

バーク堆肥の添加が浄水ケーキの窒素およびマンガンの挙動に及ぼす影響

誌名	園芸学研究
ISSN	13472658
著者	角田, 真一 佐藤, 裕隆 大志万, 浩一 ほか2名,
巻/号	2巻1号
掲載ページ	p. 9-13
発行年月	2003年3月

バーク堆肥の添加が浄水ケーキの窒素およびマンガンの挙動に及ぼす影響

角田真一^{3*}・佐藤裕隆¹・大志万浩一¹・丸尾 達²・小堀英和³

¹住友林業(株)筑波研究所 300-2646 茨城県つくば市緑ヶ原3-2

²千葉大学園芸学部 271-8510 千葉県松戸市松戸 648

³スミリン農産工業(株) 490-1444 愛知県海部郡飛島村木場2-59

Effect of Composting with Bark Amendment on Nitrogen and Manganese Content in Water Clarifier Sludge

Shinichi Kakuta^{3*}, Hiroataka Sato¹, Ko-ichi Oshiman¹, Toru Maruo² and Hidekazu Kobori³

¹Sumitomo Forestry Co., Ltd. Tsukuba Research Institute, No.3-2, Midorigahara Tsukuba - Shi Ibaraki 300-2646

²Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo Chiba 271-8510

³Sumirin - Agri - Industrial Co., Ltd., No.2-59 Kiba tobishima - village Ama - District Aichi 490-1444

Summary

Effect of pre-mixing bark amendment into water purification sludge before auto-composting on nitrogen and manganese content of the sludge and quality as material for potting media was investigated. Each of the sludge with and without pre-mixing bark amendment was piled to a volume of about 50 m³, 2.5 m height and was fermented at factory production scale. Pre-mixing the sludge with bark amendment accelerated the fermentation of the compost and decreased the amount of manganese ion(Mn²⁺) in the sludge. Inorganic nitrogen content of the pre-mixed compost was smaller than that of non-premixed compost. Each composted sludge was used as potting media for bottle guards. The plants with potting media of 70% pre-mixed sludge grew better than those with potting media of 70% non-premixed sludge. One of the main reasons for these results was considered the reduction in Mn²⁺ content of the sludge pre-mixing with bark amendment. However, this phenomenon was not seen when potting media consisted of 40 or 55% sludge.

キーワード： 窒素, 浄水ケーキ, マンガン, 堆積発酵処理

緒言

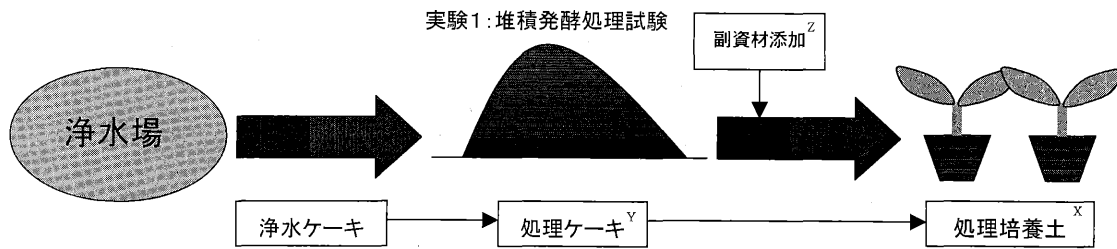
浄水場より発生する浄水処理ケーキ(以後, 浄水ケーキと記す)は, 浄水過程で添加される硫酸アルミニウムやポリ塩化アルミニウムなどにより, 凝集沈殿された河川水, 湖沼水などの原水中の土壌粒子や有機物などを, 脱水分離したものである. 主成分が土壌粒子や微生物由来の有機物であることから, 近年, 園芸・農業用への利用が進んでいる(後藤, 1995; 佐藤ら, 2000).

しかし, 浄水ケーキは, 一般的な土壌と比べ, マンガン含有量が高い. さらに浄水過程で, 沈殿槽内で還元状態におかれるため, 水溶性・交換性の形態である二価マンガンを多量に含み, 培養土として用いた場合に, 植物がマンガン過剰障害を引き起こす場合がある(麻生・麻生, 1990; 後藤, 1995). 著者らは, 浄水ケーキには多量の有

機物が含まれるため, 堆積・放置し, 切り返しを行うことにより発酵すること(以後, 堆積発酵と記す), その際の利点として, 雑草種子や病原菌が殺滅できること, さらに浄水ケーキ中の二価マンガンの含有量を低減できるが, 条件によりその効果は不安定であることを確認している(角田, 未発表). 一方, 六本木ら(1993)は, 浄水ケーキに籾殻や家畜糞堆肥を添加し, 一定期間放置することにより, 浄水ケーキ中の交換性マンガン含有量を低減できることを明らかにしている. しかし, 有機物を添加し堆肥化させることは, 微生物の働きによって窒素の形態が変化し(鬼頭・吉田, 1993), 添加する有機物のC/N比によって大きく左右されることが予想される. 本実験では, 培養土を製造する工場での実用規模を想定した浄水ケーキの堆積発酵処理を行った. その際, 有機物としてバーク堆肥の添加の有無が発酵温度, 浄水ケーキ中の無機態窒素および二価マンガンの挙動に及ぼす影響を調査した. また, 培養土の素材としての品質を評価するため, ユウガオを用いた栽培試験を行った.

2002年5月22日 受付. 2002年10月18日 受理.

*Corresponding author. E-mail: sr-kaku@xd6.so-net.ne.jp



第1図 各実験の流れと浄水ケーキの変化

^Z バーク堆肥: ピートモス: ゼオライトが5:4:1の割合で混合された資材

^Y 浄水ケーキとバーク堆肥を混合・堆積発酵させた状態を示す

^X 処理ケーキと副資材を混合して作成した培養土を示す

材料および方法

実験1. バーク堆肥の添加が処理ケーキの発酵温度ならびに無機態窒素と二価マンガ含有量に及ぼす影響

浄水ケーキには、東京都水道局三郷浄水場より発生した無薬注・加圧脱水法により処理された板状のもので、含水率が50~60%(w/w)のものを供試した。堆積発酵処理は容積が約50 m³、高さが約2.5 mになるように円錐状に堆積して、1999年4月16日より開始した。また、処理の際に浄水ケーキのみを用いたバーク堆肥無添加区(以後、無添加区と記す)と全体の容積に対してバーク堆肥‘スミリンユーキ’(スミリン農産工業^(株))を30%(v/v)の割合で混合したバーク堆肥添加区(以下、添加区と記す)を設けた。なお、本論文では堆積発酵処理中および処理後のものを処理ケーキと表した(第1図)。両区の処理ケーキは、堆積発酵を促すため、処理期間中は表面をシートで被覆し、処理開始後34, 65, 76日目にショベルローダーを用い、切り返しを行った。

調査は供試したバーク堆肥と浄水ケーキの化学性について、pH, EC, 無機態窒素(アンモニア態, 硝酸態), C/N比, 全窒素・炭素含有量, 有効態リン酸含有量(トルオグ法), 交換性Ca・Mg・Kを常法により測定した。マンガ含有量の測定について、分析試料は60℃デシケーターで乾燥後、内径2 mmの篩いを通過したのとし、水溶性マンガンは各供試資材10 gを50 mlの蒸留水に添加し、1時間振とう抽出後、溶液中のマンガ含有量とし、交換性マンガンはpHを7に調整した酢酸アンモニウム50 mlに添加し、同様に振とう抽出した溶液中のマンガ含有量とし、原子吸光法により求めた。また、堆積した処理ケーキの表面から深さ50, 100, 150 cmの各位置に熱電対を埋設し、処理後76日目までの温度を測定した。さらに、処理後7, 83日目に同位置から、両区の処理ケーキを採取し、上記の方法で、交換性および水溶性マンガ含有量を分析し、値は深さ別の試料の平均値とした。

実験2. 培養土原料としての処理ケーキの利用が

処理培養土の化学性およびユウガオの生育に及ぼす影響

実験2では、実験1で得られた堆積発酵処理後の両区の処理ケーキに下記の副資材を添加して培養土を作成し(以後、処理培養土と記す(第1図)), ユウガオを用いた栽培試験を行った。

各処理培養土は、実験1で堆積発酵後に得られた両区の処理ケーキの添加割合を変えて調整した。両区の添加割合は実験1において、添加区の処理ケーキには既にバーク堆肥が約30%(v/v)添加されていたため、両区の処理ケーキに含まれる浄水ケーキの割合が等しく、40, 55, 70%(v/v)となるように調整した。調整には、処理ケーキにバーク堆肥, ピートモス, ゼオライトが5:4:1(v/v)の割合で混合された副資材を添加した(第5表)。また、供試した浄水ケーキ1 liter当たり、リン酸成分で2.5 gになるようにリン酸肥料(リンスター)を添加した。供試植物はユウガオ‘ドンK’(^(株)久留米種苗園芸)を用い、子葉展開期に各処理培養土を詰めた育苗用ポット(3号)に移植した。各処理区とも5株ずつ供試した。ユウガオは移植から約2週間後に地上部を地際部で切り取り生体重を測定した。

結果

実験1.

第1, 2表には供試したバーク堆肥と浄水ケーキの化学性を示した。pH, ECに差はなかったが、バーク堆肥は浄水ケーキに比べ、C/N比, 全炭素, 有効態リン酸, 交換性無機成分含有量が高く、全窒素, 硝酸態窒素含有量が低かった。

第3表には堆積処理期間における堆積した両区の処理ケーキの深さ別温度を示した。温度は添加区が処理後徐々に上昇し、深さ100, 150 cmでは処理から約1か月以降、約40~50℃を推移した。一方、無添加区では温度上昇はほとんどみられなかった。

第4表には処理後7, 83日目に処理ケーキの無機態窒素およびマンガ含有量を示した。無機態窒素含

第1表 供試した浄水ケーキとバーク堆肥の化学性(その1)

供試材料	pH	EC (dS·m ⁻¹)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	C/N	T-N	T-C
			(mg·kg ⁻¹)			g·kg ⁻¹	
バーク堆肥	6.4	0.62	26.4	36.3	74.7	5.8	434
浄水ケーキ	6.7	0.77	30.6	969.5	14.3	8.1	118

第2表 供試した浄水ケーキとバーク堆肥の化学性(その2)

供試材料	有効態リン酸	交換性陽イオン(cmol(+)kg ⁻¹)			Mn含有量(mg·kg ⁻¹)	
	P ₂ O ₅ mg·kg ⁻¹	K	Ca	Mg	交換性	水溶性
バーク堆肥	119.3	1.13	15.0	3.37	—	—
浄水ケーキ	21.0	0.17	6.7	1.10	60.1	7.2

第4表 バーク堆肥の添加が堆積発酵中における無機態窒素およびマンガン含有量に及ぼす影響

処理区 バーク堆肥 添加の有無	測定部位 cm	無機態窒素含有量 (mg·kg ⁻¹ 乾土)		マンガン含有量 (mg·kg ⁻¹ 乾土)	
		硝酸態	アンモニア態	交換性	水溶性
処理後7日目 添加(有)	50	108	418	422	12
	100	41	534	424	4
	150	26	732	412	4
無添加(無)	50	642	161	456	71
	100	287	468	412	27
	150	129	580	399	14
処理後83日目 添加(有)	50	802	51	143	5
	100	992	31	131	1
	150	844	36	127	0
無添加(無)	50	827	43	358	113
	100	1054	42	366	111
	150	1192	60	374	121

第3表 バーク堆肥の添加が堆積期間中における発酵温度に及ぼす影響

バーク堆肥 添加の有無	測定部位 ^Z (cm)	堆積中の発酵温度(°C)		
		平均	最高	最低
添加(有)	50	31.1	35.0	27.7
	100	44.7	49.0	33.4
	150	40.8	43.1	34.3
無添加(無)	50	30.1	31.6	28.8
	100	27.5	29.9	23.0
	150	30.2	31.8	27.5

^Z堆積した処理ケーキ表面からの距離^Y処理開始1週間目から3か月後までのデータ

有量について、処理後7日目では添加区の硝酸態窒素が無添加区に比べて低く、調査地点が深くなるに従って低くなり、アンモニア態窒素は逆に添加区が無添加区に比べて高く、調査地点の深さによる違いも逆の傾向を示した。処理後83日目には硝酸態窒素が増加し、アンモニア態窒素が低下し、いずれも無添加区が添加区に比べて高かっ

た。次にマンガン含有量についてみると、処理後7日目では、交換性マンガンは両区間に差はなく、水溶性マンガンは添加区が無添加区に比べて若干低かった。処理後83日目では添加区の交換性マンガンが無添加区に比べて低く、調査地点が深くなるに従って低くなる傾向を示した。水溶性マンガンも同様に添加区が無添加区に比べて顕著に低く、無添加区は7日目に比べて増加した。

実験2.

第6表には処理培養土の化学性を示した。硝酸態窒素は添加区に比べて無添加区が高い傾向を示し、浄水ケーキの添加割合の増加に伴って増加し、アンモニア態窒素が減少する傾向がみられた。交換性マンガン含有量は両区間に明確な差は見られなかったが、水溶性マンガンは無添加区が添加区に比べて顕著に高く、添加割合の増加に伴って多かった。

第2図に、移植後約2週間目のユウガオの地上部生体重を示した。混合割合70%では、バーク堆肥添加区の生体重が無添加区に比べて大きかったが、混合割合40, 55%では、無添加区の生体重が大きくなり、添加区との間に

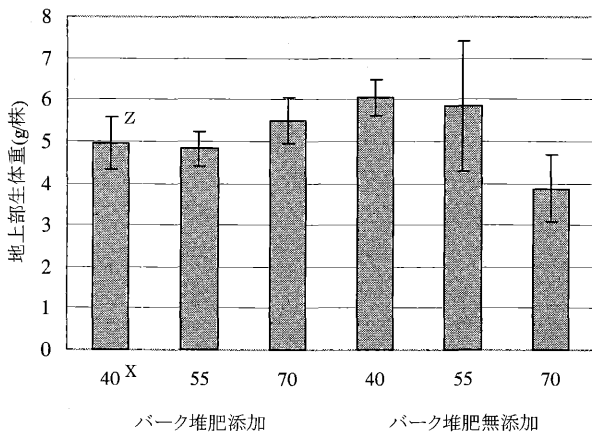
第5表 各処理培養土の材料の組成割合

処理区名	堆積発酵時における バーク堆肥添加の有無	各資材の組成割合 (% v/v)			
		浄水ケーキ	バーク堆肥	ピートモス	ゼオライト
添加-40	添加(有)	40	38.5	17.2	4.3
添加-55	添加(有)	55	44.3	8.6	2.1
添加-70	添加(有)	70	30.0	0.0	0.0
無添加-40	無添加(無)	40	30.0	24.0	6.0
無添加-55	無添加(無)	55	22.5	18.0	4.5
無添加-70	無添加(無)	70	15.0	12.0	3.0

第6表 各処理培養土の化学性

処理区名	無機態窒素含有量(mg・kg ⁻¹ 乾土)		全窒素含有量 (mg・kg ⁻¹)	マンガン含有量(mg・kg ⁻¹ 乾土)	
	硝酸態	アモニア態		交換性	水溶性
添加-40	48.4	402	7.7	162	ND ^z
添加-55	41.5	494	7.4	160	ND
添加-70	40.2	423	7.4	208	ND
無添加-40	46.6	779	8.0	153	5.5
無添加-55	39.2	908	8.3	179	7.7
無添加-70	37.0	1043	8.1	227	13.2

^z定量下限値未満を示す



第2図 堆積発酵後の浄水ケーキの混合割合がユウガオの苗の生育に及ぼす影響

^z縦棒は標準偏差(n=5)を示す

^x処理区名は第5表および第6表に対応

差はみられなかった。

考 察

浄水ケーキのように微生物由来の有機物が多量に含まれる培地の場合、大量に堆積することにより発熱発酵が認められるが、本実験では、浄水ケーキのみではバーク堆肥を添加したものに比べ、発酵温度が明らかに低かった(第3表)。発酵温度が低かった原因として、浄水ケーキのみでは酸素供給が不足し、好気的な分解が促進されなかったことが考えられる。一方、バーク堆肥の混合は、物理性を膨軟にして改善することで、酸素供給が促され、その結果、浄水ケーキに含まれる易分解性有機物の分解、さらにバーク堆肥由来の難分解性有機物の分解が増大し、

堆積期間中の温度上昇につながったことが一つの要因として考えられる。

堆積発酵中の二価マンガン含有量は、バーク堆肥の添加により明らかな低下がみられた(第4表)。六本木ら(1993)は、浄水ケーキに有機物を添加し、堆肥化することにより、マンガン含有量を低減できることを明らかにし、その理由として微生物が有機物を分解する際に、二価マンガンを酸化していると考察している(Bromfield, 1974)。本実験でもバーク堆肥を添加した区では、発酵温度の上昇が認められたことから、マンガン含有量の低下の原因が既報と同様のメカニズムであったと考えられた。

ユウガオを用いた栽培試験では、浄水ケーキの混合割合が多いと、無添加区ではバーク堆肥添加区と比べて生育が顕著に抑制された。その原因として、処理培養土中のマンガン含有量が無添加区で高かった(第6表)ことから、浄水ケーキ中のマンガン含有量が影響したと考えられる。しかし、浄水ケーキの混合割合が少ない場合には、両区の生育の差はほとんどみられなかった。この原因として、処理培養土における処理ケーキの混合割合の低下により、二価マンガンの濃度が、ユウガオの生育に悪影響を及ぼさない程度に希釈されたと考えられた。

本実験結果から、浄水ケーキを培養土原料として利用する際に、過剰の二価マンガンを低減するためには、有機物を添加し、発酵を促すことが望ましいと言える。しかし、堆積発酵によって窒素の形態は大きく変動した。添加区に含まれる処理培養土中の無機態窒素含有量が、無添加区に比べ低かったことから、添加する有機物のC/N比によっては、窒素の有機化が進行し、無機態窒素含有量を低下させる可能性が考えられる。本技術を培養土の

生産場面に応用するには、浄水ケーキ中に含まれる窒素源を効率的に利用することが重要であり、今後、適正な有機物の条件、添加割合、管理条件等をさらに詳しく検討する必要がある。

摘 要

浄水場で発生する浄水ケーキを堆積発酵させる場面において、バーク堆肥の添加が浄水ケーキ中の無機態窒素量やマンガン含有量に及ぼす影響、また、発酵後の処理ケーキを培養土として利用した場合に、植物の生育に及ぼす影響について調査した。実験は、浄水ケーキおよび浄水ケーキとバーク堆肥の混合物を堆積発酵処理することにより、堆積中の温度と処理ケーキ中の窒素およびマンガンの挙動に及ぼす影響を比較検討した。その結果、

- (1) バーク堆肥を予め添加することにより、発酵が促進されると同時に、処理ケーキ中の二価マンガン含有量が低減した。
- (2) 無機態窒素含有量は両区で傾向が異なり、添加区が無添加区より低い傾向であった。
- (3) 堆積発酵後の処理ケーキを原料にした培養土を作成し、ユウガオを用いた栽培試験を行った結果、浄水ケーキの混合割合が70%と高い場合には、バーク堆肥を予め添加した区が無添加区に比べマンガン含有量が低く、ユウガオの生育は良好となったが、混合割合

が55、40%では両区に差はみられなかった。

本実験結果から、浄水ケーキを培養土原料として利用する際に、過剰の二価マンガンを低減するためには、有機物を添加し、発酵を促すことが望ましいことが明らかとなった。

引用文献

- 麻生昇平・麻生末雄. 1990. わが国における浄水処理ケーキの種類と理化学性. 土肥誌. 61: 661-667.
- 鬼頭 誠・吉田重方. 1993. 数種の植物性廃棄物を主原料とした培養土の製造工程における物質変動と各培養土に栽培した植物の生育. 土肥誌. 64: 1-8.
- 後藤逸男. 1995. 浄水場発生土を活かす—有効な農業利用を図るには—. 水道協雑 64: 2-9.
- 佐藤裕隆・角田真一・小堀英和・二馬健次郎・岩間清内・武井讓二. 2000. 千葉県工業用水で発生する浄水場発生土の園芸培地「千葉土太郎」としての利用. 工業用水 497: 14-21.
- 六本木和夫. 1993. 粉殻、家畜ふん堆肥を混合した浄水ケーキの園芸培土としての適用性. 土肥誌. 64: 385-392.
- Bromfield S.M. 1974. Bacterial oxidation of manganous ions as affected by organic substrate concentration and composition. Soil Biol. Biochem. 6: 386-392.