

シュンギク施設栽培での豚ふん堆肥炭化物分級残さの カリウム肥料効果

佐野修司・鈴木敏征・上田浩三*・阪本亮一*・関戸知雄**・土手 裕**・内山知二
(*日立造船(株)・**宮崎大)

I. はじめに

近年畜ふん廃棄物を、環境負荷の低減や農地への還元の際の運搬のしやすさなどから、炭化することの有用性が指摘されている^{1, 2)}。畜ふん廃棄物の中でも、豚ふんは牛ふんに比べてリン酸やカリウムを多く含んでおり、近年肥料原料の価格が高騰している中で、限られた資源である両元素の回収利用が期待されている。

このような背景のもと、豚ふん堆肥を炭化した上で、リン酸濃度の高い部分と低い部分に分離することで、リン酸とカリウムを効率よく回収する技術が開発されている³⁾。この技術は、炭化物の表面に集積したリン酸濃度の高い部分を粉砕して微細化し分級することで、従来よりも省エネルギーかつ低コストでリン回収できるのが特徴で³⁾、回収したリン酸は化学肥料の原料として用いることができる。

一方で、リン酸濃度の低い部分は残さとして回収されるが、多量必須元素であるカリウムが数%程度含まれており、肥料効果も期待できる。カリウムについては有機肥料として流通しているのは草木灰など限られたものしかないのが現状であり、上記の回収残さをカリウム源として活用できれば、有機栽培や特別栽培農産物など、さらに付加価値の高い農産物の生産にも寄与できる。また、化学肥料のカリウムの原料は主にカリ鉱石であり、限りある鉱物資源であることから、廃棄物由来のカリウムの利用を検討することは、資源の有効利用の点でも有意義である。

炭化物を農地に施用した際のカリウムの肥料効果については、木炭^{4, 5, 6)}、牛ふん炭化物^{1, 2)}、食品残さ炭化物^{7, 8, 9)}などの報告はあるが、豚ふん由来の炭化物の知見は見あたらない。

そこで、大阪府で生産量の多いシュンギク¹⁰⁾を供試作物とし、有機入り化成肥料を対照に、この豚ふん堆肥炭

化物の回収残さ(以下、炭化物)を用いて、カリウム肥料効果を検証したので報告する。

II. 材料および方法

試験は、大阪府泉南郡熊取町で、約20年前に水田転作畑(土性は埴壤土 灰色低地土)に設置された約2aのビニールハウス(以下、試験ほ場)で実施した。試験ほ場では泉南地域で典型的に見られるシュンギクの連作が行われており、2~3年ごとに春から夏にかけてズイキが作付されてきた。試験を開始するまでは、有機資材として稲わらを200kg/10a程度年2回施用し、肥料は蒸製骨粉を主原料とする有機化成肥料が主に施用されてきた。

試験期間は2012年11月から翌年1月とし、試験区はほ場を6等分し、有機入り化成肥料を用いた慣行区と、なたね油かすと炭化物を施用する区(炭化物区)を各3連で交互に配置した。カリウム代替効果を確認するために、両区のカリウムの投入量が同じになるように、施肥量を調整した。第1表に各区の肥料の種類と施用量、そして成分ごとの投入量を示す。

耕種概要および調査方法は、以下の通りであった。炭化物や肥料の施用は11月2日に行い、トラクターで耕起およびうね立て後、11月5日に播種を行った。収穫調査は翌年の1月31日に行い、各区で生育の中庸な部分(うね長50cm、約0.3m²)のシュンギク地上部を採取し、新鮮重を測定し収量を算出した後、通風乾燥機中で80℃で24時間乾燥し、乾燥重より水分含量を測定した。各種成分の分析は、縮分した粉砕試料を用いた。炭素含量と窒素含量はCNコーダー(Yanaco MF-700)で、リンは灰化分解後バナドモリブデン酸法で、ミネラル分(カリウム、カルシウム、マグネシウム、ナトリウム、鉄、マンガン)は原子吸光法(日立Z-6100)で測定した。

第1表 試験区ごとの施用した肥料と成分投入量 (kg/10a)

試験区	資材名 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O%) と施用量	成分投入量 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O) (kg/10a)
慣行区	有機入り化成肥料 (マルキ有機 6-8-5) 200 kg/10a	12-16-10
	計	12-16-10
炭化物区	油かす (くみあいなたね油粕 5.3-2-1) 226 kg/10a	12-4.6-2.2
	炭化物 (0-12-4.4) 178 kg/10a	0-21.4-7.8
	計	12-26.0-10

有機入り化成肥料は蒸製骨粉と油かすを主体とし硫酸カリウムを混合した肥料
炭化物は窒素を3.7%含むものの、肥効は期待できないので0%と示した

第2表 作付前の土壌の理化学性 (11月2日採取)

試験区	pH	EC mS/cm	硝酸態窒素 mg/100g	全炭素 %	トルオーグリン酸 mgP ₂ O ₅ /100g
慣行区	7.25±0.01	0.41±0.05	1.77±0.40	1.71±0.00	537±31
炭化物区	7.24±0.11	0.39±0.11	2.51±1.94	1.67±0.01	528±38
試験区	交換性カリウム mgK ₂ O/100g	交換性カルシウム mgCaO/100g	交換性マグネシウム mgMgO/100g	交換性ナトリウム mgNa ₂ O/100g	交換性マンガン mgMn/100g
慣行区	14.4±1.6	453±31	24.4±2.7	1.90±0.20	0.045±0.000
炭化物区	17.5±3.9	426±14	23.8±1.9	1.86±0.19	0.050±0.011

それぞれ3反復の平均値と標準偏差を示す。

どの項目においても、試験区間で有意差 (P<0.05) なし。

表3表 シュンギク地上部の収量、水分含量および養分吸収量

試験区	収量 t/10a	水分含量** %	窒素吸収量 N kg/10a	リン吸収量 P kg/10a	カリウム吸収量 K kg/10a
慣行区	3.79±0.28	92.5±0.3	14.5±1.1	1.39±0.10	15.4±2.31
炭化物区	3.96±0.72	93.1±0.2	15.1±2.2	1.29±0.16	18.0±3.21
試験区	カルシウム吸収量 Ca kg/10a	マグネシウム吸収量 Mg kg/10a	ナトリウム吸収量 Na kg/10a	鉄吸収量 Fe g/10a	マンガン吸収量 Mn g/10a
慣行区	4.32±0.22	1.45±0.19	3.38±0.18	326±157	27.4±11.0
炭化物区	4.13±0.27	1.18±0.12	3.45±0.44	181±47	17.7±1.4

それぞれ3反復の平均値と標準偏差を示す。

**t検定において有意差 (P<0.01) あり。

以上の分析値と収量のデータから、それぞれ単位面積当たりの養分吸収量を算出した。

土壌は、作付前 (11月2日) と収穫後 (1月31日) に作土層を採取し、一般理化学性を分析した。作付前の土壌の特性は第2表に示す通り、試験区間で有意な違いは見られなかった。

各区のデータの有意差は、t検定により評価した。

Ⅲ. 結果および考察

第3表にシュンギクの収量、水分含量および養分吸収量を示す。鉄吸収量のように平均値が大きく異なる項目もあったが、水分含量以外には有意差 (p<0.05) は認められなかった。カリウムも試験区間で吸収量は変わらなかった。作付前の土壌のカリウム含量は、15-20mgK₂O/100g となって、日本¹¹⁾や大阪府¹²⁾の施設土壌での値よりも低

第4表 収穫後の土壌の理化学性（1月31日採取）

試験区	pH	EC	硝酸態窒素*	全炭素**	トルオーグリン酸*
		mS/cm	mg/100g	%	mgP ₂ O ₅ /100 g
慣行区	7.19±0.08	0.79±0.17	4.05±1.63	1.71±0.03	546±26
炭化物区	7.22±0.09	1.08±0.16	14.1±2.62	1.90±0.04	485±27
試験区	交換性カリウム	交換性カルシウム	交換性マグネシウム	交換性ナトリウム	交換性マンガン
	mgK ₂ O/100 g	mgCaO/100 g	mgMgO/100 g	mgNa ₂ O/100 g	mgMn/100 g
慣行区	11.5±1.1	419±33.6	29.5±3.2	0.46±0.27	0.033±0.005
炭化物区	19.0±3.7	462±41.7	38.2±5.5	1.72±1.36	0.052±0.019

それぞれ3反復の平均値と標準偏差を示す。

*と**は、t検定において有意差（それぞれ $P < 0.05$, $P < 0.01$ ）あり。

く、土づくり指針の適正値¹³⁾を下回っていたことから、作物体のカリウム吸収は、肥料からのカリウムの供給に大きく影響を受けたと考えられる。そして、慣行区の有機入り化成肥料のカリウムは全量化学肥料（硫酸カリウム）であるため、本研究で用いた炭化物（一部油かす）のカリウムには化学肥料由来のものと同等の肥料効果があったと考えることができる。

水分含量は炭化物区で慣行区より高くなった。木炭は、周辺環境が多湿のときには水分を吸収し、乾燥しているときには水分を放出する機能（調湿機能）のあることが知られている¹⁴⁾ほか、タマネギ炭化物についても同様の考察がなされている⁸⁾。本試験でも、炭化物の施用により土壌中の水分環境が適切に維持され、シュンギクが水を十分吸収した結果、その水分含量が高くなったものと考えられる。

第4表に作付後の土壌の理化学性を示す。多くの項目で有意差（ $P < 0.05$ ）は認められなかったが、硝酸態窒素、全炭素、トルオーグリン酸で有意な差が認められ、硝酸態窒素含量は炭化物区で高かった。原因として炭化物を施用することにより、先述の通り土壌水分が適切に維持され、微生物による窒素の無機化や硝化が促進されたことが考えられる。全炭素含量は200kg/10a程度の通常の炭化物の施用量ではあるものの、炭化物区で高くなった。

トルオーグリン酸は、リン酸の施用量が多かったにもかかわらず、炭化物区で低くなった。これは、土壌中のリン酸が炭化物へ吸着されることにより、トルオーグ抽出液では抽出できない形態に移行した可能性を示唆しており、今後形態別に存在量を測定し、リン酸の動態を評価する必要がある。交換性陽イオンは、有意差（ $P < 0.05$ ）は認められなかったが、ナトリウムでは炭化物区で高い値を示す土壌があり、数年程度の施用では問題はないものの、さらに長い年月連用する際には、施用量や方法に

留意する必要がある。

以上、炭化物はなたね油かすと組み合わせることで、栽培農家に広く用いられている有機入り化成肥料と変わらないカリウムの肥効を示すことが明らかとなった。有機由来のカリウム源が少ない中、特に有機農産物や特別栽培農産物の栽培で有効に活用できるものと考えられた。なお今回は検討していないが、施用の手間を考えると、炭化物は油かすのような窒素を高い割合で含む有機肥料とブレンドした形で流通させるのが望ましいと思われる。

なお、ほ場試験を行うにあたり、生産者の方には日常の管理など多大なるご協力をいただいた。記して謝意を表す。本研究は、農林水産省新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「豚ふん堆肥の炭化による低コストナリン・カリウム回収技術と環境保全型農業資材の開発（課題番号22075）」の一部として実施した。

IV. 摘要

豚ふん堆肥炭化物の回収残さを用いて、有機入り化成肥料を対照資材とした栽培試験を行ったところ、カリウムの肥料効果が期待できることが明らかとなった。

V. 引用文献

- 1) 松丸恒夫・真行寺孝（2005）．牛ふん炭化物中リン酸、カリの肥料効果 - 特にコマツナに対する多量施用の影響 - . 土肥誌. 76: 53-57.
- 2) 牧浩之・河野哲・永井耕介（2009）．熟および炭化処理による牛ふん堆肥の無機元素収支と溶解性の変化. 土肥誌. 80: 257-262.

- 3) 上田浩三・阪本亮一・浜野修史 (2010) . 特開 2010-194502「リン化合物の集積方法および回収方法」.
- 4) 今野一男・西川介二 (1993) . 炭化条件の異なる各種木炭粉の施用が畑作物の生育・養分吸収におよぼす影響. 土肥誌. 64: 190-193.
- 5) 磯部勝孝・山中亘・片野功之輔 (1996) . 木炭の施用がサツマイモの収量におよぼす影響. 日作紀. 65 : 453-459.
- 6) 佐野修司・東昌弘・内山知二 (2011) . 樹木オイル抽出残さより作成された各種炭におけるカリウムの肥料効果の解析. 土肥誌. 82: 58-60.
- 7) 磯部勝孝・山中亘・片野功之輔 (2002) . オカラ炭化物の施用が土壌理化学性とインゲンマメの生育におよぼす影響. 土肥誌. 73 : 287-290.
- 8) 牧浩之・渡辺和彦 (2004) . タマネギ炭化物のコマツナ栽培に対する肥料効果. 土肥誌. 75: 439-444.
- 9) 牧浩之・河野哲・小林尚司・永井耕介 (2007) . オカラ, タマネギ炭化物の肥料効果と利用法. 土肥誌. 78: 519-523.
- 10) 農林水産省 作況調査 (野菜)
http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumtu/sakkyou_yasai/index.html (2013年5月) .
- 11) 小原洋・中井信 (2004) . 農耕地土壌の可給態リン酸の全国的変動 農耕地土壌の特性変動 (II) . 土肥誌. 75: 59-67.
- 12) 佐野修司・内山知二・辰巳眞 (2011) . 大阪府における土地利用別の農地土壌の特性. 大阪環農水研報. 4: 27-31.
- 13) 兵庫県農政環境部農林水産局農業改良課 (2010) . 土を知る (2)土づくり基本技術
http://web.pref.hyogo.jp/af07/af07_000000010.html (2013年9月) .
- 14) 凌祥之 (2002) . 農業廃棄物の炭化による再利用技術の確立. 農業技術. 57: 273-277