

食品リサイクル堆肥施用が施設栽培のコマツナの収量 および土壌化学性に及ぼす影響

望月 証*・青山喜典**・三好昭宏*

要 約

食品リサイクル堆肥施用が施設栽培のコマツナ収量及び土壌養分の変化に及ぼす影響をプランター試験により調査した。その結果から適切な施用量を検討し、現地試験において確認を行った。

- 1 食品リサイクル堆肥は牛ふん堆肥と比較し、窒素成分が多く肥料効果が大いと考えられた。リサイクル堆肥は無機態窒素が多く、土壌に施用したのち3週間は土壌の窒素濃度の低下が起こったが、その後は安定して無機化率10%程度となった。
- 2 プランター試験3作の結果から、収量は1.5t/10a 施用した場合が最も高かった。また、地力維持・向上のためには0.5t/10a 以上施用する必要があるが、土壌養分の集積を防止するためには1.5t/10a 未満の施用が望ましいと結論した。
- 3 食品リサイクル堆肥の施用量は、土壌のECが春作から秋作では0.5mS/cm以上、冬作では1.0mS/cm以上の場合、土壌養分集積を防ぐため減らす必要があると考えられた。

Effects of Food Compost Application on Komatsuna Yield and Soil Nutrient in Green House

Akashi Mochizuki, Yoshinori Aoyama and Akihiro Miyoshi

Summary

The authors examined the effect of food compost application on Komatsuna (*Brassica campestris var. peruviridis*) yields and soil nutrient changes using the planter box in a green house, and concluded the best amount of food compost to apply in the green house. Then we tested in the local field.

- (1) It was considered that the nitrogen content of this food compost was higher than that of cattle feces manure. In the nitrogen mineralization test of the compost, in the early three weeks we observed the nitrogen incorporation to soil and then nitrogen mineralization rate was kept about 10%.
- (2) As the results of three times cultivations of komatsuna with planter boxes, in the case of 1.5t/10a application of the food compost, the highest yield was obtained. We needed more than 0.5t/10a application to increase the soil fertility and less than 1.5t/10a application to prevent nutrient excess in soil.
- (3) It was thought that we had to decrease the application amount of the food compost to prevent nutrient excess in soil in the case that EC of soil was more than 0.5mS/cm from spring to autumn, or more than 1.0mS/cm in winter.

キーワード：食品残さ，堆肥，コマツナ，施設栽培，土壌養分，収量，EC

緒 言

2001年に「食品循環資源の再利用などの促進に関する法律」が制定され、2006年から食品関連業者は食品廃棄

物の20%に対して、再利用や減量化等により対策を講じることとなっている。しかし、食品小売業者の堆肥化等による食品廃棄物の再利用は10%程度と低い⁸⁾。その理由の一つとして、製造した堆肥の特性が明らかでなく、堆肥の利用者である農家に十分受け入れられていないことが考えられる。しかし、生ゴミの堆肥やコンポストは家畜ふん堆肥と比べて重金属含量も少なく^{2,3,12)}、近隣

2008年8月29日受理

* 兵庫県立農林水産技術総合センター環境部

** 兵庫県立農林水産技術総合センター企画調整・産学官連携部

から良質な堆肥を入手することが困難な都市近郊農家には貴重な資材になる可能性がある。また、食品残渣を用いた堆肥を施す場合には、養分集積に配慮した栽培管理が必要であるとされている¹³⁾。特に施設栽培土壌は、塩類集積が問題となっているため^{7,11)}、適切に堆肥を施用することが不可欠である。本報では、大規模小売店から排出される食品廃棄物から製造された堆肥(以下「食品リサイクル堆肥」という)の適切な施用量を、施設軟弱野菜の収量及び土壌化学性への影響から検討した。

材料及び方法

1 プランター試験

食品リサイクル堆肥の適切な施用量を検討するため、プランター試験を実施し、コマツナの収量と土壌養分を調査した。

(1) 試験場所及び試験規模

兵庫県立農林水産技術総合センター内のガラス室で、プランター(縦65cm,横23cm,深さ19cm)を用いて、プランター当たり20株栽培した。各処理区3連制(無肥料・無堆肥区のみ2連制)で2002年に実施した。

(2) 耕種概要

試験はコマツナ(品種「こそで」)を用い、同じプランターを用いて3作実施した。1作目は、6月18日は種、7月12日収穫、2作目は9月19日は種、10月11日収穫、3作目は10月31日は種、12月25日収穫であった。

(3) 供試土壌

土壌は、栽培履歴によりECの異なる3種の土壌(兵庫県三木市細川町の施設軟弱野菜ほ場の作土、細粒黄色土、土性:埴壤土、)を用いた。すなわちECが0.05mS/cmの土壌(以下、低EC土壌と略す)、0.2mS/cmの土壌(以下、中EC土壌と略す)、0.6mS/cmの土壌(以下、高EC土壌と略す)を供試した。土壌は、風乾後5mmの篩で小礫等を除去し、プランター当たり10kgを充填した。

(4) 供試資材及び試験区

試験に供試した食品リサイクル堆肥は、2002年5月に製造しており、小売店舗等からの食品残さ約40%と近隣の牛ふんを約20%、籾殻等の副資材約10%、完成した堆肥約30%を混合して1次発酵を2週間、2次発酵を6週間行ったものである。試験区は、3種類の供試土壌ごとに、食品リサイクル堆肥を無施用(0t)、0.5t、1.5t、3.0t/10a(10a当たりの土壌重量を100tと仮定して換算)を施用した。また土壌ごとに無肥料・無堆肥区を設けた。無肥料・無堆肥区以外の試験区の肥料は、一般的な無機肥料である硫安、過石、塩加を用いて10a当たり窒素8.8kg、リン酸4.0kg、カリ2.0kgを全層に施用した。すべての試

験区に副産石灰肥料(蛎殻石灰)を1作目は100kg/10a、2,3作目は50kg/10a施用した。

(5) 調査項目及び測定方法

試験に供試した食品リサイクル堆肥の成分及び化学性を分析した。T-N、T-CはNCアナライザー(SUMIGRAPH NC80AUTO,住友化学)による乾式燃焼法により分析した。また、硝酸・過塩素酸による酸分解後、P₂O₅は比色法により、K₂Oは炎光光度計(FLAME PHOTOMETER,英弘精機産業)により、CaO、MgOはプラズマ発光分光分析装置(SPS1200A,セイコー電子工業)により定量した。窒素無機化率は、水分を最大容水量の50%に調整した土壌20gに堆肥を10mg-N相当量加えて30日で培養し、経時的に無機態窒素含量を定量し、土壌のみを培養した無機態窒素含量を差し引いて求めた。

収量は、収穫期の20株の合計重量とした。収穫期は、低EC土壌の無施用区が最適な生育量になった時点として、合わせて全区を収穫した。また、色差計(Z-1001DR,日本電色工業)により収穫したコマツナの葉色(L値、a値、b値)を測定した。試験開始前と1作目及び3作目の収穫後の土壌を採取し、分析に供した。土壌中のT-N及びT-Cは、上記の方法により分析した。可給態リン酸含量はトルオーグ法により、交換性K₂O、CaO、MgO含量は、pH7.0酢酸アンモニウム抽出法により分析した。硝酸態窒素、水溶性Cl⁻、SO₄²⁻含量は、水抽出液をイオンクロマトグラフィーにより定量した。可給態窒素含量は、土壌を最大容水量の50%に水分調整して30-28日間培養した後の無機態窒素含量から、培養前の硝酸態窒素含量を差し引いて求めた。

2 現地試験

プランター試験で検討した食品リサイクル堆肥の施用量をほ場で適用できるかどうかを検討するため、現地試験を実施した。

(1) 試験場所及び試験規模

試験1は2001年に、試験2は2003年に、兵庫県三木市細川町の施設軟弱野菜栽培の異なるほ場で実施した。試験1のほ場(ハウス規模:6m×30m,土性:埴壤土)は作付け開始から2年目であるが、過去に食品リサイクル堆肥を多量施用していた。試験規模は各区6m×5mであった。試験2のほ場(ハウス規模:7.2m×60m,土性:砂土)も作付け開始から2年目であり、過去の堆肥施用は、現地ほ場の中では比較的少なかった。試験規模は各区7m×7mであった。

(2) 耕種概要

供試作物はコマツナを用いた。品種は2001年の試験1

表1 現地試験の堆肥施用量及び施肥概要

試験名 (年)	試験区	食品リサイクル堆肥施用量 (t/10a)	施肥量 (kg / 10a)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
試験1 (2001)	堆肥無施用・標準施肥	0	9.9	5.3	4.2
	堆肥1.2t施用・標準施肥	1.2	9.9	5.3	4.2
	堆肥1.2t施用・1/2減肥	1.2	4.95	2.65	2.1
試験2 (2003)	堆肥無施用・標準施肥	0	9.9	5.3	4.2
	堆肥1.2t施用・標準施肥	1.2	9.9	5.3	4.2
	堆肥1.2t施用・1/2減肥	1.2	4.95	2.65	2.1
	堆肥3.6t施用・1/2減肥	3.6	4.95	2.65	2.1

肥料は全量基肥として有機質肥料(菜種油粕100kg/10a及び魚粕有機質肥料50kg/10a)を施用

では「夏楽天」、試験2では「ニューコマツナ」を供試した。試験1は2001年6月23日は種,7月18日収穫,試験2は2003年5月29日は種,6月20日収穫であった。

(3) 試験区及び供試資材

試験1は、堆肥無施用・標準施肥区と堆肥1.2t施用・標準施肥区及び堆肥1.2t施用・1/2減肥区の3区を設け、試験2は堆肥無施用・標準施肥区と堆肥1.2t施用・標準施肥区及び堆肥1.2t施用・1/2減肥区、堆肥3.6t施用・1/2減肥区の4区を設けた。試験1,2とも試験区の反復なしの一連制で行った。肥料は、現地慣行に従って有機質肥料とし、いずれも基肥として用いた。試験区の概要は表1のとおりである。

(4) 調査項目及び測定方法

収量は、各試験区で中庸な場所を選定し、各区1㎡当たりのコマツナ地上部の重量を調査した。試験に用いた食品リサイクル堆肥及び有機質肥料の成分、化学性を、前述の方法により分析した。また、作付前と収穫後の土壌を採取し、土壌の化学性を分析した。なお、作付前の硝酸態窒素含量は小型反射式光度計により測定した。

結 果

1 プランター試験

(1) 食品リサイクル堆肥の成分及び化学性

堆肥の分析結果を表2に示した。堆肥の水分が15.9%

表2 試験に用いた食品リサイクル堆肥及び有機質肥料の成分、化学性

試料	水分 (%)	pH(風乾) (1:10)	EC(1:10) (mS/cm)	T-N (%)	T-C (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)
食品リサイクル堆肥 (プランター試験)	15.9	6.0	5.5	2.9	37.7	13.1	1.6	1.7	1.9	0.3
食品リサイクル堆肥 (2001年現地試験)	18.0	6.7	5.0	2.7	30.8	11.2	1.7	1.5	1.5	0.4
食品リサイクル堆肥 (2003年現地試験)	28.1	6.7	5.3	2.3	29.0	12.9	1.7	1.4	1.7	0.3
魚粕有機質肥料	57.0	7.4	11.3	7.8	33.6	4.3	5.4	5.3	5.9	0.9
菜種油粕	10.6	5.8	2.7	6.0	41.7	6.9	2.6	1.7	0.8	0.8

と低かった。T-Nが2.7%, P₂O₅, K₂Oが1.5%以上と3成分がバランス良く含まれていた。堆肥の窒素無機化パターンを図1に示した。培養開始前から無機態窒素含量が多く含まれるため無機化率が15%を超えていたが、培養開始後1週間から3週間の間は、無機態窒素含量が減少し、4週間目以降は10%前後で安定して推移した。

(2) 収量及び葉色

3作の収量を表3に示した。低EC土壌と中EC土壌の3作の合計収量は、1.5t/10aでは他区より収量が多かったが、高EC土壌の場合は合計収量の差は少なかった。3.0t/10aの収量はどの土壌でも1.5t/10aより少ない傾向があった。各作付では、1作目では低EC土壌の0.5t/10a区が無施用区より収量が少なかった。高EC土

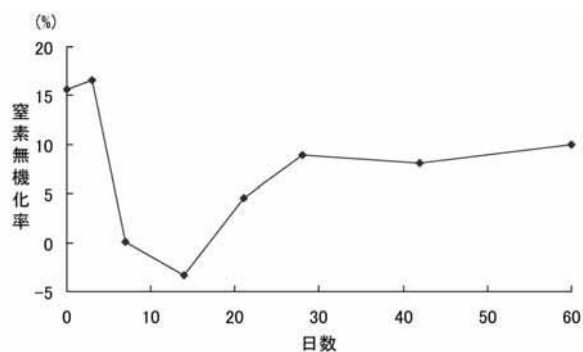


図1 食品リサイクル堆肥の窒素無機化パターン

表3 食品リサイクル堆肥の施用量がコマツナの収量に及ぼす影響(プランター試験)

供試土壌	試験区 (10a 当たり)	1 作目		2 作目		3 作目		合計収量 (g)
		収量 (g/20株)	標準 偏差	収量 (g/20株)	標準 偏差	収量 (g/20株)	標準 偏差	
低 EC 土壌	無施用	232.6 ab*	83.5	208.6 a*	21.6	203.7 a*	9.4	644.9 a*
	0.5 t	141.6 a	31.5	214.3 a	51.5	289.4 ab	14.6	645.2 a
	1.5 t	343.9 b	34.8	243.6 a	5.7	354.1 b	56.3	941.7 b
	3.0 t	323.5 b	38.9	190.5 a	65.2	262.1 ab	54.0	776.1 ab
	無肥料・無堆肥	79.0		41.7		15.4		136.0
中 EC 土壌	無施用	331.1 a*	18.3	280.5 a*	25.2	190.7 a*	34.0	802.3 a*
	0.5 t	297.4 a	14.3	260.2 a	41.9	255.9 ab	49.4	813.5 a
	1.5 t	317.6 a	81.2	344.8 a	39.3	374.3 c	13.5	1036.6 b
	3.0 t	279.7 a	33.1	260.3 a	15.7	329.6 bc	41.7	869.5 ab
	無肥料・無堆肥	286.8		97.3		53.3		437.4
高 EC 土壌	無施用	220.0 a*	20.6	256.3 a*	44.6	364.7 a*	57.4	841.0 a*
	0.5 t	247.2 a	55.6	242.2 a	34.3	375.7 a	37.1	865.1 a
	1.5 t	254.6 a	5.3	313.4 a	103.1	308.7 a	77.5	876.8 a
	3.0 t	196.1 a	30.9	246.9 a	122.5	309.3 a	57.5	752.3 a
	無肥料・無堆肥	207.0		214.4		37.6		459.1

* 各土壌の各作ごとに英文字が異なる場合は5%水準で有意 (Tukeyの方法による $\alpha=0.05$)
無肥料・無堆肥区は統計処理なし

表4 食品リサイクル堆肥の施用量がコマツナの葉色に及ぼす影響(プランター試験)

供試土壌	試験区 (10a 当たり)	1 作目			2 作目			3 作目		
		L 値	a 値	b 値	L 値	a 値	b 値	L 値	a 値	b 値
低 EC 土壌	無施用	34.3 a*	-5.5 a*	10.9 ab*	33.7 a*	-5.5 a*	10.4 a*	30.6 a*	-2.9 abc*	7.5 abc*
	0.5 t	35.5 a	-6.2 a	11.7 a	33.6 a	-5.2 ab	9.7 a	30.2 a	-3.2 abc	7.7 abc
	1.5 t	34.2 a	-5.8 a	10.1 ab	32.9 a	-4.7 ab	9.2 a	29.4 a	-2.6 ab	6.8 ab
	3.0 t	33.7 a	-4.9 a	9.9 ab	32.1 a	-3.8 b	8.3 a	29.3 a	-2.2 ab	6.3 ab
	無肥料・無堆肥	40.1	-7.9	14.9	39.2	-8.1	15.3	36.7	-6.7	13.4
中 EC 土壌	無施用	35.0 a	-5.6 a	10.8 ab	34.3 a	-4.5 ab	9.8 a	33.6 b	-4.2 c	9.0 c
	0.5 t	35.3 a	-5.7 a	10.9 ab	33.1 a	-4.2 ab	8.8 a	32.5 b	-3.6 bc	8.0 bc
	1.5 t	34.5 a	-5.5 a	10.2 ab	33.9 a	-4.4 ab	9.0 a	29.7 a	-2.9 abc	6.5 ab
	3.0 t	34.6 a	-5.4 a	10.3 ab	32.9 a	-4.0 ab	8.5 a	29.6 a	-2.2 ab	5.9 a
	無肥料・無堆肥	36.7	-6.5	11.8	39.9	-7.1	13.8	36.0	-6.2	12.3
高 EC 土壌	無施用	34.4 a	-5.6 a	10.8 ab	34.2 a	-4.7 ab	9.9 a	29.7 a	-3.0 abc	7.3 abc
	0.5 t	34.3 a	-5.0 a	10.3 ab	34.3 a	-5.0 ab	10.6 a	30.4 a	-3.2 abc	7.2 abc
	1.5 t	33.9 a	-5.2 a	9.7 ab	34.2 a	-4.5 ab	9.4 a	29.0 a	-1.7 a	5.8 a
	3.0 t	33.7 a	-4.8 a	9.3 b	32.8 a	-4.1 ab	8.6 a	29.0 a	-1.7 a	5.9 a
	無肥料・無堆肥	34.8	-5.7	11.0	38.0	-6.7	13.0	35.1	-5.0	11.3

* 無肥料・無堆肥区を除いた各作ごとの項目列において英文字が異なる場合は有意差あり (Tukeyの方法による $\alpha=0.05$)
無肥料・無堆肥区は統計処理なし

壤の1作目は各区の差が少なかったが、3作目は1.5t/10a区が無施用区及び0.5t/10a区より少ない傾向が認められた。中 EC 土壌及び高 EC 土壌の1作目の無肥料・無堆肥区は、3.0t/10a区より収量が多い傾向であったが、2作目及び3作目は他区より著しく少なかった。3作目の葉色を表4に示した。葉色は、堆肥施用量が多くなると、L値、a値、b値とも低くなり、濃く、暗くなる傾向がみられた。しかし、1作目の低 EC 及び中 EC 土壌のように0.5t/10a区は無施用区より色が薄くなる場合もみられた。3作目は、全体として1,2作目よりL値、a値、b値とも低くなり、色が濃くなる傾向がみられた。

(3) 土壌の化学性

試験前と1作跡の土壌化学性を表5に示した。1作跡ではpHはすべての試験区において作付けにより低下傾向を示した。EC及び水溶性SO₄²⁻含量は概ね増加した。低 EC 土壌の1作跡では、T-N含量はすべての区で作付前より増加し、T-C含量は0.5t~3.0t/10a区で、可給態リン酸含量は1.5t, 3.0t/10a区で、硝酸態窒素、可給態窒素、交換性MgO、K₂O含量は3.0t/10a区において有意に増加した。中 EC 土壌の1作跡では、T-C及び水溶性Cl⁻含量は1.5t, 3.0t/10a区で、可給態リン酸含量は3.0t/10a区で作付前と比較して増加した。T-N及び硝酸態窒素、可給態窒素、交換性K₂O含量は0t, 0.5t/10a区では作付前より減少し、1.5t/10a区では減少もしくは維持され、

表5 プランター試験における試験前,1作跡の土壌化学性

供試土壌	試験区	pH (H ₂ O)	EC mS/cm	T-N %	T-C %	硝酸態窒素 mg/100g	可給態窒素 mg/100g	可給態リン酸 mg/100g	交換性			水溶性		
									CaO	MgO	K ₂ O	CaO/MgO 当量比	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ mg/100g
低 EC	試験前	6.1 a*	0.05 a*	0.09 a*	0.84 a*	0.0 a*	8.4 a*	10 a*	345 a*	113 ab*	37 a*	2.2 a*	1 a*	1 a*
	無施用	5.3 b	0.16 b	0.10 b	0.90 ab	0.5 a	4.7 b	10 a	335 a	110 a	27 b	2.2 a	1 a	29 ac
	0.5t	5.3 b	0.16 b	0.10 b	0.96 b	1.5 ab	6.6 ab	15 a	332 a	109 a	35 ab	2.2 a	2 a	22 a
	1.5t	5.4 b	0.21 b	0.12 c	1.08 c	0.7 a	7.4 a	22 b	343 a	116 bc	34 ab	2.1 b	3 a	34 bc
	3.0t	5.3 b	0.33 c	0.14 d	1.43 d	3.0 b	12.7 c	41 c	343 a	121 c	50 c	2.0 c	10 b	31 bc
中 EC	試験前	6.6 a*	0.22 a*	0.23 a*	2.09 a*	4.7 a*	11.6 a*	104 a*	434 a*	141 a*	67 a*	2.2 a*	5 a*	10 a*
	無施用	6.3 b	0.27 ab	0.20 b	1.93 a	0.7 b	7.5 b	98 a	442 ab	147 b	54 b	2.2 ab	3 a	33 b
	0.5t	6.2 b	0.31 bc	0.20 b	1.98 a	0.9 bc	8.0 b	95 a	454 b	149 b	59 b	2.2 ab	5 a	36 b
	1.5t	6.1 c	0.33 c	0.23 a	2.27 b	2.1 c	9.7 b	93 a	437 ab	148 b	70 a	2.1 b	9 b	31 b
	3.0t	6.0 d	0.52 d	0.26 c	2.48 c	7.8 d	19.4 c	130 b	436 ab	149 b	82 c	2.1 b	15 c	40 b
高 EC	試験前	6.4 a*	0.62 a*	0.31 a*	2.77 a*	18.5 ab*	16.2 ab*	180 a*	488 a*	146 a*	91 ab*	2.4 a*	16 a*	15 a*
	無施用	6.3 ab	0.63 a	0.28 b	2.51 a	13.4 ac	20.8 c	157 bc	489 a	147 a	82 c	2.4 a	17 a	47 b
	0.5t	6.2 b	0.63 a	0.27 b	2.47 a	12.0 c	20.4 c	148 c	490 a	145 a	83 bc	2.4 a	18 ab	46 b
	1.5t	6.0 c	0.74 a	0.29 ab	2.58 a	21.3 b	30.5 a	171 ab	485 a	149 a	97 a	2.3 a	22 b	51 b
	3.0t	5.9 c	0.92 b	0.32 a	2.75 a	27.8 d	39.6 b	184 a	488 a	150 a	114 d	2.3 a	30 c	57 b
基準値	2	6.0~7.0		1.8~2.9	1			50~100	250~300	35~50	35~50	3~6		

*各土壌の各項目ごとに英文字が異なる場合は5%水準で有意 (Tukeyの方法による, α=0.05) 以下の表に同じ
1 腐植の指針値 3~5%であるため1.7で除したもので、2 兵庫県の土壌診断の基準値²⁾

表6 プランター試験における試験前,3作跡の土壌化学性

供試土壌	試験区	pH (H ₂ O)	EC mS/cm	T-N %	T-C %	硝酸態窒素 mg/100g	可給態窒素 mg/100g	可給態リン酸 mg/100g	交換性			水溶性		
									CaO	MgO	K ₂ O	CaO/MgO 当量比	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ mg/100g
低 EC	試験前	6.1 a	0.05 a	0.09 a	0.84 a	0.0 a	8.4 ab	10 a	345 a	113 ab	37 a	2.2 a	1 a	1 a
	無施用	4.9 b	0.41 b	0.10 b	0.89 ab	0.1 a	4.9 a	13 ab	382 b	108 a	26 b	2.5 bc	0 a	85 b
	0.5t	5.0 b	0.52 b	0.12 c	1.11 b	0.1 a	5.9 ab	23 b	399 b	111 ab	30 ab	2.6 b	1 a	109 b
	1.5t	5.2 c	0.62 b	0.17 d	1.59 c	0.6 a	9.8 b	62 c	410 b	122 bc	37 a	2.4 cd	16 b	106 b
	3.0t	5.2 c	0.88 c	0.25 e	2.49 d	5.4 a	19.0 c	107 d	409 b	128 c	71 c	2.3 ad	30 b	125 b
中 EC	試験前	6.6 a	0.22 a	0.23 ab	2.09 ab	4.7 a	11.6 ab	104 a	434 a	141 a	67 a	2.2 a	5 ab	10 a
	無施用	6.1 b	0.45 ab	0.22 a	1.96 a	0.1 a	10.0 a	104 a	523 b	137 a	46 b	2.7 b	1 a	83 b
	0.5t	6.1 bc	0.56 b	0.24 b	2.24 b	0.1 a	11.1 ab	125 a	511 b	136 a	57 ab	2.7 b	3 a	108 b
	1.5t	5.9 c	0.68 bc	0.27 c	2.64 c	0.1 a	13.1 ab	158 b	509 b	148 a	60 ab	2.5 c	18 bc	112 b
	3.0t	5.6 d	0.88 c	0.35 d	3.56 d	11.0 b	28.0 b	191 c	485 b	147 a	94 c	2.4 c	29 c	98 b
高 EC	試験前	6.4 a	0.62 a	0.31 a	2.77 a	18.5 ab	16.2 ab	180 ab	488 a	146 ab	91 a	2.4 a	16 a	15 a
	無施用	6.3 ab	0.60 a	0.27 b	2.52 a	0.1 c	10.5 a	161 a	543 b	134 a	56 b	2.9 b	9 a	108 b
	0.5t	6.1 b	0.68 a	0.30 ab	2.74 a	0.2 c	11.2 a	181 ab	544 b	139 a	64 b	2.8 bc	13 a	121 b
	1.5t	5.9 c	0.96 b	0.34 c	3.19 b	11.8 a	24.4 ab	192 b	548 b	146 ab	86 a	2.7 c	31 b	121 b
	3.0t	5.7 c	1.37 c	0.42 d	3.95 c	29.2 b	45.9 b	263 c	536 b	154 b	128 c	2.5 a	46 c	134 b
基準値	2	6.0~7.0		1.8~2.9	1			50~100	250~300	35~50	30~50	3~6		

1, 2 表5に同じ

3.0t/10a区のみ増加した。高EC土壌の1作跡では、水溶性Cl⁻含量が1.5t, 3.0t/10a区において作付前より増加した。硝酸態窒素及び交換性K₂O含量については3.0t/10a区において増加が認められたが、0t, 0.5t/10a区ではT-N及び可給態窒素, 可給態リン酸, 交換性MgO含量が減少し、1.5t, 3.0t/10a区では作付前と差はみられなかった。

次に、試験前,3作跡の土壌化学性を表6に示した。3作跡では、pHはすべての試験区において作付けにより低下傾向を示し、特に中EC土壌, 高EC土壌では1.5t, 3.0t/10a区で顕著に低下し、低ECでは無施用及び0.5t/10a区において低下した。どの土壌においてもEC及び交換性CaO, 水溶性SO₄²⁻含量は作付前に比べて概ね増加した。低EC土壌のT-N及びT-C, 可給態リン酸含量は、0.5t~3.0t/10a区で増加し、3.0t/10a区で著しく増加した。中EC土壌及び高EC土壌のT-N及びT-C含量は1.5t, 3.0t/10a区で増加した。可給態リン酸含量は中EC土壌は1.5t, 3.0t/10a区で、高EC土壌は3.0t/10a

区で増加した。可給態窒素及び交換性MgO, 水溶性Cl⁻含量はどの土壌でも無施用及び0.5t/10a区では減少傾向を示し、1.5t, 3.0t/10a区の場合におおむね維持又は増加傾向を示した。交換性K₂O含量は3.0t/10a区で増加したが、他の区は維持するか、減少傾向を示した。

2 現地試験

(1) 食品リサイクル堆肥と有機質肥料の成分及び化学性
用いた堆肥は、表2に示すとおり、プランター試験に用いたものとはほぼ同じ成分と化学性であった。用いた肥料の魚粕有機質肥料及び菜種油粕はC/N比が低く、T-Nが高かった。魚粕有機質肥料は菜種油粕と比べてECが高く、T-C以外の全ての成分濃度が高かった。

(2) 収量及び土壌化学性

収量を図2に示した。試験1の収量は、堆肥無施用・標準施肥区と比較して堆肥1.2t施用・標準施肥区では101%、堆肥1.2t施用・1/2減肥区では89%となった。また、試験2の収量は、堆肥1.2t施用・標準施肥区では、

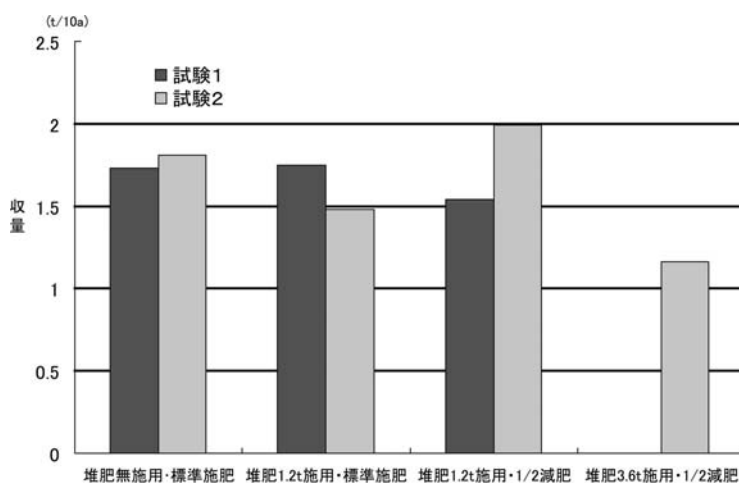


図2 現地試験のコマツナ収量

表7 現地試験の土壌化学性

試験	時期	試験区	pH	EC mS/cm	T-N %	T-C %	可給態 リン酸 mg/100g	硝酸態 窒素 mg/100g	交換性塩基		
									CaO	MgO	K ₂ O
試験1	作付け前	堆肥無施用・標準施肥	6.1	0.89	0.40	3.4	213	13	546	180	117
		堆肥1.2t施用・標準施肥	6.4	0.95	0.36	3.0	168	14	516	156	129
		堆肥1.2t施用・1/2減肥	6.4	0.98	0.35	2.8	198	17	416	128	111
	収穫後	堆肥無施用・標準施肥	6.4	0.94(106)	0.31(77)	2.5(73)	157(74)	25(189)	521(95)	155(86)	106(91)
		堆肥1.2t施用・標準施肥	6.0	0.90(95)	0.34(96)	2.8(94)	120(71)	22(158)	536(104)	177(113)	135(105)
		堆肥1.2t施用・1/2減肥	6.2	0.91(93)	0.40(114)	3.4(122)	172(87)	19(112)	582(140)	175(136)	120(108)
試験2	作付け前	堆肥無施用・標準施肥	6.2	0.38	0.19	1.5	62	15	232	61	42
		堆肥1.2t施用・標準施肥	6.3	0.27	0.13	1.2	62	7	260	62	40
		堆肥1.2t施用・1/2減肥	5.8	0.45	0.20	1.7	88	17	226	67	75
	堆肥3.6t施用・1/2減肥	6.1	0.53	0.21	2.0	95	19	275	73	73	
	収穫後	堆肥無施用・標準施肥	6.0	0.38(99)	0.15(83)	1.4(92)	57(93)	17(114)	229(99)	64(105)	43(103)
		堆肥1.2t施用・標準施肥	6.0	0.42(157)	0.16(122)	1.5(125)	65(106)	17(246)	198(76)	61(98)	46(115)
堆肥1.2t施用・1/2減肥		6.1	0.35(78)	0.22(109)	1.9(111)	93(105)	15(89)	251(111)	66(98)	64(86)	
堆肥3.6t施用・1/2減肥	6.0	0.64(121)	0.31(152)	2.8(139)	125(131)	25(127)	266(97)	77(106)	112(152)		

* () は作付け前を100とした比

堆肥無施用・標準施肥区の82%，堆肥1.2t施用・1/2減肥区では110%，堆肥3.6t施用・1/2減肥区では64%となった。作付け前後の土壌化学性を表7に示した。試験1では堆肥無施用・標準施肥区及び堆肥1.2t施用・標準施肥区ではT-N，T-C，可給態リン酸含量は減少傾向を示したが，堆肥1.2t施用・1/2減肥区では，可給態リン酸含量以外は増加傾向を示した。硝酸態窒素含量は作付け前に比べて全区とも増加傾向を示した。堆肥無施用・標準施肥区の交換性塩基含量は減少傾向であったが，堆肥1.2t施用・標準施肥区及び堆肥1.2t施用・1/2減肥区では増加傾向を示した。試験2の堆肥無施用・標準施肥区ではT-C，T-N，可給態リン酸含量は減少傾向を示したが，堆肥1.2t施用・標準施肥区及び堆肥1.2t施用・1/2減肥区，堆肥3.6t施用・1/2減肥区は増加傾向であった。

考 察

1 食品リサイクル堆肥の特性について

今回用いた堆肥は水分が低く(表2)，一般的な生ご

みコンポストの特性を持っていた^{2,12)}。牛ふん堆肥^{14,15)}と比較して，窒素成分濃度が高く，C/N比が低いため分解が速やかに進むと考えられる。窒素の供給については，図1のとおり初期の無機態窒素含量がやや多く，その後3週間は取り込みが起これり，それ以後は再び無機化し約10%で安定した。このことからごく初期の無機態窒素の影響が大きい，その後はいったん取り込まれるため窒素供給は有機質肥料等に比べて少ないと考えられた。

2 食品リサイクル堆肥の施用量と収量について

表3に示したプランター試験の結果から，低EC土壌及び中EC土壌について，1.5t/10aの食品リサイクル堆肥施用区は，無施用区と比べて3作の合計収量が多かった。どの土壌においても，合計収量は1.5t/10aまでは施用量が増えるに従って多くなり，3.0t/10aでは少ない傾向を示した。このため，収量面から堆肥の施用量は1.5t/10aが適切であると考えられた。しかし，高EC土壌の3作目のように土壌養分の目安となるECが

1.0mS/cm 前後になるような場合、1.5t/10a 施用よりも 0.5t/10a 施用の方が収量が多くなった。これらのことから、養分集積が進んでいない場合1.5t/10a の施用が望ましく、養分集積が進んだ土壌では施用量は1.5t/10a 未満が望ましいと考えられた。なお、1作目の低 EC 土壌において無施用より、0.5t/10a 施用した場合の収量が少ない原因は、葉色が薄く(表4)、プランター内の一部が排水不良により、根が養分を十分に吸収できていないためと考えられた。

現地試験の結果から、試験1では堆肥1.2t/10a 施用・標準施肥区は堆肥無施用・標準施肥区と同等の収量であった。試験2では堆肥1.2t/10a 施用・1/2減肥区は収量が多かったが、堆肥3.6t/10a 施用・1/2減肥区は著しく少なかった。現地試験でも、概ねプランター試験と同様の結果が得られた。

3 地力の維持と堆肥施用量について

表6の結果から、表8に土壌養分が蓄積を示す最少の堆肥施用量、表9に土壌養分が減少を示す最大の施用量としてまとめた。地力の維持は堆肥の施用の大きな目的の一つであるため、地力維持に必要な施用量が、適正な堆肥の最少施用量であると考えられる。地力の指標として土壌有機物含量、すなわち T-C 含量を用いることが有効であるが⁹⁾、表8,9から、T-C 含量は中 EC 土壌及び高 EC 土壌で0.5t/10a 施用することにより概ね維持できる。なお、表8から低 EC 土壌では0.5t/10a でも T-C 含量が増加するため、地力が高まったと考えることができる。このことから、0.5t/10a 以上の施用であれば地力の維持が可能と考えられる。

現地試験土壌の作付け前後の T-C 含量について検討すると、養分が集積している試験1土壌では堆肥1.2t 施用・標準施肥区は T-C 含量が減少傾向であるが、堆肥1.2t 施用・1/2減肥区では増加しているため一定の傾向はみられなかった。養分集積が少ない試験2土壌では堆肥施用により T-C 含量が増加する傾向であった。これらは表5の1作跡の結果と概ね一致した。

表8 3作作付けにより土壌養分が蓄積する最少の堆肥施用量(t/10a)

	低 EC 土壌	中 EC 土壌	高 EC 土壌
EC	0	0.5	1.5
T-C	0.5	1.5	1.5
T-N	0	1.5	1.5
可給態リン酸	0.5	1.5	3
交換性 K ₂ O	3	3	3
交換性 MgO	3	-	-

注)10a 当たり N:8.8kg、P₂O₅:4.0kg、K₂O:2.0kg 基肥施用条件下の結果

4 養分集積と食品リサイクル堆肥施用量について

施設野菜栽培では塩類集積が問題になる場合が多いため⁷⁾、土壌養分の蓄積の面から堆肥施用量の上限値について検討する必要がある¹⁴⁾。一般に、EC の上昇による濃度障害により生育障害が起こったり¹⁾、リン酸の過剰は土壌病害を助長することが知られており⁶⁾、その面から適切な施用量を検討する必要がある。表8が示すとおり EC 及び可給態リン酸含量は、試験前の養分状態により3作作付け後に増加する堆肥施用量が異なる。高 EC (0.6mS/cm) 土壌では EC の上昇は望ましくないため堆肥1.5t/10a 施用では多いと考えられる。また、可給態リン酸含量は中 EC 土壌でも100mg/100g を超えており、過剰になりやすいが、堆肥1.5t/10a 施用でも増加するためそれより少ないことが望ましい。現地試験の結果は概ねプランター試験と一致し、土壌の EC の上昇及び可給態リン酸の集積の面から1.5t/10a より少ないことが望ましく、養分集積を改善したい場合は堆肥の施用を控えることも必要であると考えられた。

以上より、堆肥施用量は収量面では1.5t/10a の施用が望ましく地力維持及び土壌養分集積を少なくするためには0.5t/10a 以上でありかつ1.5t/10a より少ないことが適切と考えられた。これらから、土壌の養分状態に合わせて養分集積が少ない場合は1.5t/10a 施用を行い、養分集積が進んできた場合は無施用か0.5t/10a 施用が適切であると考えられた。

5 養分集積の指標について

土壌の EC は簡便に測定が可能であり、養分集積の指標として一般に用いられている¹⁾。プランター試験の作付跡土壌の EC と収量比の関係は図3のとおりとなった。1作目は EC が上昇するにつれて急激に収量が増加するが、EC が0.5mS/cm 付近で収量比が低下に転じ、その後の低下割合が他の作付けより急激で大きかった。3作目では EC が上昇すると収量比が緩やかに高くなり、1.0mS/cm 以上で低下したが、その低下割合は小さかった。これは作付時期の地温等の影響であると考えられ、

表9 3作作付けにより土壌養分が減少する最大の堆肥施用量(t/10a)

	低 EC 土壌	中 EC 土壌	高 EC 土壌
EC	-	-	0
T-C	-	0	0
T-N	-	-	0.5
可給態リン酸	-	-	0
交換性 K ₂ O	0	0 (1.5)	0.5 (1.5)
交換性 MgO	0	0.5	0.5

は有意差はないが減少する傾向(3%以上の減少)を示す量
注)10a 当たり N:8.8kg、P₂O₅:4.0kg、K₂O:2.0kg 基肥施用条件下の結果

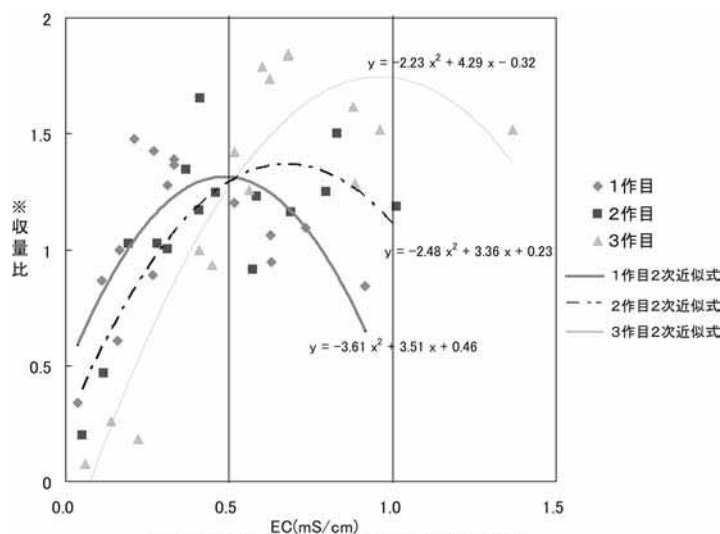


図3 作付け跡土壌のECとコマツナの収量比の関係

低EC土壌無施用区の収量を1とした各試験区の収量比

1作目は春夏作の気温上昇時であり有機物の急激な分解による硝酸態窒素やECの上昇が収量比に影響し、一方、秋冬作では、生育が緩やかであるため、高ECの影響が出にくいと考えられた。このことから、春～秋作はECが0.5mS/cmを超えないように、晩秋～冬の作付けでは1.0mS/cmを超えないように、堆肥施用量を加減することが適切であると考えられた。

6 試験区の減肥について

今回の現地栽培施設は、食リサイクル堆肥施用2年目の土壌にかかわらず、ECが試験1では0.9~1.0mS/cm、試験2では0.3~0.5mS/cmと、養分集積が進んでいることが確認された。現地試験結果からわかるように減肥することによる収量への影響は少なかった。野菜栽培時の減肥についてはECを基準とした減肥基準¹⁾や硝酸態窒素による減肥⁴⁾、さらに腐植も指標として加えた減肥基準案⁵⁾が作られている。T-Cに1.7を乗じたものを腐植とすると、これらの減肥基準から堆肥1.2t/10a施用・減肥区では、試験1では標準施肥量の1/3~1/4、試験2では1/2であり、減肥は、適切な範囲であると推察された。なお、これらの基準は堆肥の施用については考慮していないため更なる減肥が可能であり、今後、堆肥を含めた基準が必要と考えられた。また、試験1,2とも収穫後の硝酸態窒素は堆肥無施用・標準施肥区でも増加しており、肥料成分の残存が著しい。これは有機質肥料を用いているため、冬作では低温のためほとんど分解していない土壌中の可給態窒素が温度上昇に伴い無機化しているためであると考えられる。近年、現地では有機質肥料の使用が増加しており¹⁰⁾、それに合わせた季節ごとの施肥

基準及び減肥基準の作成も必要であると考えられた。

謝辞

本研究の実施に際し、みずほ協同農園の永見猛氏をはじめ、コープ土づくりセンター、三木農業改良普及センターの担当各位に多大な御協力をいただいた。厚くお礼申し上げます。

引用文献

- (1) 藤原俊六郎・安西徹郎・加藤哲郎(1996): 土壌診断の方法と活用(農文協), 87-150
- (2) 後藤逸男(1999): 農業技術体系土壌施肥編(農文協), 7-, 資料50-1-2-50-1-6
- (3) 後藤逸男・多田 實・長楽謙一郎, 鈴木功一(1997): 有機物資源化大辞典(農文協 有機質資源化推進会議編), 326-333
- (4) 林 哲央・日笠裕治・坂本宣崇(2003): 施設軟白ネギの乾物生産特性に基づく窒素施肥法: 土肥誌 74(4), 407-414
- (5) 兵庫県(2003): 環境負荷軽減に配慮した各種作物の施肥基準(兵庫県), 67, 106-107
- (6) 村上圭一・中村文子・後藤逸男(2004): 土壌中のリン酸過剰とアブラナ科野菜根こぶ病発病の因果関係: 土肥誌 75(4), 453-457
- (7) 中野明正・上原洋一・山内 章(2001): 施設土壌における塩類集積の現状と低硫酸根緩効性肥料による化学ストレスの改善: 土肥誌 72(2), 237-244
- (8) 農林水産省(2006): 平成18年度食品循環資源の再生利用等実態調査結果の概要(農林水産省), 1-25

- (9) 農林水産省(2008): 土壌管理のあり方に関する意見交換会報告書(農林水産省), 1-3
- (10) 農林統計協会(2001): ポケット肥料要覧2001(農林統計協会), 123
- (11) 小野信一・藤井義春(1994): ハウス栽培における土壌の塩類集積とその回避対策: 土肥誌65(1) 62-65
- (12) 竹本 稔(2002): 生ごみ処理装置処理物の成分特性: 土肥誌 73(2), 155-159
- (13) 但野利秋(2006): 農業技術体系土壌施肥編(農文協), 8, 基本視点30-33
- (14) 安田 環・越野正義(2001): 環境保全と新しい施肥技術(養賢堂), 102-115
- (15) 財団法人 日本土壌協会(2000): 堆肥等有機物分析法(財団法人 日本土壌協会), 2-3
-