態窒素含量と発芽インデックスおよび根長指数との関係

と判定した。

第4図にECが10mS/cm以上を示した堆肥の腐熟度を根長測定試験法と発芽インデックス法で再判定した結果を示した。酸素消費量やアンモニア態窒素含量で腐熟が進んでいると判定した堆肥の約60%を根長測定試験法、発芽インデックス法で腐熟が進んでいると判定した。酸素消費量で未熟と判定した堆肥の50%を根長指数で、100%を発芽インデックス法で未熟と判定した。また、アンモニア態窒素含量で未熟と判定した堆肥の60%を根長測定試験法で、80%を発芽インデックス法で未熟と判定した。

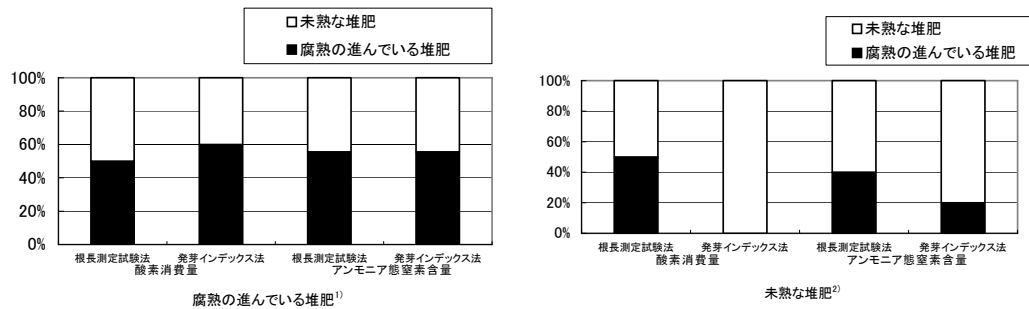
考 察

今回、腐熟の指標として用いた酸素消費量は、好気性微生物が堆肥原料中の易分解性有機物を分解する際に消費する酸素量で、堆肥化が進むにつれ減少する。堆肥中のアンモニア態窒素含量は、家畜ふん中の易分解性有機窒素が微生物により分解されると急速に増加するが、堆肥化が進むにつれ減少する^{6) 8) 15) 17)}。これらは、家畜ふん堆肥中の易分解性成分の分解程度を測定する一般的な指標である。



第3図 根長測定試験法、発芽インデックス法による再判定結果

- 腐熟の進んでいる堆肥: 酸素消費量が $\leq 3 \mu\text{g/g/分}$ を示した堆肥(68検体)、アンモニア態窒素含量が $< 0.1\text{DM}\%$ を示した堆肥(59検体)
- 未熟な堆肥: 酸素消費量が $> 3 \mu\text{g/g/分}$ を示した堆肥(12検体)、アンモニア態窒素含量が $\geq 0.1\text{DM}\%$ を示した堆肥(21検体)



第4図 ECが10mS/cm以上の堆肥の根長測定試験法、発芽インデックス法による再判定結果

- 腐熟の進んでいる堆肥: 酸素消費量が $\leq 3 \mu\text{g/g/分}$ を示した堆肥(10検体)、アンモニア態窒素含量は $< 0.1\text{DM}\%$ を示した堆肥(9検体)
- 未熟な堆肥: 酸素消費量は $> 3 \mu\text{g/g/分}$ を示した堆肥(4検体)、アンモニア態窒素含量は $\geq 0.1\text{DM}\%$ を示した堆肥(5検体)

今回堆肥の化学的な腐熟の指標として EC, pH, 硝酸態窒素含量の測定も行った。EC は、腐熟が進むにつれて安定化し、10mS/cm 以下であれば腐熟が進んでいる堆肥と判定する。pH は未熟な堆肥で発生するアンモニア態窒素の影響により上昇するが、堆肥化が進むと有機酸や硝酸態窒素が生成されて低下し、最終的に pH6~8 の間に落ち着く¹⁶⁾。硝酸態窒素は検出されれば腐熟が進んでいると判定される⁹⁾。しかし、pH, EC, 硝酸態窒素含量では、易分解性成分の分解程度を判定するのは難しいため、これらの指標は補助的に使用されている。

一方、植物を用いた腐熟度判定法は、フェノール酸や低級脂肪酸などの生育阻害物質の有無を判定できるが、易分解性成分の分解程度を判定できないといわれている¹²⁾。

今回の試験において、根長測定試験法は、酸素消費量やアンモニア態窒素含量で腐熟が進んでいると判定した堆肥の80%を腐熟が進んでいると判定できたが、酸素消費量やアンモニア態窒素含量で未熟と判定した堆肥の約40%しか未熟と判定できなかった。また、化学的な腐熟の指標で根長指数と相関が認められたのはECのみであった。この結果は、根長測定試験法の腐熟度判定要因が、主に生育阻害物質の有無により判定をおこなっていると示している。

発芽インデックス法は、酸素消費量やアンモニア態窒素含量により腐熟が進んでいると判定した堆肥の80%を腐熟が進んでいると判定できた。また、酸素消費量で未熟と判定した堆肥の約90%、アンモニア態窒素含量で未熟と判定した堆肥の約60%を未熟と判定でき、根長測定試験法に比べ判定精度が高かった。また、発芽インデックス法は、酸素消費量、アンモニア態窒素含量、pH, EC, 硝酸態窒素含量と有意な相関が認められた。この結果は、発芽インデックス法の腐熟度判定要因が、易分解性成分の分解程度や堆肥の化学的成分であることを示している。

植物を用いた腐熟度判定法は、高 EC の堆肥において腐熟が進んでいる堆肥を未熟と判定することがあるといわれている¹¹⁾。今回の試験において EC が 10mS/cm 以上を示し、腐熟の進んでいる堆肥の根長測定試験法と発芽インデックス法による判定精度は同程度であった。

これらのことから、主に生育阻害物質の有無が判定要因である根長測定試験法に比べ、生育阻害物質の有無に加え、易分解性成分の分解程度や堆肥の化学成分が判定要因である発芽インデックス法は判定精度が高く、特に堆肥成分が安定しない未熟堆肥の判定に適していることが明らかとなった。

今後は、堆肥化過程における生育阻害物質と易分解性成分の関係や、根長測定試験法と発芽インデックス法の手技の違いによる判定精度の差を検討する必要がある。

引用文献

- 1) 土壤養分測定法委員会編(1975)土壤養分分析法: 197-200. 養賢堂. 東京.
- 2) 藤原俊六郎(1997)有機物の腐熟度判定法. 有機廃棄物資源化大辞典: 41-50. 農文協. 東京.
- 3) 藤井信吾・芹澤駿治・大島 貢・池田博保(2001)牛ふん堆肥の腐熟度評価に関する研究(第2報). 静岡畜試研報, 27: 40-42.
- 4) 深谷俊英・浅井貴之(1999)生ふん堆肥水抽出液の化学性とコマツナに対する生育阻害との関係. 土壤肥料学会関東支部講演要旨: 19.
- 5) 古谷 修(2003)堆肥の熟度判定器「コンポテスター」の原理とその使用上の留意点. 畜産環境情報, 20: 23-27.
- 6) 羽賀清典・原田靖生(1996)家畜ふん堆肥の腐熟とBOD. 農林水産省畜産試験場年報, 24: 85-87.
- 7) 原 正之(2004)コマツナ発芽率による評価法. 家畜ふん堆肥の品質評価利用マニュアル. 農林水産技術会議事務局, 22-27.
- 8) 原田靖生(1996)過剰施肥利用の影響. 畜産環境対策大辞典: 143-145. 農文協. 東京
- 9) 原田靖生(1996)家畜ふん堆肥腐熟度. 畜産環境対策大辞典: 127-133. 農文協. 東京
- 10) 池田加江・小山太・高椋久次郎・福田憲和(2006)家畜ふん堆肥の腐熟度判定における発芽インデックス法の有効性. 福岡農総試 25: 135-139.
- 11) 磯部武志(2004)根の伸長試験による評価表. 家畜ふん堆肥の品質評価利用マニュアル. 農林水産技術会議事務局, 31-32.
- 12) 金澤晋二郎(1998)有機物の腐熟度判定技術の現状と将来. 有機物質資源化とリサイクル, 2: 29-43.
- 13) 片山信也・佐藤克昭・山田万裕子ら(2005)堆肥腐熟度評価におけるコマツナ発芽検定試験法の検討. 静岡畜試研報, 31: 9-11.
- 14) 長田 隆・羽賀清典・原田靖生(1987)家畜ふんの堆肥化過程における VFA(揮発性脂肪酸)の消長. 農林水産省畜産試験場年報, 25: 81-83.
- 15) 大島 貢・芹澤駿治・池田博保(2000)牛ふん堆肥の腐熟度評価に関する研究(第1報). 静岡畜試研報, 27: 30-46.
- 16) 小柳 渉・安藤義昭(2001)外観色による家畜ふん堆肥の評価. 新潟畜セ研報, 13: 18-19.
- 17) 柳本淳子・森田恭弘(1999)堆肥の腐熟度判定の検討. 奈良畜試研報, 26: 54-58.