

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

池田加江*・小山 太・高椋久次郎・福田憲和

家畜ふん堆肥の腐熟度判定法として発芽インデックス法の有効性を検討するため、乳牛ふんの一次発酵処理物と家畜ふん製品堆肥を用いて、発芽インデックス法と他の腐熟度判定法を比較した。一次発酵処理物では、発芽インデックスは堆肥化が進むにつれ値が上昇し、腐熟の進行過程が判定できた。また、発芽インデックスはBODやアンモニア態窒素含量の消長と合致し、相関関係が認められた。家畜ふん製品堆肥では、発芽インデックスが150以上を示した堆肥はBODやアンモニア態窒素含量が低く安定していた。

試料を乾燥粉碎すると、未熟な試料は現物に比べて発芽インデックスが高くなったが、腐熟が進んだ試料は現物と同等の発芽インデックスを示した。コマツナの栽培日数を、播種7日後から5日後に短縮しても発芽インデックスはほぼ同等の値を示した。

以上より、抽出には現物試料を用い、播種5日後に茎長を測定し、腐熟の判定基準を150以上とすることで、発芽インデックス法は簡便で精度の高い腐熟度判定法として活用できると考えられた。

[キーワード：発芽インデックス、コマツナ発芽率、家畜ふん堆肥、腐熟度判定法]

The Efficiency of Germination Index Method as a Maturity Parameter for Livestock Feces Composts. IKEDA Kae, Futoshi KOYAMA, Kyujirou TAKAMUKU, Norikazu FUKUDA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-0004, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 25 135-139 (2006)

In order to examine the efficiency of a germination index method as a maturity parameter for livestock feces composts, I compared the germination index method with other methods, utilizing both immature composts, and mature composts sold as products. The more the decomposition from livestock feces came to maturity, the higher the germination index became. The germination index was correlative with BOD and NH₄-N. The composts that showed the germination index of more than 150 were indicated low levels of BOD and NH₄-N.

In the condition where the immature composts were crushed naturally while being dried, the germination index became higher. I reduced the number of cultivation dates from seven to five days after sowing, the germination index showed almost the same.

It came to conclusion that the germination index method would be used just as easy as the highly accurate maturity parameter, under the conditions of setting it more than 150 as a maturity standard, using the composts themselves, cultivating 5 days.

[Key word : Germination index, germination rate of "Komatsuna", livestock feces composts, a method of maturity parameter]

結 言

家畜ふん堆肥は、地力を維持し作物の生産性を高めるために有効である⁶⁾が、多くの耕種農家で利用されているとはいえない。その原因のひとつとして、未熟堆肥施用による作物への生育阻害が挙げられる。作物に対して安全で腐熟の進んだ家畜ふん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。

一般的に用いられる腐熟度判定として、BODなどの微生物活動を利用した判定法やアンモニア態窒素含量、C/N比などの化学性からの判定法^{2) 6)}がある。これらの判定法は、高度な技術や機器が必要であり、測定に長時間要する。しかし、コマツナの発芽試験や発芽率に根長を加えた根長指数などの植物を用いた判定法は、手法が簡便なものが多く堆肥中の生育阻害物質の有無が確認できる^{4) 7)}。

最近、時間と手間はかかるが植物の生育状況を確認することのできる幼植物試験と、判定精度は低い簡便な発芽

試験の長所を取り入れた発芽インデックス法⁹⁾が考案された。この方法は、乾燥粉碎した堆肥の熱水抽出液によりコマツナを発芽インデックスキット内で7日間発芽伸長させ、その発芽率に茎長の比率を係数として加えることで判定精度が高まるとされている。しかし、発芽インデックス法は下水汚泥堆肥や食品汚泥堆肥を対象としているため、家畜ふん堆肥の腐熟度判定に有効であるか定かでない。

そこで、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と改善点について検討した。

材料及び方法

試験 1：発芽インデックス法による乳牛ふんの一次発酵処理物の腐熟度判定

家畜ふん堆肥の腐熟度判定に発芽インデックス法が有効であるかを検討するために、まず、乳牛ふんの一次発酵処理過程における判定精度を調査した。供試材料は、乳牛生ふん尿とオガクズの容積比1対1の混合物5 m³を堆積し、1週間毎に切り返しをおこなった。供試試料は処理開始時、1週間後、2週間後、3週間後、4週間

*連絡責任者 (畜産環境部)

後、8週間後に採取した。

発芽インデックスに用いる抽出液は、現物試料を用いて、乾物 5g相当量に熱水を加え100ml容量とし、30分間振とう後30分間静置した上澄液とした。コマツナの栽培は、発芽インデックス測定キット（J社製、図1）に試験試料の抽出液を40mL入れ、コマツナの種を30粒播種し25℃の恒温器内で行った。発芽インデックスは、播種7日後の莖長を測定し以下の式により求めた。

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

G：堆肥抽出液での発芽数 Gc：蒸留水での発芽数

L：堆肥抽出液での莖長 Lc：蒸留水での莖長

発芽インデックスの測定値の有効性について調べるため、腐熟度の指標として多く用いられているBOD、アンモニア態窒素含量、硝酸態窒素含量、コマツナ発芽率を調査した。BODは現物試料をクーロメーター法で測定した。アンモニア態窒素含量、硝酸態窒素含量は現物試料 5gに45mlの10%塩化カリウム水溶液を加えて30分振とうし、3,000rpm、10分間遠心分離した上澄液を供試し、プレムナー法で測定した。コマツナ発芽率は発芽インデックス法における播種2日後に純水を対照として求めた。



第1図 発芽インデックスキット

試験 2：発芽インデックス法による家畜ふん製品堆肥の腐熟度判定

次に、発芽インデックス法が製品堆肥の腐熟度判定として有効であるかを検討した。

供試試料は、県内で流通している製品堆肥63点（牛ふん堆肥46点、豚ふん堆肥11点、鶏ふん堆肥6点）を使用した。

発芽インデックス法の抽出液の調製、コマツナの栽培条件は試験1と同様に行った。発芽インデックスは播種後1日毎に7日後まで莖長を測定して求めた。

試験1と同様にBOD、アンモニア態窒素含量、硝酸態窒素含量、コマツナ発芽率を調査した。併せて、水分含量、pH、ECを測定した。水分含量は105℃の乾燥器内で24時間通風乾燥後、減少した重量から求めた。pHおよびECは現物試料10gに脱イオン水50mlを加えて30分間浸透しpHメーター、ECメーターで測定した。

試験 3：試料調製方法と発芽インデックス法の判定精度の関係

従来の乾燥粉碎物試料を用いた試料の調製法は手間がかかる。より簡便な手法を確立するために、現物試料の抽出液を用いた発芽インデックス法の判定精度を調査した。

供試材料は、乳牛生ふん尿、オガクズ、戻し堆肥および残飼等を3：1：2：1で混合物した35m³を通気式堆積型堆肥舎に堆積し、2週間目に切り返しを行った。堆肥化開始4週間後には、攪拌式ハウス舎に移動し、約2週間攪拌した。供試試料は処理開始時、6週間後に採取した。

試験区分は従来法である風乾48時間後に粉碎した試料、50℃24時間乾燥後粉碎した試料、105℃24時間乾燥後粉碎した試料、現物試料の4区分とした。

風乾試料、50℃24時間乾燥試料および105℃24時間乾燥試料は、乾燥後0.5mm以下に粉碎した。この粉碎物5gに熱水を95ml加えて20分間振とう後1時間静置した。静置後、8,000rpm、20分間の遠心分離を行い、No.1とNo.6のろ紙を重ねてろ過したものを抽出液とした（従来法）。現物試料は、試験1、2と同様に抽出液を調製した。コマツナの栽培、測定方法は試験1と同様に行った。

試験1、2と同様に水分含量、BOD、アンモニア態窒素含量、硝酸態窒素含量、コマツナ発芽率を調査した。

結 果

試験 1：発芽インデックス法による乳牛ふんの一次発酵処理物の腐熟度判定

乳牛ふんの堆肥化初期における各腐熟度判定法の測定値を第1表に示した。BODは堆肥化処理開始時が62,507mg/DMkgと高かったが、8週間後は7,583mg/DMkgまで減少した。アンモニア態窒素含量は2週間後に0.43%まで増加したが、その後減少し8週間後には0.01%となった。硝酸態窒素含量は、堆肥化2週間後まではほぼ0%を示したが、アンモニア態窒素含量が減少するに伴い増加し、8週間後には0.30%となった。コマツナ発芽率は処理開始時には90%を示したのに対し、発芽インデックスは56.0を示した。アンモニア態窒素含量が増加した2週間後にはコマツナ発芽率は40%、発芽インデックスは2.7となった。BODやアンモニア態窒素含量が減少した8週間後にはコマツナ発芽率は96.7%、発芽インデックスは273.0を示した。

試験 2：発芽インデックス法による家畜ふん製品堆肥の腐熟度判定

第2図に各製品堆肥の発芽インデックスの経時的変化を示した。発芽インデックスは、播種3日後までに急速に上昇し、4～5日後にはほぼ安定した。

第3図に播種4、5日後と7日後の発芽インデックスの関係を示した。播種4、5日後と7日後の発芽インデックスは、 $r=0.97$ 以上の相関関係が認められた。

第1表 乳牛ふんの1次発酵過程における各腐熟度判定法の測定値

堆肥化期間	発芽インデックス	発芽率	BOD	NH ₄ -N	NO ₃ -N
	7日後	(%)	(mg/DMkg)	(DM%)	(DM%)
処理開始時	56.0	90.0	62,507	-	-
1週後	40.9	100.0	62,640	0.32	0.01
2週後	2.7	40.0	36,485	0.43	0.00
3週後	4.0	66.7	15,026	0.31	0.02
4週後	208.0	96.7	10,826	0.14	0.28
8週後	273.0	96.7	7,583	0.01	0.30

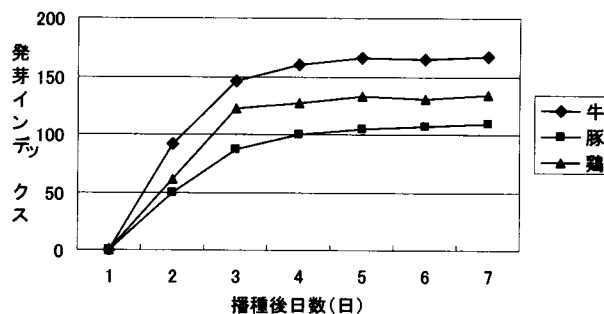
- 1) 堆肥化方法：オガズを混合した乳牛ふん尿を5m³で無通気で堆積し1週毎に切り返し
- 2) BOD：生物化学的酸素要求量, NH₄-N：アンモニア態窒素含量, NO₃-N：硝酸態窒素含量

第2表に製品堆肥の発芽インデックスと他の腐熟度判定法の測定値との相関係数を示した。全堆肥(63点)で発芽インデックスと正の相関が認められた他の判定法はコマツナ発芽率, 水分含量, 硝酸態窒素含量であった。発芽インデックスと負の相関が認められた判定法は, pH, EC, BOD, 全窒素含量, アンモニア態窒素含量であった。このうち, 発芽インデックスと特に高い相関が認められた判定法は, コマツナ発芽率, アンモニア態窒素含量, BODであった。各畜種の堆肥においても同様な傾向であった。

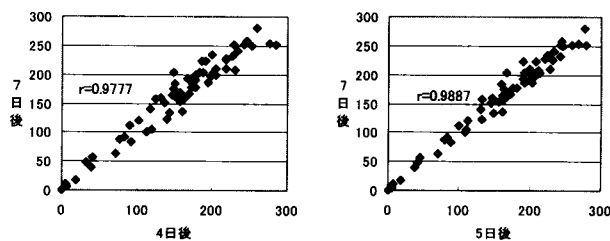
第4図に播種5日後の発芽インデックスとBOD, アンモニア態窒素含量の関係を示した。発芽インデックスが150を上回る堆肥は全てBODは20,000mg/DMkg以下を示し, アンモニア態窒素含量は0.1%以下を示した。発芽インデックスが150を下回る堆肥は, アンモニア態窒素含量が0.1%以上またはBODが20,000mg/DMkg以上を示した堆肥が多かった。

試験3：試料の調整方法と発芽インデックス法の判定精度の関係

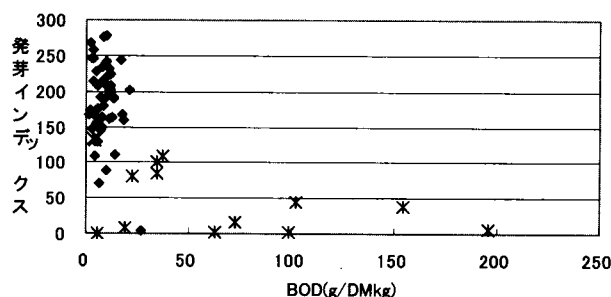
第3表に現物試料と風乾, 50℃, 105℃で乾燥後粉碎した試料の発芽インデックスを示した。処理開始時では, 風乾, 50℃, 105℃乾燥後粉碎した試料の発芽インデッ



第2図 製品堆肥(63点)の発芽インデックスの経時的变化



第3図 播種4日後, 5日後と7日後の発芽インデックスの関係



第4図 播種5日後の発芽インデックスとBODの関係

- 1) *：アンモニア態窒素含量0.1%以上
◆：アンモニア態窒素含量0.1%以下

第2表 製品堆肥の発芽インデックスと他の腐熟度判定法の相関係数

試料	水分	pH	EC	BOD	NH ₄ -N	NO ₃ -N	発芽率
	(%)		mS/cm	mg/DMkg	(%)	(%)	(%)
全堆肥	0.43**	-0.43**	-0.48**	-0.59**	-0.69**	0.42**	0.68**
牛ふん堆肥		-0.37*	-0.31*	-0.41**	-0.76**		0.66**
豚ふん堆肥				-0.82**	-0.78**	0.62*	0.68*
鶏ふん堆肥	0.83*	-0.91*	-0.81*			0.99**	

- 1) 牛ふん堆肥：46点, 豚ふん堆肥：11点, 鶏ふん堆肥：6点
- 2) pH：水素イオン濃度, EC：電気伝導度, BOD：生物化学的酸素要求量, NH₄-N：アンモニア態窒素含量, NO₃-N：硝酸態窒素含量
- 3) *：P<0.05, **：P<0.01

第3表 現物試料と乾燥粉碎物試料における発芽インデックスの比較

試料	試験区分	発芽インデックス	発芽率	水分	BOD	NH ₄ -N	NO ₃ -N
		7日後	(%)	(%)	(mg/DMkg)	(DM%)	(DM%)
処理開始時	105℃乾燥	257.5	100.0	2.1	-	0.005	0.020
	50℃乾燥	224.7	86.7	6.7	-	0.010	0.022
	風乾	243.0	100.0	12.8	-	0.010	0.024
	現物	134.8	70.0	67.5	34,806	0.055	0.007
6週間後 ¹⁾	105℃乾燥	197.0	100.0	1.2	-	0.003	0.057
	50℃乾燥	227.0	96.7	6.1	-	0.005	0.072
	風乾	222.4	93.3	12.0	-	0.003	0.056
	現物	244.0	90.0	61.0	3,111	0.006	0.057

1) 堆肥化開始6週間後

2) pH: 水素イオン濃度, EC: 電気伝導度, BOD: 生物化学的酸素要求量, NH₄-N: アンモニア態窒素含量, NO₃-N: 硝酸態窒素含量

クスは、現物試料に比べ100~120高くなった。また、各乾燥粉碎試料のアンモニア態窒素含量は少なく、硝酸態窒素含量は多くなり、コマツナ発芽率は高かった。

6週間後の試料を風乾、50℃、105℃で乾燥後粉碎した試料のコマツナ発芽率、発芽インデックスは現物試料とほぼ同等であった。アンモニア態窒素含量、硝酸態窒素含量は乾燥粉碎しても現物試料とほとんど差がなかった。

考 察

家畜ふん堆肥の腐熟度判定には様々な方法が提案されている。今回の試験では発芽インデックスによる家畜ふん堆肥の腐熟度判定の有効性を明らかにするために、腐熟度判定法として多く用いられているBOD、アンモニア態窒素含量、コマツナ発芽率と比較検討した。

BODは、好気性微生物が家畜ふん中の易分解性有機物を分解する際に消費する酸素量を測定したものである。アンモニア態窒素は、家畜ふん中の易分解性有機態窒素が微生物により分解されると急速に発生し増加する。その後、堆肥化が進むにつれアンモニア酸化菌、亜硝酸酸化菌により酸化され、アンモニア態窒素が減少し硝酸態窒素が増加する^{3) 5) 10) 12)}。本試験においても、一次発酵処理過程での発芽インデックスは、BODやアンモニア態窒素の消長に伴って変化した。また、家畜ふん製品堆肥における発芽インデックスは、BODやアンモニア態窒素含量と高い負の相関を示している。

コマツナ発芽率は、堆肥中の生育阻害物質の指標として有効であるとされるが、腐熟度の判定精度は低い^{1) 8) 11)}。本試験においても、乳牛ふんの一次発酵過程のコマツナ発芽率は、処理開始時、1週間後では90%以上を示し腐熟度判定の指標として適当でなかった。一方、乳牛ふんの一次発酵過程での発芽インデックスは、堆肥化開始3週間後までは100以下を示し、4週間後は200以上を示している。金澤ら⁹⁾が考案した発芽インデックス法は、本来下水汚泥堆肥や食品汚泥堆肥の腐熟度判定を目的としたものである。しかし、これらの試験結果から、家畜ふん堆肥においても発芽インデックスは腐熟度判定法として有効であると評価できる。

金澤らは、発芽インデックスが100以上であれば腐熟

が進んでいると判定している。しかし、家畜ふん堆肥の場合、発芽インデックスが100~150を示す堆肥は、BODが3,000~37,000mg/DMkg、アンモニア態窒素含量が0~0.2%と測定値にばらつきがあり、発芽インデックスが150以上になるとアンモニア態窒素含量が0.1%以下でかつBOD20,000mg/DMkg以下と安定する。このことから、発芽インデックス法で家畜ふん堆肥の腐熟度を判定する場合は、発芽インデックスが150以上のものを腐熟が進んでいるとすることで、作物に対して安全に施用できる堆肥が提供できると考える。

さらに本試験では、発芽インデックス法の手法について新たな知見を得た。従来法の乾燥粉碎物試料を用いた抽出液でコマツナを栽培すると、腐熟が進んでいない場合は現物試料に比べてアンモニア態窒素含量が少なく、硝酸態窒素含量が多くなり、発芽インデックスが200を上回る。これは、乾燥粉碎することにより、植物に生育障害を起こすといわれているアンモニア態窒素⁴⁾が揮散し、コマツナの発育が促進したものと考えられる。6週間後では、現物試料に比べ乾燥粉碎物試料のアンモニア態窒素の揮散や硝酸態窒素の溶出に差はほとんどみられず、乾燥粉碎物試料の発芽インデックスは現物試料と同等になる。堆肥が未熟の場合は、粉碎乾燥させることで腐熟度の判定ができなくなる恐れがあることから、家畜ふん堆肥の腐熟度判定には現物を試料として用いる方が適切である。

また、腐熟が進んだ堆肥では播種7日後に茎が徒長したり、折れや枯死等が発生する場合がある。播種5日後でも7日後と同等の値が得られることから、播種5日後の茎長を測定し、発芽インデックスを求めれば、判定精度が低下することなく腐熟度判定に要する期間が短縮できる。

引用文献

- 1) 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. 土壤肥科学会関東支部講演要旨: 19.
- 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) 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.
- 4) 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
 - 5) 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
 - 6) 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
 - 7) 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
 - 8) 伊藤健一・西村亜希子・村中謙昭・古本 史 (2003) 近赤外分析法によるオガクズを副素材とした牛ふん堆肥の腐熟度推定. 広島畜技セ研報, 13: 77-84.
 - 9) 金澤晋二郎 (1998) 有機物の腐熟度判定技術の現状と将来. 有機物資源化とリサイクル, 2: 29-43.
 - 10) 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.
 - 11) 農林水産技術会議事務局編 (1994) 家畜ふん尿処理利用技術. 農林水産研究文献解題, 20: 82-91.
 - 12) 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.