

大規模トマト施設生産から排出されるトマト残渣量の推定とその堆肥化物の諸性質

中野 明正・安場 健一郎・佐々木 英和*
浄閑 正史**・鈴木 克己・高市 益行

(平成 21 年 10 月 9 日受理)

Estimation of Amount of Residues Released from a Large-scale Protected Tomato Production and the Characteristics of Composted Materials

Akimasa Nakano, Ken-ichiro Yasuba,
Hidekazu Sasaki*, Masahumi Johkan**,
Katsumi Suzuki and Masuyuki Takaichi

I 緒 言

これまで我が国の施設園芸は、主として産地形成を基本として、家族経営という枠の中で 30~50 a の規模の専業農家により発展してきたが、今後は、輸入野菜に対抗できる低コスト高品質の野菜生産がさらに求められるようになる。そのため、スケールメリットを發揮できる大規模施設生産を推進するための技術開発が重要な方向のひとつと位置づけられる(田中, 2005)。そのモデルとしては、オランダで高収量を達成している大規模施設によるトマト生産が挙げられる。現状、オランダの年間トマト収量は $60 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ を超えている(Costa and Heuvelink, 2005)。このような高い生産性に裏打ちされた、強い競争力を持った生産方式の確立を目指して、日本でもある程度の大規模化が進むと予想される。そして、施設の大規模化が進むと、生産に伴って残渣も大量に生じることが予想され、環境保全や資源の有効利用の観点から、残渣の活用が求められることになる。

そこで、まず大規模施設における残渣発生量を把握す

る必要がある。本研究では、低コスト耐候性ハウスで栽培したトマトの摘葉と摘果量から、実用規模のハウス栽培でのトマト残渣発生量を推定した。そして、その残渣をオガクズを基材として予め添加した、加熱式堆肥化装置で処理した場合の稼動状態を物質収支も含めて調査した。

また、トマト生産残渣については家畜糞堆肥の堆肥化促進のための添加資材としても利用が検討されているが(市川ら, 2000; 鈴木ら, 2002)、有機物資源として有効に利用するための成分等の基礎データはほとんど無い。そこで、長期栽培トマトの残渣について、その堆肥化物の物理性、化学性、生物性を評価した。これらの性質が明らかになれば、土壌改良資材や養液栽培用培地等への活用促進が期待できる。

II 材料および方法

1 栽培条件および生産物と残渣量の推定

栽培は、愛知県武豊町にあるユニット工法ハウス(面積 972 m^2 、軒高 3.5 m、以下ハウスと略する)において実施した。トマトは $1.4 \text{ 株} \cdot \text{m}^{-2}$ の栽植密度で高さ 2.8

〒470-2351 愛知県知多郡武豊町字南中根 40-1
高収益施設野菜研究チーム

* 農林水産省大臣官房政策課

** (財)電力中央研究所 環境科学研究所

mまでハイワイヤー誘引を行った。本ハウスは全面ロックウール養液栽培であり、様々な実験が行なわれていた。主要な栽培は2008年9月8日の定植であった。その中の栽培面積の約15%は品種比較の実験を行い、掛け流し式の養液栽培（大塚A処方， $EC\ 1.6\ dS \cdot m^{-2}$ ）を行なった。この区画では、‘桃太郎コルト’，‘桃太郎ヨーク’ [以上，タキイ種苗(株)]，‘GRACE’，‘DUNDEE’ [以上，DE RUITER SEEDS(株)]，‘朝日和10’ [朝日工業(株)]を、それぞれ40株栽培した。これらの品種の収量の平均値とハウス全体の株数1,452本に正常株率を乗じた値から、ハウス全体の1週間当りのトマト生産量を推定した。生産量および残渣発生量は、栽培開始から約5ヶ月が経過し、定常的な管理が行なわれていた2009年1月26日から4月2日まで調査した。残渣発生量は摘果・摘葉作業に合わせてハウス全体から発生する茎葉と果実残渣の重量を測定して算出した。

2 堆肥化装置と温度測定

堆肥化装置は攪拌加温を行なう装置（業務用生ゴミ処理機SN-150F型，瀧澤(株)）であり、堆肥化槽（幅0.94m×長さ3.3m×高さ1.1m）に攪拌モーターを設置した構造である（図-1）。基本動作は、毎正時に正転1分半の後、逆転1分後自動停止とした。24時間を通じ、この基本動作を繰り返した。また過熱防止および堆肥の炭化を防ぐため、運転ボタンが24時間押されない状況が続くとヒーターの加温が停止する設定とした。したがって休日などで24時間以上作業者が操作をしない場合、堆肥化槽の温度低下が生じた。制御用温度センサーは発酵槽中心部、高さはスクリーンの芯棒付近に設置されており、その部分の温度が $55^{\circ}C$ を維持するようにヒーターが稼動する設定であった。なお、この装置は、野菜茶業

研究所武豊研究拠点内にある施設内に設置した。

最初にオガクズを堆肥化装置メーカーが推奨する量である $1.5\ m^3$ 充填し、その後、トマト生産に伴い生じる、摘葉と摘果を随時投入した。温度の測定は、堆肥化槽に投入可能な小型温度計（大成イーアンドエル，サーモリーフ，TL-T1）を用い、堆肥化装置の壁面にも接触するように貼り付けて設置した。外気温は武豊研究拠点内に設置されている気象観測システムのデータを用いた。

堆肥化装置稼働後72日目（2009年4月8日）に1次堆肥化物を搬出した。搬出した堆肥は200Lのコンテナ（縦80cm×横55cm×高さ50cm）に充填して、表面を透明塩化ビニールシートで覆い、無植栽の閉め切った温室（縦30m×横8m×軒高2.2m）内に配置した。搬出した状態で2次発酵が認められるか否かを明らかにするために、堆肥中心部の温度の変化を2009年4月8日から4月22日まで測定した。その間、4月13日に含水率（w/w）を70%に調製し、再び発酵が認められるか否かを検証した。切り返しは4月20日にも行なった。

3 発芽阻害評価

堆肥化装置稼働後、14日目（2月9日）、40日目（3月7日）、51日目（3月18日）、72日目（4月8日）に採取した堆肥、さらに、この1次堆肥化処理後に200Lのコンテナに移し70%に含水率を調製して86日目（4月22日）に採取した堆肥計5種類についてシードバック法（磯部，2006）で発芽に与える影響を評価した。それぞれの試料2gをシードバック（DIK-710A，大起理化工業）に分取し、蒸留水20mlを加えた。蒸留水のみを加えた処理を対照とした。コマツナ（‘夏楽天’，タキイ種苗）を1シードバック当たり10粒播種し、蒸発を抑制するため全体をビニール袋で覆い $30^{\circ}C$ の暗所に72

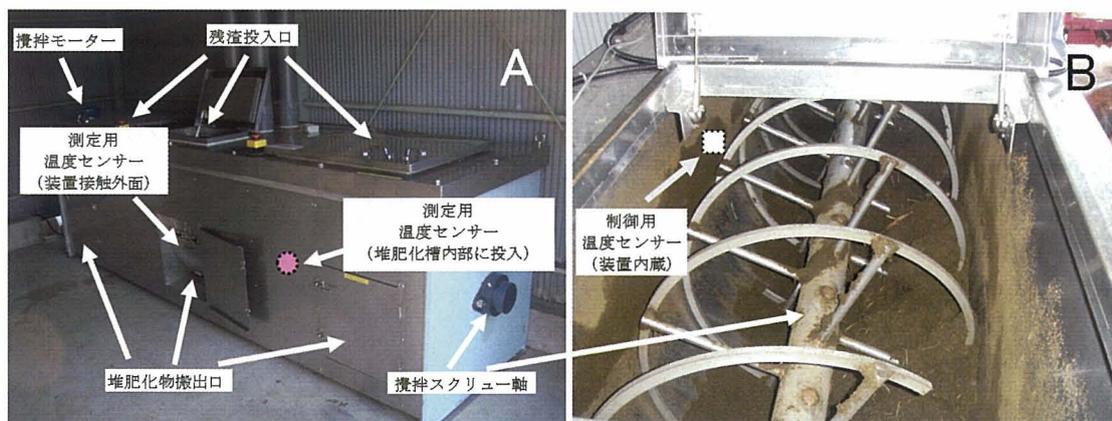


図-1 堆肥化装置の外観と温度測定部分

A：装置外観，B：投入口から撮影した内部（堆肥搬出途中）

時間静置し、根の伸長量と発芽率を測定した。それぞれの試料の反復は2とした。

4 培地としての水分特性曲線

ロックウール（ロックウールキューブ、ニッポー）、ココピート（COCO YUKI, SHELTON EXPORTS）、バーク堆肥（ゴールドンバーク、清水港木材産業共同組合）、園芸用培養土（くみあいニッピ園芸培土1号、全農）と、今回得られたトマト残渣堆肥について水分特性曲線を作成した。測定は加圧板法（太田, 1997）で行なった。自動圧力調節器（DIK-9221, 大起理化）で0.31 kPa, 0.98 kPa, 3.1 kPa, 9.8 kPa, 31.0 kPaを負荷して各マトリックポテンシャルにおける体積含水率を測定した。

5 堆肥の成分分析

発芽試験を行った5種類のトマト残渣堆肥および、その基材であるオガクズ、上記の市販のバーク堆肥、ココピートを分析対象とした。

含水率は80℃のオープンで乾燥後測定した。乾燥試料は高速振動試料粉碎機（HEIKO社, TI-100）により粉碎し分析試料とした。

全炭素と全窒素はCNコーダ（JMC 1000 CN, ジェイ・サイエンス）で測定、アンモニウム態窒素は、現物3gに対して30mLの10% KClを添加し30分間振とうして、抽出したろ液について蒸留法で測定した。硝酸態窒素は同ろ液にデバルタ合金を添加して還元後、同様に蒸留法で測定した。

カチオン分析用の試料は、粉碎試料約100mgを正確に秤量し濃硝酸10mLを加え、マイクロウエーブ分解装置（START D, マイルストーンゼネラル社製）で180℃を10分間保持して分解後、分解液を超純水（Simpli Lab-UV, MILLIPORE社製で作製）で希釈し調製した。カリウム（K）、リン（P）、カルシウム（Ca）、マグネシウム（Mg）はICP発光分析（SPS 7800, SEIKO Instruments社）で、マンガン（Mn）、銅（Cu）、亜鉛（Zn）、ニッケル（Ni）はICP-MS（ICPM 8500, 島津製作所）で測定した。

III 結 果

1 生産量と残渣発生の割合

調査した期間は2009年1月26日からであり、日長が伸び、生産量も増加する傾向にあったが、残渣発生量はほぼ一定であった（図-2）。調査したユニット工法ハウ

ス（972 m²）当たり平均して1週間当たり307 kgの可販果収量が得られ、このとき、90 kgの残渣葉と67 kgの残渣果実が発生していた。トマトの総生産量に占める残渣の割合は、35±8%であり、およそ3分の1が廃棄物となっていた。また、残渣に占める葉の割合は57±12%であり、果実の残渣より葉の残渣の方が多かった。

2 堆肥化における温度変化

a 1次堆肥化

堆肥化期間中の気象条件は、最低気温は-1.5℃であり最高気温は20.5℃で、平均気温は8.7℃であった（図-3）。装置に投入した温度計の温度は、最低4.5℃、最高74.5℃であり、平均温度は29.7℃であった。また、装置接触外面に設置した温度計については、最低8.5℃最高40.5℃であった。平均温度は30.7℃であり投入した温度計とほぼ同じであった。

b 2次堆肥化

2次堆肥化においては顕著な温度上昇は認められなかった。温室を閉め切ったため気温は最高で49.7℃、最低

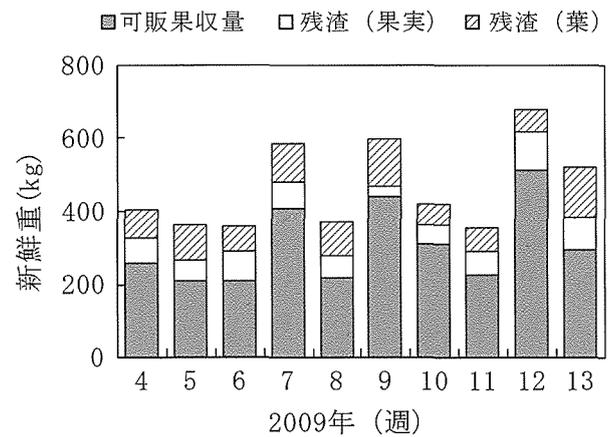


図-2 トマト生産に伴う残渣発生量

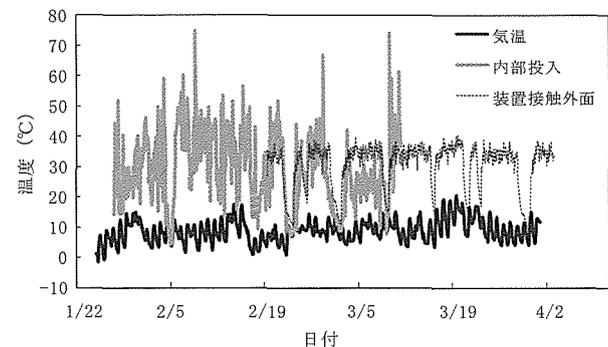


図-3 堆肥化装置による1次堆肥化処理中の温度推移

で8.9℃となり変動幅が通常の栽培を行なっている温室より大きかったが、平均気温は25.0℃であった。この時の堆肥中心部の温度は最高42.6℃、最低29.5℃、平均37.7℃であった(図-4)。堆肥の中心部の温度はほぼ半日遅れで気温上昇のパターンを反映したのみで、搬出後の攪拌に伴う発酵は活発ではなかった。また、4月13日の堆肥の含水率を測定したところ55%であったため、水分を70%に調製したが、発酵に伴う顕著な発熱は認められなかった。さらに、4月20日に切り返しを行なった後も同様に顕著な発熱は認められなかった。

3 堆肥化物の性質

a 発芽に与える影響

堆肥化処理後、14、40、51、72、86日後に採取した堆肥化物はコマツナの発芽を阻害するものではなく、対

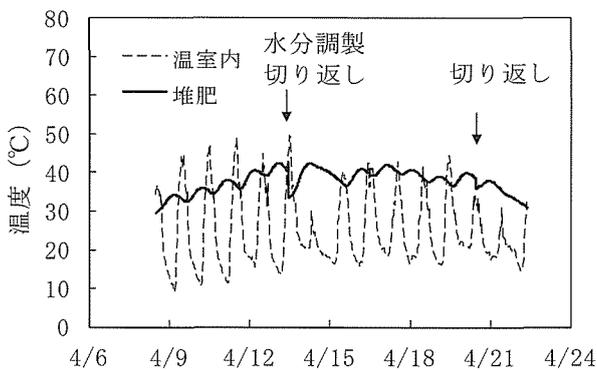


図-4 ハウス内での2次堆肥化処理中の温度推移

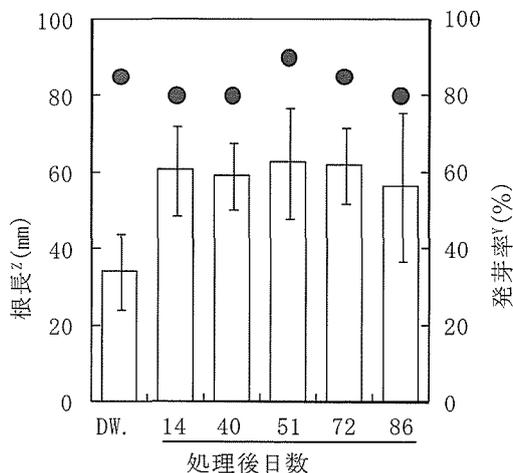


図-5 堆肥化処理後日数の異なる残渣のコマツナ発芽評価

□: 根長, ●: 発芽率
 DW: 蒸留水のみを添加した区。
 Z: 発芽した個体の根長の平均値, 縦棒は標準偏差。
 Y: シート当たり10粒播種した平均値 (n=2)。

照区と同様80%以上の発芽率であった(図-5)。また発芽後の根の伸長も阻害されず、むしろ肥料効果があると考えられ、対照の34mmに対して、堆肥を添加した区で平均60mmの伸長量が認められた。

b 堆肥の水分特性曲線

0.31 kPaのマトリックポテンシャルでは、ロックウールが最大の含水率 $0.81 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ であり、いわゆる有機培地のひとつであるココピートが $0.62 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ 、トマト残渣堆肥はバーク堆肥と同じ $0.54 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ であった(図-6)。最小は園芸用培養土の $0.33 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ であった。ロックウールは水はけが他の培地に比べ極めて良好であり、0.31 kPaで保持した水は9.8 kPaで98.3%放出された。ココピートも養液栽培用の培地として使用されるだけあって57.4%を放出した。一方で園芸用培養土は20.3%しか放出されず、バーク堆肥とトマト残渣堆肥はそれぞれ、35.9%と42.4%を放出し、土壌よりは放水しやすいがロックウールやココピートよりは少なかった。トマト残渣堆肥の水分特性曲線のパターンはバーク堆肥と類似しており、土壌改良材または培地としてもバーク堆肥に準じた使用が可能と考えられた。

c 元素濃度等の特徴

オガクズは含水率 $0.07 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ と乾燥していたが、堆肥化物は $0.58 \sim 0.66 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ (平均 $0.61 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$)であり、市販のバーク堆肥の値 $0.69 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ に類似していた(表-1)。仮比重は、堆肥化の初期では低いものの、その後処理日数の経過に従い上昇し、バーク堆肥の値に近づいた。炭素含量はオガクズで $500 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ であり、1次堆肥化

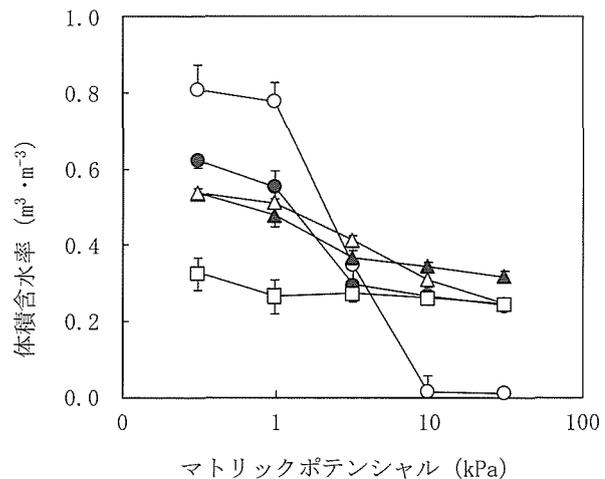


図-6 各種資材の水分特性曲線

○: ロックウール, ●: ココピート,
 △: トマト残渣堆肥, ▲: バーク堆肥, □: 園芸培養土

表-1 堆肥化物の成分変化^Z

供試素材 ^Y	含水率 仮比重		C	N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	C/N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	Ni
	g・g ⁻¹	g・mL ⁻¹													
オガクズ	0.07	0.14	500	2.0	—	—	256	0.06	0.7	1.3	0.1	3.3	8.0	38.5	0.9
堆肥 14	0.60	0.11	484	9.3	1.0	0.9	52	5.23	22.4	7.4	0.9	4.8	13.8	94.6	26.8
堆肥 40	0.66	0.13	455	11.1	0.9	1.1	41	9.51	37.7	12.8	1.4	10.0	17.1	178.6	22.0
堆肥 51	0.62	0.15	449	12.1	0.6	1.0	37	11.07	49.6	15.7	1.7	10.5	22.7	204.3	25.3
堆肥 72	0.58	0.17	435	14.4	1.0	0.4	30	12.93	63.5	19.2	2.1	12.3	24.2	250.9	38.9
堆肥 86 (2次堆肥化)	0.61	0.18	428	14.4	0.4	1.7	30	13.63	67.9	20.5	2.3	12.7	22.5	259.2	94.3
パーク堆肥	0.69	0.24	379	15.8	0.1	4.2	24	8.67	10.3	47.7	5.3	47.5	142.5	511.9	879.2
ココピート	0.14	0.10	423	8.5	0.1	0.5	50	0.01	11.2	4.4	1.6	22.5	18.9	225.9	667.0

Z: 含水率以外は乾物当りの値 (n=2)

Y: 供試素材に付された番号は、堆肥化装置に投入を開始してからの日数を示す。

に伴い 435 mg・g⁻¹ まで減少した。その後も 2 次堆肥化で 428 mg・g⁻¹ まで減少した。逆に窒素含量は堆肥化 72 日目の 14.4 mg・g⁻¹ までは上昇し、その後は上昇が停止した。C/N 比は堆肥化 14 日目の 52 から、1 次堆肥化 72 日目までに 30 に減少し、その後 2 次堆肥化では変化は認められず一定の値であった。これらの値はパーク堆肥の 24 よりは高かった。

P, K, Ca, Mg については、処理日数の経過に伴いほぼ同様の割合で増加した。P, K はパーク堆肥に比べ多く含まれたが、Ca, Mg はそれぞれ半分以下の濃度であった。微量元素についても増加傾向が認められたが、全体的にパーク堆肥の濃度が高かった。

IV 考 察

1 残渣発生量の推定と処理費用

307 kg の可販果収量が得られたとき、90 kg の茎葉と 67 kg の果実残渣が発生した。この割合で、周年 40 kg・m⁻² のトマト果実生産が行なわれた場合、11.6 kg・m⁻² の残渣葉、8.7 kg・m⁻² の残渣果実、合計 20.3 kg・m⁻² の残渣が発生すると推定された。これは同様に 40 kg・m⁻² の生産を想定し、茎葉と収穫果実の分配のみから推定した値 (中野, 2008), 16 kg・m⁻² (日本品種) および 9.5 kg・m⁻² (オランダ品種) とほぼ同程度であると判断した。トマトでは、品種によりばらつきはあるものの、生産期間中における総生産量のおよそ 3 分の 1 が廃棄物となり、その残渣のうち 6 割は残渣葉、4 割は残渣果実と推定された。

実際に、愛知県にある大規模施設 A 社 (2 ha) に問い合わせたところ、23 kg・m⁻² のトマト生産に対して 15 kg・m⁻² の残渣が生じていた。剪断、運搬、堆積に 170

円・m⁻² 程度の経費は必要とのことであった (中野, 2008)。さらに、廃棄物としての処理も必要である。有機性廃棄物の処理費用は自治体毎に異なる。医薬品や食品の場合、産業廃棄物として指定されるが、農業廃棄物はこの指定区分に入っていないので一般廃棄物の扱いとなる。N 市の場合 20 円・kg⁻¹ (自己搬入) の処理費用が必要であり、15 kg・m⁻² の残渣では 300 円・m⁻²、堆積などにより 4 分の 1 に減容した場合でも 75 円・m⁻² が必要となる。先の剪断、運搬、堆積に掛かる経費 170 円・m⁻² に上乗せされ、片付けおよび残渣処理費用として 245 円・m⁻² 程度は必要と考えられた。これらの費用を削減するためにも、また処理にかかる労力を軽減するためにも、残渣は少なければ少ないほど望ましい。摘果や側枝の処理を早めに行なう、障害果を出さない効率の良い草姿管理は当然必要であるが、堆肥化などによる活用方法も合わせて検討していく必要がある。

2 堆肥化装置の残渣処理能力

今回の実験では、堆肥化処理装置により 1 日あたり 22 kg の残渣を処理した計算になる。これはメーカーが仕様として提示する処理能力である 48~60 kg・日⁻¹ を超えるものではないため十分に機能したと考えられる。

調査期間中 (2009 年 1 月 26 日から同年 4 月 8 日まで) に搬入されたトマト残渣の堆肥化処理により、0.75 m³、308 kg (現物) の堆肥が得られた。最初に 1.5 m³ のオガクズを投入しているので容積としては約半減した。残渣を含めた期間中の投入総重量は 1792 kg であったので、堆肥化により投入総重量の 17% に減少できた。

表-2 に 40 kg・m⁻² で可販果が生産された場合、上記に示したのと同じ割合で各残渣が発生し、同様の手法で堆肥化を行なうことを想定した収支結果を示した。

表-2 残渣発生に伴う物質収支^z

		現物 乾物		N	C	P
		kg・m ⁻²				
	オガクズ	2.9	2.7	5.4	1,360	0.2
堆肥化装置への投入	残渣(葉)	11.6	1.5	57.2	627	14.3
	残渣(果実)	8.7	0.5	8.4	181	2.3
	合計	23.2	4.7	71	2,168	16.8
堆肥化装置からの排出	系外 ^y	19.2	3.1	49	1,501	—
	堆肥(残留)	4.0	1.6	22	667	21.2

Z: 40kg・m⁻²の可販果生産が行われたと仮定した場合の収支を示す。
Y: 系外とは主に大気中に放出された量の推定値を示す。

最初に投入されたオガクズも合わせて評価すると、投入した乾物はオガクズ 2.7 kg・m⁻²、残渣葉 1.5 kg・m⁻²、残渣果実 0.5 kg・m⁻² の合計 4.7 kg・m⁻² であった。一方で、生産された堆肥量は乾物では 1.6 kg・m⁻² であった。従って、投入に対して 68%の乾物が気体として系外に放出されたと考えられた。

牛糞の開放発酵槽における乾物としての分解率は 23%~41%とされており(伊吹ら, 1999)、これらの値に比べると高い値であった。本実験では、投入量が 22 kg・日⁻¹ であり、仕様書に記載されている処理能力 48~60 kg・日⁻¹ の 37~46%に相当し、装置が十分に機能したこと、用いた装置が密閉型であること、加温していること、堆肥化の期間が長いことなどにより、高い分解率が達成されたと考えられた。

3 堆肥化状態の評価

投入した温度計の温度は大きくばらついた。これは攪拌により温度計の位置が変わるためであると考えられるが最高では 74.5°C であった。内部投入温度計と装置接触外面温度計について両方温度が記録できた 2 月 19 日から 3 月 11 日までのおよそ 20 日間の温度の変動傾向は一致しており、接触外面の温度からでも内部の稼働状態を推定できた。

2 次堆肥の中心部の温度は気温変動の周期にほぼ半日遅れて同調していたため、搬出後の攪拌に伴う発酵は活発ではないと判断した。また、4 月 13 日の水分調製後の切り返しや 4 月 20 日の切り返し後も発熱が認められなかった。以上の結果から、本堆肥化装置により得られる堆肥は、十分に有機物の分解が済んだものと考えられた。

C/N 比は堆肥化 14 日目の 52 から、堆肥化 72 日目の 30 までは減少し続けた。これは相対的に窒素が多く炭素が少ないトマト残渣が投入されることによりその値に徐々に近づくためと考えられた。引き続き残渣を添加し

続けた場合、C/N 比はバーク堆肥などの値である 24 前後までは低下すると考えられる。今回は投入量が仕様書に記載されている処理能力の 37~46% であり、投入量を処理能力上限に増加させれば、堆肥化開始約 3 ヶ月以内でほぼ通常の堆肥化物に近い値に到達すると考えられる。今回の C/N 比の結果はバーク堆肥の 24 よりも高く、さらなる長時間の追熟で徐々に低下するものと考えられた。

4 堆肥化物の活用

a 肥料成分を含む資材としての活用

本堆肥化装置で得られた堆肥は、期間を通じて顕著なアンモニア臭の発生は無く、堆肥としては比較的安定した状態であった。実際にコマツナの発芽率および根の伸長に与える影響による評価でも、特に阻害が起こるような状態はいずれの時期に採取した堆肥においても認められなかった。生産されたトマト残渣堆肥の物理性指標のひとつである水分保持特性は、バーク堆肥に類似しており、土壌改良材や培地等としての使用が示唆された。肥料成分に関しては、N 濃度はバーク堆肥並みであるが、P、K はバーク堆肥以上であった(表-1)。一方で、Ca、Mg、その他の微量元素はバーク堆肥よりも低い傾向であった。圃場の肥料資材として使用する場合は、これらの特性も加味すれば、資源の有効利用が図られる。

このような堆肥化物では、使用に伴う病害の発生についても留意する必要がある。トマトの主要な病原菌は、50~60°C、10 分間でほとんど死滅することが知られているため(松田, 1977)、残渣を予めビニールで覆うなどして処理することにより高温条件を確保し、より完全に病原菌を死滅させる必要がある(中野, 2006)。またそれ以前に、堆肥化素材には病気を発症した株が混入しないようにするとともに、堆肥化物の使用に際しては別の科の農作物に対して使用する方が望ましい。

b 元素収支と肥料および CO₂ 施用源としての活用

トマトの部位別の残渣の窒素濃度を測定した結果(中野, 2008)では、葉の N 濃度は 38 mg・g⁻¹ であり、C は 416 mg・g⁻¹ であった。また果実の平均的な N は 17 mg・g⁻¹、C は 371 mg・g⁻¹ であった(中野・上原, 2007)。これらの値を用い、またそれぞれの部位の乾物率から N と C の収支を計算すると、堆肥化の期間中に N は投入量の 68% が、C は 69% が系外に放出されていた(表-2)。従って、40 kg・m⁻² の可販果収量が得ら

れる栽培では、その残渣から $49 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ の N, $1501 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ の C (CO_2 に換算すると $5.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$) が系外に放出されると推定された。この窒素量はトマト $20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ を生産するのに必要な窒素量 $46 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ に相当する (中野, 2007)。また、野菜生産に関して好適な CO_2 環境を作るための CO_2 施肥規準に照らして (大須賀, 2003), 年間 8 ヶ月間, 日中 8 時間, 1000 ppm の CO_2 濃度を施設換気率 1.0 回 h^{-1} で維持すると仮定した場合, $10 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ の CO_2 が必要となり, その半分以上 ($5.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$) が本堆肥化過程で供給可能である。気体の利用に際しては, 揮発性有機物が作物および作業者に障害を与える可能性もあるため, 有害成分の測定または除去を行うなどの注意は必要である。

リンは投入した資材の 100% が堆肥として回収され, 同様にトマト $20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ を生産するために必要なリン $12.2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ の約 1.7 作分が供給できる。C や N などと異なり, 気体として系外に放出されないことがないその他の肥料資源 (K, Ca, Mg 等) については, リンと同様の傾向が認められた。

以上の数値は, 測定した約 10 週間の値から可販果取量が $40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ になるように比例計算で求めたあくまで仮定に基づくものであるが, おおよその推定には活用できる。

大規模施設生産を行なう場合, 成分の比較的均質な残渣が安定して生産される可能性が高い。本研究で評価した発生量は概算であるが, 他の生産に充分活用できる量の CO_2 や肥料成分が得られるため, 今後は, それらを活用する手法の開発が必要である。

V 摘 要

周年で $40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ のトマト生産が行なわれた場合, $11.6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ の葉, $8.7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ の果実残渣, 合計 $20.3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ のトマト残渣が発生すると推定された。品種によりばらつきはあるものの, トマトの場合, 生産期間中で総生産量のおよそ 3 分の 1 が廃棄物となり, 残渣のうち 6 割は葉, 4 割は果実と推定された。

堆肥化によりオガクズを含めて容積としては約半減し, 投入総重量は 17% に減少できた。なお, 2 次発酵に伴う

大きな発熱は認められなかった。

コマツナを用いた発芽率などの評価では, いずれの時期に採取した堆肥においても発芽・生育阻害は認められなかった。生産された残渣堆肥の性質は水分保持の性質および無機元素組成から, ほぼバーク堆肥に類似した性質であり, 土壌改良材や培地等への使用が考えられた。

周年生産した場合, この堆肥化過程で発生する N と CO_2 は $49 \text{ g N} \cdot \text{m}^{-2}$, $5.5 \text{ kg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2}$ と試算され, 生産向上に活用できる量であると考えられた。またリンについても, $21 \text{ g P} \cdot \text{m}^{-2}$ と生産に活用できる量がまとまって堆肥として回収できる。

引用文献

- Costa, J. M and E. Heuvelink. (2005): The tomato crop and industry, edited by Heuvelink, Tomatoes. pp 1-19. CABI publishing, UK.
- 伊吹俊彦・畠中哲哉・斎藤雅典・関澤吉朗 (1999): 自動切返しと戻し利用を特徴とする牛ふん尿の堆肥化処理. 草地試験場研究報告, 58, 38-57.
- 市川明・中谷洋・加藤博美 (2000): ミニトマト茎葉残渣を混合した家畜ふん堆肥の発酵特性. 愛知県農業総合試験場研究報告, 32, 229-234
- 磯部武志 (2006): 家畜ふん堆肥 (生ごみ堆肥) の品質・成分の簡易評価と利用. 「農林水産バイオリサイクル研究」成果, 8-11.
- 松田明 (1977): 蒸気・熱風による土壌消毒法. 野菜の土壌病害, pp 353-357. 農文協, 東京.
- 中野明正 (2006): 施設栽培における有機物の利用技術. 革新的農業技術習得研修委託事業高度先進技術研修「大型施設における施設野菜生産の最新技術」テキスト, pp 47-66. 野菜茶業研究所, 三重.
- 中野明正 (2008): 大規模トマト栽培における培地と栽培残渣等利用. 農業および園芸, 83, 518-526.
- 中野明正・上原洋一 (2007): 堆肥の施用量と有機液肥による追肥がトマトの収量と品質に与える影響. 野菜茶業研究所研究報告, 6, 77-82.
- 中野明正 (2007): 果菜類生産において堆肥を有効に使うために. タキイ最前線 夏号, 51-54.
- 太田健 (1997): 加圧板法. 土壌環境分析法編集委員会編, 土壌環境分析法. pp 54-57. 博友社, 東京.
- 大須賀隆司 (2003): 二酸化炭素制御. 社団法人日本施設園芸協会編, 5 訂 施設園芸ハンドブック. p 170-181. 社団法人日本施設園芸協会, 東京.
- 鈴木和美・早川俊司・岡崎好子 (2002): 鶏ふんとトマト収穫後の茎葉との混合堆肥化処理. 千葉県畜産総合研究センター研究報告, 2, 41-42.
- 田中和夫 (2005): トマトを中心とした施設園芸技術開発の方向. 施設と園芸, 128, 6-10.

Estimation of Amount of Residues Released from a Large-scale Protected Tomato Production and the Characteristics of Composted Materials

Akimasa Nakano, Ken-ichiro Yasuba, Hidekazu Sasaki, Masahumi Johkan,
Katsumi Suzuki and Masuyuki Takaichi.

Summary

It was estimated $11.6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ of leaves and $8.7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ of fruits were released from the year-round tomato production at the rate of $40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Even though there will be some difference among the tomato varieties, one third of assimilate was discarded as the wastes by production, which was consisted of 60% of leaves and 40% of fruits.

Compost of 0.75 m^3 (308 kg wet matter) was produced within this term (ten weeks), whose volume and weight were reduced by the half and 17% of initial amount, respectively.

Temperature at the center of the secondary compost synchronized with air temperature with almost half-day delay, which meant the compost temperature was little increased by secondary fermentation.

Inhibitory factor in germination have not been recognized on the every tested composts from tomato residues (tomato compost). Because tomato compost resembled to commercial bark compost in the water holding characteristics and mineral contents, the application of this compost was assumed as soil conditioner or medium for hydroponics.

It is estimated that $49 \text{ g N} \cdot \text{m}^{-2}$ and $5.5 \text{ kg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2}$ were released from tomato composting process on a year-round production. Simultaneously, $21 \text{ g P} \cdot \text{m}^{-2}$ was also generated as a manure from this process.