

有機質肥料の機能性

高橋 久光*

(平成 27 年 11 月 5 日受付 / 平成 27 年 12 月 4 日受理)

要旨：化学肥料や農薬を多投し、農業機械を駆使した近代化農業は飛躍的な生産性の向上とともに食料の増産をもたらしてきたが、その反面では地下水の汚染、塩類の集積、生態系の喪失等の環境負荷を招くこととなった。このため、有機物を代替投入する低投入・持続型農業への関心が世界的に高まっており、中でも有機農業は持続可能な農業の一つの形態として注目されている。

我が国において、農薬の危険性が認識され始めた 1970 年代初めから、有機農業が脚光を浴びようになり、現在では、アレルギー体質者の増加や、O-157、ダイオキシン、さらには BSE 等、食の安全性への不安増大を背景に有機農産物の需要が拡大している。ここでは、色々な有機質肥料と化学肥料とを比較し、それらが野菜の生育および品質に及ぼす影響、並びに土壌の理化学性について調査・実験し、有機質肥料が化学肥料の代替になるかを検討した。

キーワード：有機質肥料, 化学肥料, ポカシ肥, 有機農産物

1. はじめに

化学肥料や農薬を多投し、農業機械を駆使した近代化農業は飛躍的な生産性の向上とともに食料の増産をもたらしてきたが、その反面では地下水の汚染、塩類の集積、生態系の喪失等の環境負荷を招くこととなった。このため、有機物を代替投入する低投入・持続型農業への関心が世界的に高まっており、中でも有機農業は持続可能な農業の一つの形態として注目されている¹⁻⁵⁾。

我が国において、農薬の危険性が認識され始めた 1970 年代初めから、有機農業が脚光を浴びようになり、現在では、アレルギー体質者の増加や、O-157、ダイオキシン、さらには BSE 等、食の安全性への不安増大を背景に有機農産物の需要が拡大している。「有機農産物」を生産する農業を意味する有機農業とは、輪作や有機質肥料等の利用によって地力を維持するとともに、天敵やコンパニオンプラント等を活用することによって病害虫の防除を行うなど、伝統技術や近代技術を巧みに組み合わせた持続性の高い、循環型の農業であり、農林水産省のガイドラインによれば、播種または植付けの時点からさかのぼり 2 年以上(多年生作物にあっては、最初の収穫前の 3 年以上)、禁止されている化学合成した農薬や肥料および土壌改良資材の使用を中止し、堆肥などで土作りをした圃場で行われる農業と定められているが、現在利用が拡大している家畜糞堆肥や植物残渣、余剰汚泥などをはじめとする有機物を利用した有機質肥料や土壌改良資材の種類は多岐に渡るため、それらの品質評価や適切な施用技術を確認することが急務となっている⁶⁻⁹⁾。ここでは、色々な有機質肥料と化学肥料とを比較し、それらが野菜の生育および品質に及ぼす影響

および土壌の理化学性について調査・検討し、有機質肥料が化学肥料の代替になるかを検討した。

2. 地力とは

近年、地力に関して色々と論議がなされている。ひとことと言えば「地力とは土地が持っている生産力のことである」と考えられる。農学大辞典によると「我が国でしばしば使われる土壌肥沃度に類似した言葉に地力がある。地力の定義は人によってニュアンスが異なるが、広義には植物を生産しうる土壌の能力すなわち土壌の化学的、物理的、生物的諸性質を総合したものである(表 1)。地力には植物の生育に必要な養分の保持・供給状態や養分相互のバランスなどの養分的性質と養分保持能や緩衝能、保水力や排水性、物質循環や浄化能に関する生物活性などの機能性、容器的性質がある。」と記されている¹⁰⁾。

化学肥料や合成農薬の使用量を減少させることは、地球規模での今日的課題であることは言うまでもない。化学肥料や農薬に頼らざるを得ないのが現在の農業でもある。

近い将来を考え、その代わりになる種々な有機質肥料や天然由来の農薬の開発が多くの研究者の間で行なわれている。そこで次に有機質肥料の種類やその材料について述べることにする。

3. 堆厩肥の作り方

有機物の施用は、土壌肥沃度を高め、畑の地力維持に重要な役割を果たす。しかし、未分解性有機物の施用は、有害物質による濃度障害や未熟な有機物の急速な分解によって生じるガス障害を引き起こす危険がある。また、有機物に含まれる生育阻害物質も問題になる。そのため、有機物

* 東京農業大学名誉教授

表 1 地力要因と改良方法 (金野ら, 1976)

	地力要因	改良方法
物理的性質	1. 構造 ┌ 水分供給力 └ 排水性	堆きゅう肥, 客土 暗きよ, 堆きゅう肥
	2. 力学性 (易耕性)	堆きゅう肥
	3. 作土層, 有効土層の厚さ	深耕, 堆きゅう肥
	4. 耐食性	輪作
化学的性質	1. 養分供給力	堆きゅう肥, リン酸資材, ケイ酸, 微量要素
	2. 固定能	堆きゅう肥, 石灰
	3. 養分保持力	堆きゅう肥, 客土
	4. 反応	石灰資材, 堆きゅう肥
	5. 酸化還元電位	排水, 水管理
	6. 有毒物質	石灰, 排水
生物的性質	1. 腐生的生物活性 (有機物分解, 窒素固定能など)	有用菌接種, 堆きゅう肥
	2. 寄生的生物活性 (病原菌, 害虫など)	輪作, 農薬

(出所: 新編農学大辞典)

の利用には堆積発酵させる堆肥化処理が必要となる。

堆肥作りは有機物を完全に分解してしまうのではなく、あくまでも有機物を肥料として作物に施用できる状態に加工することである。

<堆肥作りを始める前のチェック>

- 1) 原料の有機物の確保: 地元で入手可能な材料を有効に利用する。周辺の廃棄物 (家畜糞尿, 作物残渣, 生活廃材) の利用
- 2) 堆積場所の確保: 水はけが良く, 雨よけがある (屋根などの付いた堆肥舎) 直射日光の当たらない, 通気性の良い場所が望ましい。
- 3) 原料の性質の把握: C/N 比, 水分含量, 分解性, 肥料成分のバランス, 粉碎の必要性 (野菜の屑, 木材廃材など大きさのばらつきのあるものは粉碎する)

<堆肥化のポイント>

- 1) C/N 比: 20 以下に調整

有機物は使用する材料によりそれぞれ窒素含有率 (N) や炭素含有率 (C) が異なっている。窒素含有率の低い有機物ほど C/N 比が高くなる。C/N 比が高い有機物ほど微生物による分解は遅くなるため, 窒素源となる有機物を添加し C/N 比を低下させる必要がある。

- 2) 水分の調節

有機物は, C/N 比と同様にそれぞれ水分含有率が異なるため堆積後の発酵温度を上昇させ, 堆肥化を促進させるために有機物の水分を 50 ~ 60% 程度に調整する。水分含有率が高くなると腐敗の原因になるので水分の調節には十分配慮する必要がある。

- 3) 発酵温度

有機物の堆肥化では, 発酵温度が 50 ~ 60℃ 程度のとき, 微生物の活性が高く分解が促進される。発酵温度は材料および堆積時間により異なるが, 堆積時から徐々に上昇し一定期間が過ぎると低下する。そのため, 温度の低下が見られたら切り返しを行い酸素を供給する必要がある。

発酵温度は低すぎると堆肥化が進まず, 高すぎるとアンモニアガス (窒素の揮散) が生じるので, 初期の発酵温度はこまめにチェックすることが大切である。

4. 有機質肥料に使用されている資材の特徴

現在, 色々な有機物が有機質肥料の材料として使用されている。ここでは各種資材の特徴について述べる¹¹⁾。

熱帯では, 高温多湿により有機物の分解は温帯地域に比べ早いと考えられている。そのため地力の低下がみられる農耕地や酸性・アルカリ性土壤など, 土壤改良の必要な耕地が多く見られる。そのため, 作物生産の向上には, 有機質肥料を用いた土づくりを中心とした栽培技術が大切な役割を果たすと考えられる。堆肥などの有機質肥料は, 各国, その地域で入手可能な資材を用い, 現地の状況に適した利用法を検討することが重要となる。例えばコーヒーの粕, 油ヤシの搾り粕, ピーナッツの殻などであり, 地域によってはこれらの物は廃棄されている場合がある。未利用の有機質資材を有効に利用することが大切である。次に現在使用されている主な有機質資材について述べる。

1) 家畜糞尿

家畜糞尿は, そのまま放置すると悪臭, 病害虫の発生, 河川や地下水の汚染など周辺環境に悪影響を与える恐れがある。しかし, 家畜糞尿は豊富な肥料成分を含み, 土壤に還元することにより, 有機質肥料として有効に利用することが可能である。家畜糞尿の処理および利用技術の確立は農耕地の地力の向上をもたらすだけでなく, 地域畜産経営の円滑化にも役立つ。

家畜糞尿は, 昔から堆肥の原料として広く用いられているが, 家畜の種類や飼育条件により成分が異なるため, 各糞尿の特性を十分理解して利用することも大切である。1990 年に我が国で排出された家畜糞尿は 1 億 200 万トンあまり, これらに含まれる窒素は年間 76 万トン, リン酸 45 万トン, カリウムは 81 万トンにもなる。

(1) 鶏糞

鶏の排糞量は一日約 130 ~ 150 g といわれている。鶏の餌は, 濃厚飼料を主体としているため, 鶏糞は窒素, リン酸, カリウムの肥料成分の含量が家畜糞の中でも高く, 有機物含有量はかなり低い。鶏糞自体の有機物含有量が低いので分解は早く, 窒素のほとんどが尿素および尿酸として含まれているため, 比較的速効性の有機質肥料といえる。窒素の利用効率は約 70% といわれている。

鶏糞の処理方法は, 乾燥処理が多く行われている。乾燥処理を行い水分を 10% 程度まで下げると窒素の消出量はほとんどなくなり, 長期保存が可能になる。乾燥処理のほか堆積発酵処理も行われる。

(2) 豚糞

豚の糞の排泄量は, 飼料の配合と量, 発育段階によって異なり, 肉豚 (60 ~ 90 kg) では 2.5 kg/日, 繁殖豚 (160 ~ 300 kg) では 3 kg/日とされている。尿は, 濃厚飼料を主体とした配合飼料の場合は 3 kg, 糞の成分としては, 他の家畜よりリン酸の含有率が高いのが特徴で窒素も約

3.5%含まれる。また、カルシウムの含有率も約4%と高く、カリウムやマグネシウムは1.5%程度含まれる。

(3) 牛糞

牛糞の排泄量は、他の家畜糞と同様に飼料の種類や量、水分の供給量、肥育段階により異なる。乳牛の平均的な糞尿排泄量は、経産牛(550~650kg)では糞は30kg/日、尿は20kg/日、育成牛(40~550kg)では糞は10kg/日、尿は7.5kg/日である。肉牛は(400~700kg)では15kg/日である。牛糞成分の特徴としては、水分含有率が80%と他の家畜に比べ高く、飼料組成が粗飼料を主体としているため、有機物が約78%含まれ、繊維質やリグニン等などの難分解性の有機物は、土壌改良材としても価値が高い。また、窒素やリン酸などの成分含有率は鶏糞や豚糞に比べ低いが、微量元素もバランスよく含まれている。

スラリータンクを利用している酪農家では、スラリータンクに貯留した糞尿を草地や飼料作物の圃場に生のまま施用することが多い。スラリータンクからの生糞尿の施用は、圃場からの悪臭・疫病などの発生を招くばかりでなく、圃場への過剰施肥が問題となる。生糞尿の過剰施肥は、草地の飼料作物圃場の土壌塩類濃度を高め作物に濃度障害を与えることもある。また、硝酸態窒素の多量流失により、土壌、地下水および河川などの硝酸汚染を惹き起し、周辺環境に悪影響を及ぼす可能性がある。

2) 植物性有機質資材

植物性有機質資材には、稲わら、籾殻、バカスのように主に堆肥の副材として利用される資材のほか、窒素、リン酸、カリウムなどの肥料成分を含む植物油粕などがあり、植物の種類や部位によって特徴がある。

稲わら・籾殻などは窒素含量が低くC/N比が高いのが特徴である。C/N比の高い有機物の生の施用は、微生物による急激な有機物の分解によりガス障害や窒素飢餓など作物の生育に悪影響をもたらす。水田土壌への稲わらのすき込みを行うと、稲わらの分解により土壌は強い還元状態となり根腐れを起こす可能性が高いといわれている。このようなことよりC/N比の高い稲わらや籾殻は直接土壌へすき込まず、堆肥の原料として用いたほうが良い。

わら類を単一で堆肥化した場合、C/N比を20以下にするには100日程度の堆積期間が必要であるが、石灰乳を加えたり、家畜糞などと一緒に堆積発酵させると80日程度でC/N比を約10に低下させることができる。また、有機物の堆肥化には、微生物を活性化させるために水分含有率を50~60%に調整する必要がある。そのため、水分含量の低いわら類などは水分含量の高い家畜糞などと混ぜて水分の調節を行うのに用いるとよい。

(1) 稲わら

品種、肥培管理により成分が異なり、温暖な地域では窒素、リン酸、カリウムの含量が低い傾向にある。稲わら類のC/N比は約65と高く、これは窒素含量が約0.6%と低いためである。

(2) 麦わら

麦わらも稲わらと同様に、気象条件、品種ならびに肥培

管理により成分が違ってきますが、稲わらより窒素含量が低く、C/N比が高いのが特徴である。コムギは窒素含量が低くC/N比が129と高い。また、我が国においては、麦類は畑地栽培の水田裏作として栽培されることが多く、リン酸、マンガン、ケイ酸の含量が高い。

(3) ダイズ桿

ダイズは、圃場の養分吸収(窒素の供給)や土壌物理性の改善効果があるといわれており、緑肥作物としても栽培されている。ダイズ桿はわら類よりもC/N比が低く、収穫後そのまますき込み施用することもできる。また、ダイズの莢は、窒素、リン酸、カリウム、マグネシウムの含量が茎に比べ約2倍ほど高く、堆肥の原料として適している。

(4) 山野草

山野草は、種類が多く詳しい成分は不明であるが、マメ科植物は緑肥としてすき込み施用する場合がある。マメ科植物は、わら類に比べてC/N比が30~50と低く、リン酸含量も高く堆肥資材として有効である。

(5) 籾殻

籾殻の窒素含有率は約0.3%、炭素含有率約35%であり、C/N比が116と高い。リン酸含量は稲わらとほぼ同量で、カリウム含量は約1.5%とやや低い。しかし、ケイ酸含量は3~4倍と高く、堆積した場合その分解は稲わらに比べ遅い。籾殻は、畜舎の敷料としても用いられており、家畜糞と混合して堆肥化した場合、家畜糞の水分を吸着し、徐々に放出するため水分調整資材として有効である。また、孔隙が多く通気性に優れているため、微生物の活性化を高めたり、土壌通気性を改善するのに効果がある。

(6) バカス

熱帯地域ではサトウキビが多く栽培されており、サトウキビの絞りかすがバカスである。バカスは窒素、リン酸、カリウムの含有量が低いため他の資材と混合して堆肥化を行う。C/N比が高いため堆肥化する場合は長期間の堆積が必要となる。また、製糖の際に得られる糖蜜はカリウムの含有量が高く、ボカシ肥の製造の際によく用いられる。

3) 油粕類

油粕類とは菜種、ゴマ、ラッカセイ、綿など搾油後の残渣である。油粕は、窒素含有率が5%前後と高く、リン酸やカリウムが1~2%含まれている。製造法によってその油脂含有量は異なるが、油脂含有量が高いほど土壌中での分解は遅くなる傾向にある。

(1) 菜種油粕

菜種油粕には窒素6.4%、リン酸5.4%、カリウム3.4%の肥料成分が含まれる。菜種油粕は土壌中での分解は他の油粕に比べ緩慢であり、施肥直後の窒素の無機化、硝化作用は遅く、土壌に施肥する際には速効性の窒素肥料を同量程度混合する。また、菜種油粕には発芽を抑制する有害物質が含まれるため、播種および移植の2週間前に施肥する必要がある。

(2) ダイズ油粕

ダイズ油粕には窒素7%、リン酸1.5%、カリウム1.5%の肥料成分が含まれる。ダイズ油粕に含まれる窒素はタン

パク質であり、アンモニア態窒素への分解は、他の植物性油粕と比べ最も早いといわれている。

リン酸はフィチンやレシチンなどの有機態リン酸で含まれており、カリウムは水溶性のものが多く。施肥直後にはアンモニアや有機酸の発生による生育阻害が生じる場合があるので、多量の施肥は避ける必要がある。

(3) ラッカセイ油粕

ラッカセイ油粕には窒素 6.5%、リン酸 1%、カリウム 1% の肥料成分が含まれる。ラッカセイ油粕には窒素の無機化速度も速く、肥効が速やかである。

(4) 綿実油粕

綿実油粕には窒素 6%、リン酸 2%、カリウム 1% の肥料成分が含まれる。綿実は綿毛を取り除いた外果皮を燃料として用いるが、その灰中には 25% のカリウムを含んでおり、有効なカリウム肥料になる。

4) 動物性有機質資材

動物性有機質資材には、魚類、肉類を原料に作られた魚粕や肉骨粉などあり、窒素とリン酸の肥料源である。

(1) 魚粕

魚粕は、イワシやタラ、雑魚を煮上げた後、脂肪や水分を取り除き、天日や火力で乾燥したものである。窒素 7~10%、リン酸 4~9%、カリウム 1% の肥料成分が含まれる。土壤中での分解は比較的速く速効性の有機質肥料である。

(2) 肉粕粉末・肉骨粉

肉粕は、廃肉から脂肪と水分を取り除き乾燥粉末したものであり、タンパク質性の窒素 8% を含み、リン酸やカリウムも若干含まれている。肉骨粉類は、肉片、内臓、骨を混合粉末したもので窒素 3.0%、リン酸 30% 程度の肥料成分を含む。また、骨粉類の施用による作物のリン酸吸収量は、過リン酸石灰施用に比べ高いことが知られている。

5) その他の有機質資材

(1) 炭・くん炭

炭には、おがくずを炭化したおが炭、樹皮を炭化した樹皮炭のほか、ヤシ殻を炭化したものなどがある。炭は細孔が多く表面積が大きいので、吸水性が良く土壌水分の保持、土壌通気性の改善、土壌微生物の活性化に効果的である。とくに、おが炭は、作物のリン酸吸収の向上に効果的である VA 菌根菌の増殖を促進するといわれている。ダイズなどマメ科作物の栽培では、炭を他の有機質肥料と混合し施用すると根粒の着生が促進され、連作障害の回避にも役立つ。また pH が 8~9 とアルカリ性であり、酸性土壌の矯正にも効果的である。

(2) 貝殻・甲殻

一般に、貝殻は火力乾燥し粉砕したものである。貝殻には、タンパク質由来の窒素や海水中の微量元素のほか、炭酸カルシウムが大量に含まれている。そのため酸性土壌の中和に効果的である。貝殻粉末施肥により植物の微量元素吸収率を向上させ、根の生育を促進させる傾向もある。

貝殻は、甲殻類の外皮を乾燥させ、粉末にしたもので、かに殻などがある。キチン・キトサンなどを含み、作物の

耐病性を向上させることが知られている。

(3) 泥炭（ピート）類

泥炭は、沼地に生息している植物が枯死し嫌気的条件下で分解され堆積したものである。一般的には寒冷地に分布している。しかし、熱帯地域にもトロピカルピートといわれる泥炭があり、有機質資源としての利用が期待されている。トロピカルピートはマンダローブなど樹木やヨシ、スゲなどが分解し、木質性の高いものが多い。ピートの肥料効果はほとんどないが、繊維質であるため土壌の孔隙率を高め、保水性や通気性を改善する土壌改良剤として期待できる。しかし、pH が 3~4 と低く乾燥過剰になると撥水性があるので注意が必要である。

(4) 緑肥

緑肥とは緑葉植物を直接土壌にすき込み利用するもので、主にマメ科植物を使用する。マメ科植物としてレンゲ、ルーピン、カウピー、クロタラリアなどがある。また、ナタネ、エンバク、ソバなども利用されている。マメ科植物を緑肥として施肥した場合、根粒菌の働きにより空気中の窒素が土壌中に固定され、土壌への窒素の供給がなされ、マメ科植物が吸収した土壌の養分を還元することができ地力の補強に役立つ。また、農閑期の圃場を被覆することにより、養分の溶脱や土壌侵食を防ぐ効果もあり、熱帯の降雨量の多い地域では重要な働きもする。

土壤中での緑肥の分解は堆肥よりも速く、マメ科植物の分解は速やかに進行する。一般に、植物体の窒素含量が多いほど組織も柔らかく、土壤中での分解が容易になるため、開花前後の窒素含量の多い時期にすき込むことが良い。

5. ボカシ肥について

ボカシ肥は、古くから日本で作られてきた発酵肥料のひとつである¹²⁾。数種類の有機質資材に土を混合し発酵させ「土でぼかす」ことからボカシ肥と呼ばれるようになった。ボカシ肥の特徴としては、土を混ぜるほか発酵温度が 50℃ と比較的低温であること、堆積期間が 10 日前後と短いことなどがあげられる。

(1) ボカシ肥製造のポイント

- ① 土を混ぜるのが特徴
- ② 水分は 50% 程度に調整する
- ③ 発酵温度は 50℃ 以下
- ④ 堆積期間は 1 週間から 10 日程度

(2) ボカシ肥の材料

ボカシ肥の材料は下記に示した通りで、米ぬか、油粕、鶏糞などが用いられるが、各地で入手することができる有機質資材を選ぶ必要がある。また、各材料を主な有効成分

ボカシ肥の材料の配合例

粃殻	200	油粕	10
くん炭	200	魚粕	10
鶏糞	200	骨粉	10
米ぬか	200	山土	200
砂糖水	(水 50 に砂糖 300 g を溶かす)		

表 2 ポカシ肥の材料の理化学的性質

分析項目	全窒素 (N) (%)	全炭素 (C) (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)
初殻	0.30 ±0.02	34.9 ±0.46	116.0 ±0.22	0.26 ±0.01	1.53 ±0.05	0.10 ±0.01	0.03 ±0.01
くん炭	0.60 ±0.02	39.7 ±0.11	71.8 ±0.55	0.55 ±0.01	1.78 ±0.05	0.23 ±0.02	0.10 ±0.01
米糠	2.93 ±0.01	46.1 ±0.27	15.7 ±0.12	10.8 ±0.10	4.18 ±0.05	0.11 ±0.01	1.87 ±0.03
乾燥鶏糞	4.13 ±0.19	34.2 ±0.22	8.3 ±0.44	6.01 ±0.10	5.35 ±0.07	2.65 ±0.15	1.11 ±0.01
魚かす粉末	8.32 ±0.47	40.4 ±0.48	4.9 ±0.23	8.25 ±0.39	0.92 ±0.01	4.67 ±0.81	0.27 ±0.01
菜種油かす	6.43 ±0.09	43.4 ±0.20	6.8 ±0.10	5.48 ±0.18	3.43 ±0.27	0.91 ±0.09	1.03 ±0.08
骨粉	3.10 ±0.33	20.9 ±0.25	6.8 ±0.11	30.51 ±0.52	0.54 ±0.04	24.86 ±0.95	0.66 ±0.04

注) 1. 表示値は、3反復の平均値であり、±は標準偏差を示す。
 2. 表示値は乾物当たり、C/Nは炭素に対する窒素の比率である。
 3. 1999年12月7日～17日にポカシ肥を製造した際に用いた材料である。

ごとに考え、肥料成分の含有量に置き換えて決めることが望ましい。

研究室において作製したポカシ肥材料の理化学性については表2に示した。初殻、くん炭のC/N比（炭素/窒素）は70以上と高く、窒素、リン酸、カリウムはいずれも低かった。これに対し、米糠、乾燥鶏糞、魚かす粉末、菜種油かすのC/N比は20以下と低く、窒素は2%以上であった。また、リン酸は、米糠、骨粉で高く、カリウムは魚かす粉末、骨粉では1%以下、米糠、鶏糞、油かすでは3%以上であった。このようにポカシ肥を作製するにあたっては窒素、リン酸、カリウムの成分バランスも考慮することが必要である。

(3) ポカシ肥の窒素無機化特性

有機物は、土壤に施肥することにより土壤の物理性、化学性および生物相に影響を与えると同時に、作物への養分供給の役割を果たす。

作物の生育に大きく影響を及ぼす窒素無機化の特性を図1および図2に示した。表中の対照区には化学肥料（硝安）をポカシ肥と同様になるように全窒素量で50mg施肥した。

化学肥料区のアムモニア態窒素含有量はインキュベ

ション開始前は最も高く、3日目以降は半分以下に低下し、その後は56日目にはほとんど無くなった。一方、硝酸態窒素はインキュベーション開始前にはアムモニア態窒素のほぼ半分の含有量であり、インキュベーション後半に増加する傾向が認められる。以上のことより、ポカシ肥をはじめ有機質肥料は化学肥料と比較して、窒素の無機化が遅いので、作物栽培においては早めに施肥する必要がある。

6. 有機質肥料が野菜の生育・収量および品質に及ぼす影響

(1) 有機質肥料がトマトの生育・収量および品質に及ぼす影響

これまで、有機質肥料の材料、資材の特徴などについて述べてきた。そこで、実際に化学肥料と有機質肥料が作物の生育や品質に及ぼす影響について述べる¹³⁾。

供試品種は、中玉トマトのレットオーレを用い東京農業大学内の温室で2002年6月より8月にかけて実験を行った。

処理区はバーク堆肥区、鶏糞堆肥区、ポカシ肥区、対照区として化学肥料区の4処理区を設けた。各処理区とも1ポットあたり全窒素量で240mgになるよう調整した。ここで使用した有機質肥料の全窒素、全炭素含有率および

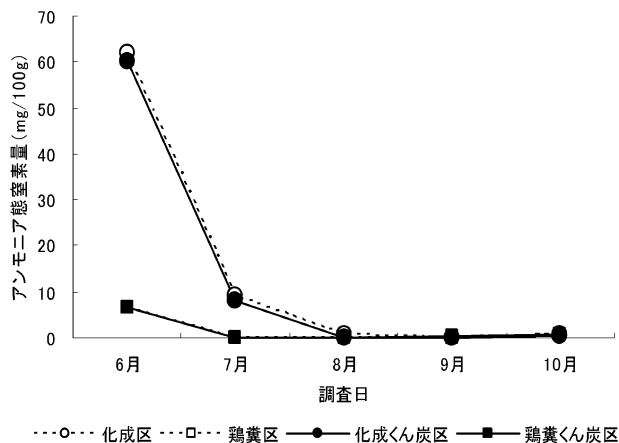


図1 化成肥料および有機質肥料のアムモニア態窒素発現量の推移

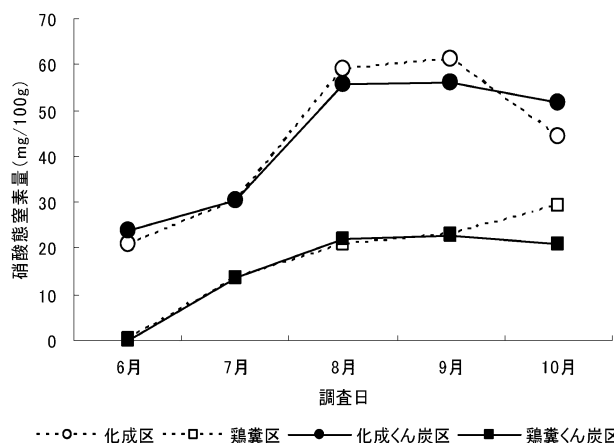


図2 化成肥料および有機質肥料の硝酸態窒素発現量の推移

C/N 比は以下の通りである。

バーク堆肥：全窒素 1.56% 全炭素 41.49% C/N 比 26.60

鶏糞堆肥：全窒素 2.56% 全炭素 25.71% C/N 比 10.04

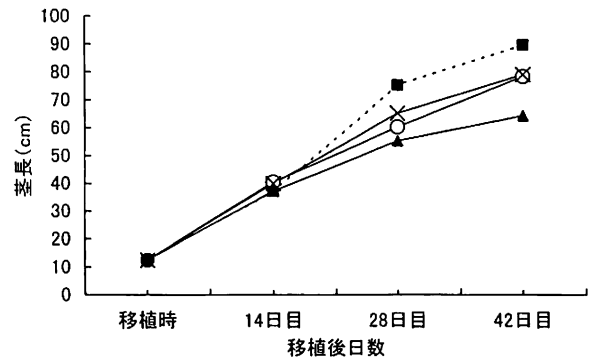
ボカシ肥：全窒素 2.02% 全炭素 24.58% C/N 比 12.17

各肥料がトマトの茎長に及ぼす影響について図3に示した。移植後42日目の茎長は化学肥料区で最もよく、鶏糞堆肥区とボカシ肥区ではほぼ同様な値を示し、バーク堆肥区で劣っていた。

総根長については図4に示した。移植後28日目までは各区とも大差は認められないが、茎長同様に42日目においては化学肥料区が最もよく、バーク堆肥区で劣っていた。また、乾物重については図5に示したように、茎長や総根長と同様な結果を示した。一般的に有機質肥料は土壤中での窒素の無機化が遅くそのために生育が抑制されたものと考えられる。とくにバーク堆肥区のC/N比は高く窒素不

足のため生育が悪くなったものと考えられる。

バーク堆肥、鶏糞堆肥、ボカシ肥、化学肥料を用いて圃場で試験を行った。トマトの花数、果実数および果実数については表3に示した。果実数では鶏糞堆肥で最も多く、



---■--- 化成肥料区 —▲— バーク堆肥区 —○— 鶏糞堆肥区 —×— ボカシ肥区

図3 異なる肥料の施用がトマトの初期生育における茎長の推移に及ぼす影響

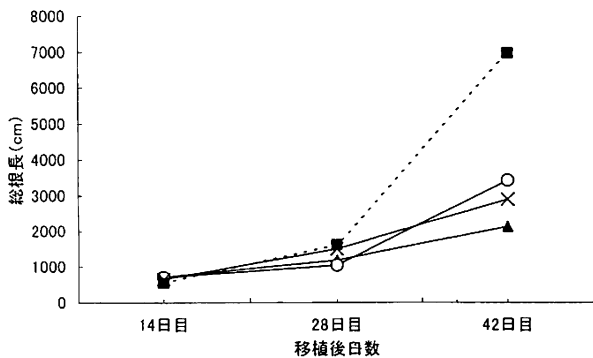
表3 異なる肥料の施肥がトマトの果実数および総重量に及ぼす影響

	花数	果実数	結実率 (%)	果実総重量 (g)	1果あたり重量 (g)
化成肥料区	180±8 a (100)	63±2 (100)	35.4±1.3 (100)	1869±86 a (100)	29.7±0.7 (100)
バーク堆肥区	199±12 b (111)	72±3 (115)	37.0±1.6 (104)	2069±80 ab (111)	28.9±0.6 (97)
鶏糞堆肥区	200±10 b (111)	78±2 (124)	39.9±1.7 (113)	2274±81 b (122)	29.3±0.6 (99)
ボカシ肥区	186±11 ab (103)	70±4 (111)	37.8±0.9 (107)	2023±103 a (108)	29.4±0.6 (99)

注. 1) 数値は、化成肥料区は17個体、バーク堆肥区は13個体、鶏糞堆肥区は16個体、ボカシ肥区は16個体の平均値を示す。

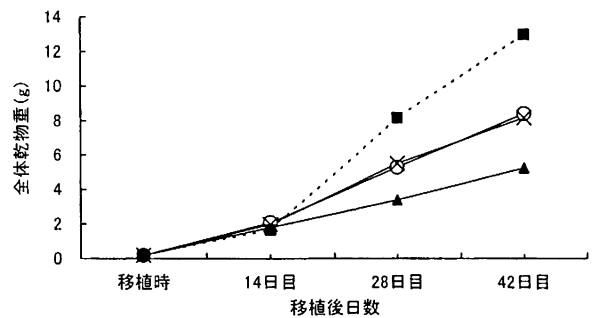
2) ±は標準誤差、()内の数値は化成肥料区に対する指数を示す。

3) 異なるアルファベット間では、5%水準で有意差があることを示す。なお、処理区間に有意な差がみられない項目においては、アルファベットを省略した。



---■--- 化成肥料区 —▲— バーク堆肥区 —○— 鶏糞堆肥区 —×— ボカシ肥区

図4 異なる肥料の施用がトマトの初期生育における総根長の推移に及ぼす影響



---■--- 化成肥料区 —▲— バーク堆肥区 —○— 鶏糞堆肥区 —×— ボカシ肥区

図5 異なる肥料の施用がトマトの乾物量の推移に及ぼす影響

バーク堆肥とボカシ肥は大差はなく、化学肥料で最も少なかった。このことは、この試験では追肥は行っておらず化学肥料区では肥料不足が生じたものと考えられる。一方、有機質肥料区では肥料効果に持続性があることを示している。

7. 新潟県上越市における有機質肥料を用いたエダマメ栽培試験

わが国の稲作は、減反や、米価の下落、担い手の高齢化や不足が問題となっており¹⁴⁻¹⁷⁾、新潟県上越市もその例外ではない。加えて、上越市は平成17年1月の市町村合併により広大な中山間地を抱えることとなり、中山間地農業・農村の新興が緊急課題となっている。そこで東京農業大学学術フロンティア共同研究グループは、有機農業の普及を通じて中山間地農業を活性化させるために、耕作放棄地を有効利用し、有機栽培体系とその技術の確立を目標とした試験を行っている。ここでは生産現場レベルでの研究と位置づけ、有機質肥料を用いてエダマメの栽培試験を行い、その施用方法等を検討することを目的とした。

エダマメは新潟県内で約1,500ha栽培されており、作付面積は全国第1位である^{18,19)}。本試験では、地力が減退した耕作放棄地や、排水性や通気性が不良な水田転換畑でも安定した生産が期待される作物としてエダマメを選択し、異なる鶏糞堆肥の施用がその生育および品質に及ぼす影響について調査した。

栽培試験は新潟県上越市大湖地区大峰圃場にて行った。供試品種は‘ふくら’（カネコ種苗）、試験区は化成肥料（くみあい化成8:8:8）を施用した化成区、鶏糞堆肥（商品名：醗酵鶏糞）を施用した醗酵鶏糞区、イセグリーンを施用したイセグリーン区の計3処理区を設けた。実験は幅0.5m、長さ10mのプロットを計9個設け、全ての処理区を同順に配置したブロックを3反復する一元配置法で行った。化成肥料、醗酵鶏糞およびイセグリーンは5月2日に全層施用した。なお、施肥量は窒素量で5kg/10aに統一した。2006年6月2日に30cm間隔で点播きし、播種後72日目の8月12日に収穫した。

エダマメの生育については、7月1日より2週間毎に葉数、主茎長を調査した。また、収穫時に1株当たりの着莢数および総重量を調査した。また、品質については子実中のスクロース、グルコースおよびフラクトース含量を分析した。

表4 有機質肥料の施肥がエダマメの糖含量に及ぼす影響

	スクロース (%・DW)	グルコース (%・DW)	フラクトース (%・DW)
化成区	7.3 ±0.0 b	0.5 ±0.0 a	0.5 ±0.0 a
醗酵鶏糞区	5.4 ±0.0 c	0.5 ±0.0 a	0.5 ±0.0 a
イセグリーン	9.9 ±0.1 a	0.5 ±0.0 a	0.5 ±0.0 a

*)数値は3反復の平均であり、±は標準誤差を表す。

**)異なるアルファベット間には分散分析により5%水準で有意差があることを

収穫時における1株当たりの着莢数を図6に示した。また、図7には1株当たりの莢の総重量を示した。着莢数においては処理区間に有意差は認められなかったが、莢の総重量においては処理区間差が認められ、イセグリーン区、化成区、醗酵鶏糞区の順に重くなる結果となった。エダマメの糖含量に及ぼす影響については表4に示した。グルコース、フラクトース含量については試験区間に差がなかったが、スクロース含量においてイセグリーン区が最も多く、ついで化成区、醗酵鶏糞区の順となり試験区間に有意な差が認められた²⁰⁾。

実験に使用した大嶺圃場は、著しく地力が減退していたにもかかわらず、全試験区において順調な生育を示した。このことは、エダマメは土壌や肥料からの窒素供給量が少なくても根粒菌により窒素固定をすることや、比較的土壌水分に対する適応性が広く、普通畑、水田などいずれの土質でもよく生育することなどに起因しているものと考えられる^{14,16)}。

また、イセグリーン区においては、着莢数や子実を含む

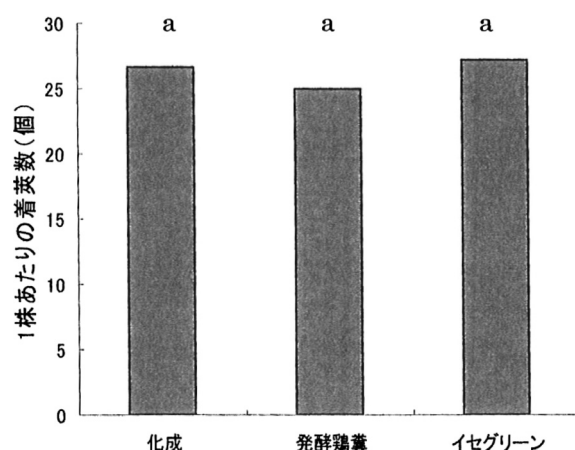


図6 有機質肥料の施肥がエダマメの1株あたりの着莢数に及ぼす影響

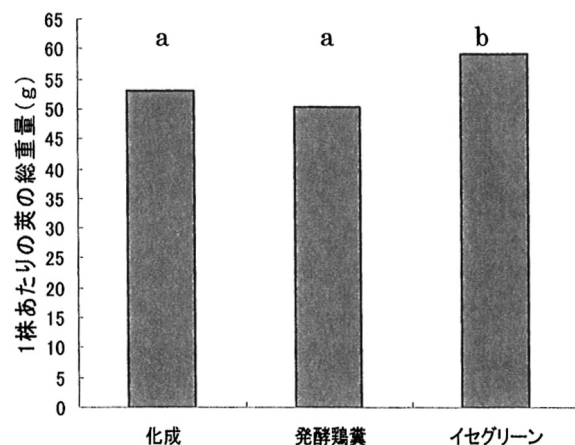


図7 有機質肥料の施肥がエダマメの1株あたりの莢の総重量に及ぼす影響

莢重量、子実中のスクロース含量が最も高い値を示し、次いで化成区、発酵鶏糞区となる結果とであった。エダマメの甘味成分はスクロースやスタキオースで、茹で豆のスクロース含量と甘味、旨味との間には高い相関があるとされているが²¹⁾、本試験の結果はそれらとも一致していた。また、エダマメの食味に関してはアスパラギン、アラニン、グルタミン酸などの遊離アミノ酸の含量が大きく関与していることが知られており²¹⁾、収穫物の付加価値を高くする意味でも、今後遊離アミノ酸の含量を明らかにすることも重要である。

8. 有機質肥料の施肥が土壤の理化学性に及ぼす影響

実験は東京農業大学用賀圃場で2006年5月にコカブを用いて行った。試験区は化学肥料区(化成区)、鶏糞堆肥区(鶏糞区)、それぞれに籾殻くん炭を20%混合した化成くん炭混合区(化成くん炭区)、鶏糞くん炭混合区(鶏糞くん炭区)の4処理区を設けた。実験は幅1.2m、長さ1.5mのプロットを計12個設けた。施肥量は窒素量で10kg/10aに統一した。化成区は硝安、過リン酸石灰、塩化カリの施肥量を調節し、3成分を鶏糞区と同一とした。

土壤の理化学性を調査するためカブ栽培後に各プロットより土壤を採取し、pH、EC、全窒素および全炭素含量を調査した。また、土壤の物理性を調べるために三相分布を比重試験により調査し、孔隙率を算出した。

栽培土壤の理化学性については表5に示した。pHは有機質肥料である鶏糞区で、ECは化成区でやや高くなる傾向が認められた。土壤の物理性を表6に示した。鶏糞くん炭区において固相の割合がやや減少し、気相の割合が増大した。その結果、鶏糞くん炭区においてお孔隙率がやや高くなった。

表5 有機質肥料の施肥が土壤の理化学的特性に及ぼす影響

	pH	EC (mS/cm)	全窒素 (%)	全炭素 (%)	C-N率
化成区	5.5 ±0.0	0.32 ±0.04	0.36 ±0.00	4.0 ±0.0	11.2 ±0.1
鶏糞区	5.7 ±0.1	0.23 ±0.02	0.36 ±0.01	4.1 ±0.1	11.5 ±0.1
化成くん炭区	5.5 ±0.1	0.32 ±0.01	0.36 ±0.00	4.5 ±0.1	12.8 ±0.3
鶏糞くん炭区	5.7 ±0.1	0.19 ±0.01	0.34 ±0.01	4.6 ±0.1	13.6 ±0.3

*)数値は3反復の平均値であり、±は標準誤差を表す。

表6 有機物の施肥が土壤の物理性に及ぼす影響

	固相 (%)	液相 (%)	気相 (%)	孔隙率 (%)
化成区	20.7 ±0.6	34.7 ±0.7	44.5 ±0.7	68.1 ±0.9
鶏糞区	20.7 ±0.6	36.8 ±1.2	42.6 ±1.6	68.6 ±0.6
化成くん炭区	19.7 ±0.9	34.3 ±1.9	47.5 ±1.3	69.3 ±1.2
鶏糞くん炭区	18.9 ±0.8	33.4 ±1.9	47.8 ±2.6	69.8 ±0.5

*)数値は3反復の平均値であり、±は標準誤差を表す。

ま と め

有機質肥料の材料や製造方法、有機質肥料と化学肥料とを比較しトマトやエダマメの生育・収量および品質について述べてきた。その結果、鶏糞堆肥やぼかし肥の肥料効果は高く、化学肥料の代替として利用が可能であることが示唆された。

土壤の理化学性や物理性も化学肥料施肥区と比較して、大きな問題は認められなかった。しかし、有機農業を展開する上では、有機質肥料の施用効果と共に、天敵や植物のアレロパシー効果、生物農薬や弱毒ウイルスなどを利用した化学農薬に依存しない病害虫防除技術の開発も併せて検討する必要がある。また、有機物を施用していても過剰に施肥することで、化学肥料と同様に成分が溶脱したり、蓄積する可能性もあり、今後の課題である。

作物栽培における有機物施用の重要な目的は、資源の循環利用を図りながら農業の持続性を高めることである。有機野菜の生産においては、有機物の肥料成分量を十分に考慮した上で環境負荷を与えないように有機物を施肥することが必要となり、益々高度な技術が求められることであろう^{24,25)}。また、物質循環や環境保全に立脚した有機農産物の生産が、収穫物の品質以上に重要な意義を本来持っている事を理解することが重要である。

参考文献

- 1) 藤本彰三・松田藤四郎：代替農業の探究，pp31～43，pp87～99，東京農大出版会（2005）
- 2) 藤本彰三・松田藤四郎：代替農業の推進，pp65～81，東京農大出版会（2006）
- 3) 小祝正明：有機栽培の基礎と実際，pp20～66，農文協，東京（2005）
- 4) 西尾道徳：有機栽培の基礎知識，農文協，pp94～208（1997）
- 5) 佐倉朗夫：有機農業と野菜づくり，pp48～50，筑波書房ブックスレット，東京（2004）
- 6) 佐倉朗夫：有機農業と野菜づくり，pp48～50，筑波書房ブックスレット，東京（2004）
- 7) 熊澤喜久雄：「有機農業」と現代農業，農業および園芸，64（1），pp89～103（1989）
- 8) 松崎敏英：わが国における有機農業の現況，64（1），pp123～132（1989）
- 9) 山田 裕・鎌田春海：有機農業の技術的評価（第1報）—有機栽培が野菜の収量および土壤に及ぼす影響—，神奈川県農業総合研究所研究報告，131，pp1～13（1989）
- 10) 山崎耕宇・久保祐雄・西尾敏彦・石原 邦監修 新編農業大辞典（2004）
- 11) 伊達 昇 有機質肥料，便覧有機質肥料と微生物資材 農文協（1988）
- 12) 吉田綾子 ボカシ肥を作物栽培に利用するための基礎研究 東京農業大学大学院博士論文（2001）
- 13) 篠 克彦 作物の発芽および生育を利用した有機質肥料評価の試み 東京農業大学大学院修士論文（2004）
- 14) 金田吉弘・三浦恒子・鎌田易尾・児玉 徹・佐藤福男：乾田工中早期湛水直播導入による重粘土の畑地化促進と後作エダマメの増収効果，土肥誌，71，p4（2000）
- 15) 小室重雄・深山一弥：中山間資源活用の諸側面，総合農業研究業書，38，pp1～39，養賢堂，東京（2000）
- 16) 高橋能彦・佐藤 孝・星野 卓・土田 徹・大山卓爾：水田転換畑における籾殻施用がエダマメの生育，収量および

- 品質に与える効果, 土肥誌 71号 6 p801-807
- 17) 吉田修一郎・高木強治・足立一日出・増本隆夫: 気象条件の変化に伴う中山間地耕作放棄田の土壤物理性の変化, 農業土木学会論文集, 191 (61, 5), pp75~83 (1997)
 - 18) 星野康人: 野菜の品質評価による有利販売方法—エダマメを事例として—, 新潟県農業総合研究所研究報告, 3, p35~48 (2001)
 - 19) 星野康人: 消費者ニーズに応えるエダマメの商品開発, 新潟県農業総合研究所研究報告, 5, p1~10 (2002)
 - 20) 冨塚孝則: 有機質肥料の施用が野菜の生育および品質に及ぼす影響, 東京農業大学大学院修士論文 (2007)
 - 21) 笠原健夫: エダマメ=作物としての特性, 農業技術体系 (野菜編) 10, p1~8, 農文協, 東京 (2000)

The Function of Organic Fertilizers

By

Hisamitsu TAKAHASHI*

(Received November 5, 2015/Accepted December 4, 2015)

Summary : Modern agriculture has realized great progress in productivity and achieved high yields by using chemical fertilizers, agricultural reagents and agricultural machineries. On the other hand, however, it has inevitably invited environmental disorder including underground water pollution, accumulation in salts, dysfunction of ecosystem and so on. Organic agriculture, which is a type of low input sustainable agriculture using organic materials, has therefore received worldwide attention.

In our country, it was not until the beginning of the 1970s, before organic agriculture had been highlighted, when the risk of agricultural chemical reagents was recognized. Nowadays, the demands for organic agriculture are expanding in accordance with the increased number of allergy patients, the risk of O-157, dioxins, BSE as well as the social concern for food safety.

The products of organic agriculture can be thought as an achievement of sophisticated technology combining the traditional agricultural techniques with modern agricultural techniques which make use of crop rotation and organic fertilizers to maintain soil fertility, natural enemies and/or companion plants to protect crops from pests and diseases. Thus, organic agriculture can be regarded as a sustainable material-recycling agriculture. In this report, we compared the effect of various organic and chemical fertilizers on the growth and quality of vegetables along with the physico-chemical characteristics of soil and discussed the possibility of organic fertilizers to be an alternative to chemical fertilizers in the future.

Key words : Organic fertilizer, Chemical fertilizer, Bokashi, Organic agricultural products

* Professor Emeritus, Tokyo University of Agriculture