

家畜ふん堆肥中のリン酸・カリウムの簡易分析法の実用性

藤田 裕・植田稔宏・小田部裕・折本善之

Efficacy of a Simple Analytical Method for Phosphate and Potassium Content in Composts

Yutaka FUJITA, Toshihiro UETA, Hiroshi OTABE and Yoshiyuki ORIMOTO

Summary

We evaluated the efficacy of a simple analytical method for measuring the phosphate acid and potassium content in composts.

In the composts produced in the Ibaraki Prefecture, phosphate acid and potassium content were correlated in hydrochloric acid extraction and wet digestion methods, and the amounts extracted were mostly equivalent.

The phosphate acid content in the composts determined using 2% citric acid and 0.2M sulfate extraction methods correlated to the phosphate acid content determined using wet digestion method, and the amounts extracted were mostly equivalent.

The potassium content in the composts measured using 2% citric acid and 0.2M sulfate extraction methods correlated to the potassium content determined using wet digestion method, and the amounts extracted were mostly equivalent. Like hydrochloric acid extraction method, these methods can also be used to evaluate the total potassium content in composts.

Since citric acid treatment is easier compared to the treatments with sulfuric acid and hydrochloric acid, it is suitable as a simple analytical method. Moreover, citric acid extraction can be used to appraise the phosphate acid and potassium content taken up by the crops.

キーワード：家畜ふん堆肥，肥効，リン酸，カリウム，評価法

I. 緒言

家畜ふん堆肥（以下堆肥）は窒素，リン酸およびカリウムなどの肥料成分を含み，中でもリン酸・カリウムの肥効は高い（小柳ら，2005）ことが知られている。近年，肥料価格が上昇傾向にあることから，施肥コストを低減する必要に迫られており，堆肥の有効利用が望まれている。

堆肥を化学肥料の代替資材として利用する場合，まず含有する肥料成分の全量を把握する必要がある。堆肥中の肥料成分の全量分析は，湿式分解（硝酸－過塩素酸分解）した後，原子吸光法や比色法などによって定量する（日本土壌協会，2000）のが一般的である（以下湿式分解法）。しかし，湿式分解法は高濃度の強

酸を用いて加熱するので，操作に危険を伴う。また，過塩素酸に対応した特殊な排気施設が必要である。さらに，分解に数時間を要する点で，普及現場においては利用が困難な分析法といえる。

堆肥中のリン酸および塩基の迅速全量分析手法としては塩酸抽出法（棚橋，2005）があり，これによって得られる数値は湿式分解法との相関も高い。そこで，県内の主要な堆肥について塩酸抽出法の有効性を検討した。併せて，塩酸よりも取り扱いの容易な各種の抽出液について，その抽出特性を検証した。

II. 材料および方法

1. 供試堆肥

2009年4月に、茨城県内で生産される堆肥のうち副資材、製造方法および堆積期間が異なる堆肥（牛ふん堆肥3点、豚ふん堆肥7点、鶏ふん堆肥5点）を収集し、直ちに風乾した。風乾物は微粉碎し、供試材料とした（表1）。

2. 分析方法

1) 湿式分解法による堆肥のリン酸およびカリウムの全含量の測定

リン酸およびカリウムの全含量は、供試堆肥を湿式分解法により分解後、リン酸はバナドモリブデン酸比色法により分光光度計（UV-1800, 島津製作所）で、カリウムは原子吸光法により原子吸光分光光度計（AA-6300, 島津製作所）で測定した。

2) 塩酸抽出法による堆肥のリン酸およびカリウムの測定

供試堆肥 5g に対し、0.5M 塩酸溶液を 50ml 加え、60 分間振とう抽出した（棚橋, 2005）。その後上澄み液をろ過し、リン酸は硫酸モリブデン法による比色法により分光光度計（UV-1800, 島津製作所）で、カリウムは湿式分解法と同様の条件で測定した。

3) 各種抽出液による堆肥のリン酸およびカリウムの測定

供試堆肥 0.5g に対し、抽出液として脱塩水、0.5M

重炭酸ナトリウム溶液、2%クエン酸溶液、0.2M 硫酸溶液を各 100ml 加え、常温で 60 分間振とう抽出した。その後上澄み液をろ過し、リン酸およびカリウムを塩酸抽出法と同様の条件で測定した。

III. 結果および考察

1. 県内で生産された堆肥の塩酸抽出法によるリン酸・カリウム含量の評価

堆肥中リン酸の全含量は、牛ふん堆肥 10.3 ~ 14.6g kg⁻¹, 豚ふん堆肥 28.9 ~ 77.1g kg⁻¹, 鶏ふん堆肥 38.3 ~ 50.1g kg⁻¹ の範囲にあった。塩酸抽出法によるリン酸含量は、湿式分解法と比較した結果、回帰式 $y = 1.30x + 2.26$ で高い相関が認められた（図1）。

また、堆肥中カリウムの全含量は、牛ふん堆肥 7.2 ~ 25.9g kg⁻¹, 豚ふん堆肥 13.3 ~ 46.5g kg⁻¹, 鶏ふん堆肥 32.3 ~ 46.6g kg⁻¹ の範囲にあった。塩酸抽出法によるカリウム含量は、湿式分解法と比較した結果、回帰式 $y = 1.12x + 0.482$ で高い相関が認められた（図1）。

県内で生産された堆肥は、畜種・副資材・製造方法・堆積期間の違いにかかわらず、塩酸抽出によるリン酸およびカリウム含量が湿式分解法と高い相関を示し、棚橋（2005）の報告と同様の結果を得た。このことから、塩酸抽出法は本県産堆肥に対してのリン酸およびカリウム全含量の簡易分析法として有効であると考えられた。

表1 供試堆肥の原料および製造方法

No.	畜種	副資材	製造方法	堆積期間
1	乳用牛	オガクズ	堆積	6ヶ月
2		モミガラ、イナワラ	堆積	4ヶ月
3		なし	堆積	6ヶ月
4	豚	オガクズ	堆積	12ヶ月
5		オガクズ	堆積	8ヶ月
7		モミガラ	堆積	6ヶ月
8		モミガラ	密閉式攪拌	1週間
9		なし	開放式攪拌	2ヶ月
6		なし	密閉式攪拌	1週間
10		なし	密閉式攪拌	3週間
11	採卵鶏	モミガラ	開放式攪拌	2ヶ月
12		モミガラ	堆積後、密閉式攪拌	3週間
13		なし	開放式攪拌	2週間
14		なし	開放式攪拌	6ヶ月
15		なし	密閉式攪拌	1~2週間

○：牛ふん堆肥 ■：豚ふん堆肥 △：鶏ふん堆肥

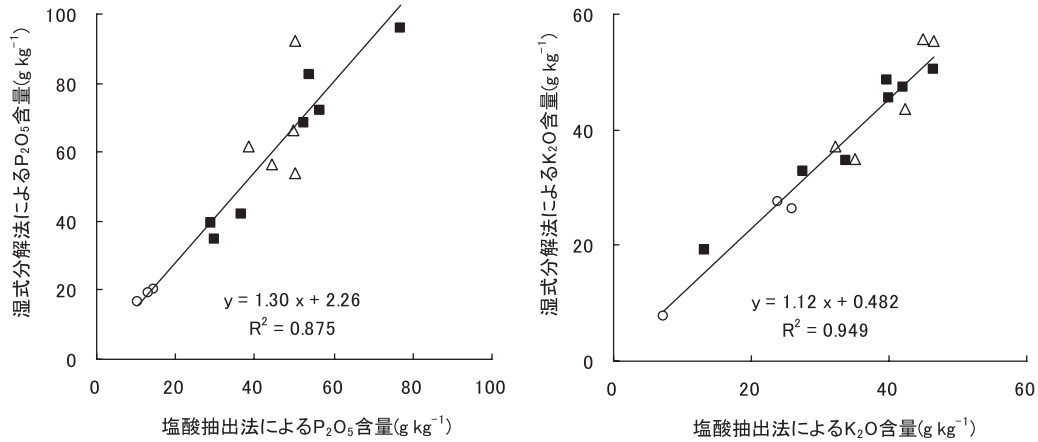


図1 堆肥中リン酸およびカリウムの塩酸抽出法と湿式分解法の測定値の比較

2. 各種抽出液によるリン酸の抽出特性

堆肥中のリン酸含量について、湿式分解法と各種抽出液として脱塩水、0.5M重炭酸ナトリウム溶液、2%クエン酸溶液、0.2M硫酸溶液による抽出特性を比較

した(図2)。

各抽出液によるリン酸含量は、畜種・副資材・製造方法・堆積期間の違いにかかわらず湿式分解法と一次式で回帰された(図2)。

○：牛ふん堆肥 ■：豚ふん堆肥 △：鶏ふん堆肥

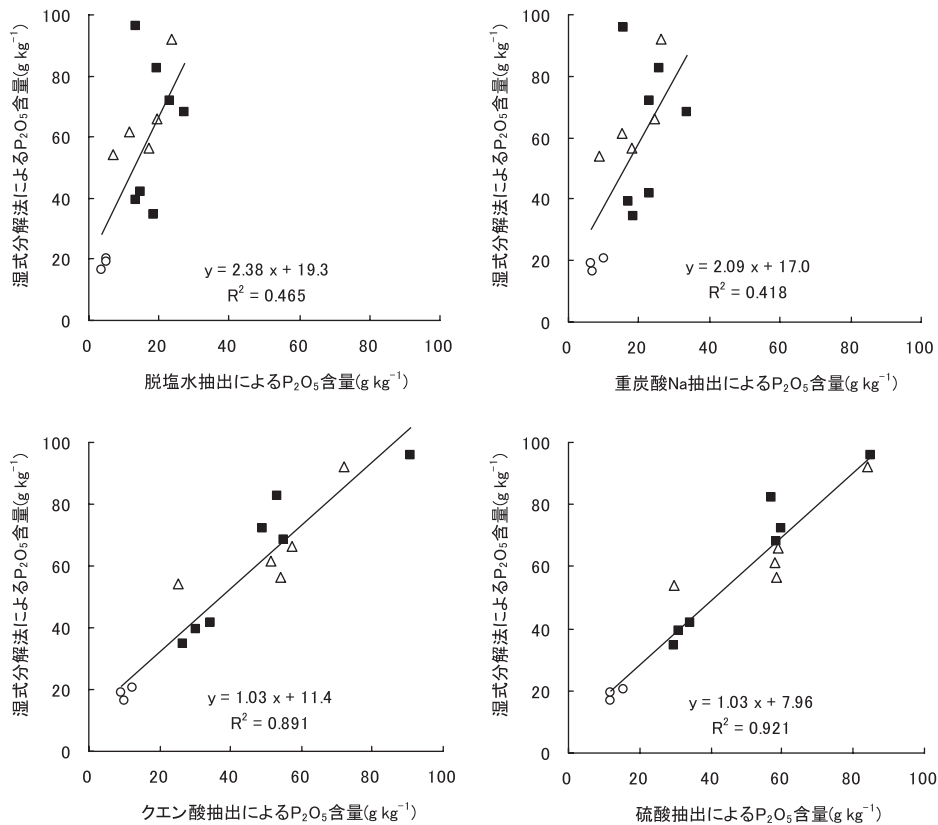


図2 堆肥中リン酸の各抽出法と湿式分解法の測定値の比較

表2 湿式分解法による堆肥中リン酸およびカリウム含量に対する各抽出法測定値の相関係数

成分	抽出液	相関係数	n
リン酸	脱塩水	0.682 **	15
	重炭酸Na	0.647 **	15
	クエン酸	0.944 **	15
	硫酸	0.960 **	15
カリウム	脱塩水	0.932 **	15
	重炭酸Na	0.975 **	15
	クエン酸	0.982 **	15
	硫酸	0.969 **	15

**は1%水準で有意であることを示す

脱塩水および重炭酸ナトリウム溶液は易溶性の無機態リン酸を抽出すると考えられており、これらによって抽出されたリン酸含量は、それぞれ湿式分解法と相関が認められた(表2)。しかし、一次回帰式の回帰係数は脱塩水抽出が2.38、重炭酸ナトリウム溶液が2.09であり、抽出量は湿式分解法の含量と比較して少ない値であった。また、堆肥中のカルシウム、マグネシウム、鉄、アルミニウムの含量が高い場合には難溶性のリン酸塩が形成されやすく、水抽出および易溶性リン酸割合が減少する(横田ら, 2003)ことから、脱塩水および重炭酸ナトリウム溶液抽出によって堆肥中のリン酸全含量を評価することは難しいと考えられる。

クエン酸によって抽出された含量は、湿式分解法と高い相関が認められた(表2)。また、一次回帰式の回帰係数は1.03となり、湿式分解法による含量とほぼ同量であった。硫酸によって抽出された含量は、湿式分解法と高い相関が認められ(表2)、一次回帰式の回帰係数は1.03となり、湿式分解法による含量とほぼ同量であった。すなわち、クエン酸および硫酸による抽出法は、塩酸抽出法と同様に全含量を簡易に評価できると考えられる。特に、クエン酸は弱酸であるため、塩酸や硫酸に比べて取り扱いが容易であることから、普及現場における簡易分析法として適していると考えられた。

クエン酸および硫酸によって抽出されるリン酸の形態は、塩酸抽出法と同様に、これらの酸に溶解する無機態リン酸であると考えられる。一方、湿式分解法は無機態および有機態のリン酸の合計量であり、クエン酸および硫酸によって抽出されたリン酸含量と湿式分解法による含量がほぼ同量であったことから、供試堆

肥中のリン酸形態は無機態が主体であったと考えられた。

また、肥料公定分析法では、2%クエン酸溶液に溶けるリン酸をク溶性リン酸と定めており、これは根の作用で溶解・吸収されるリン酸(藤原ら, 2010)で、作物に対する可給性が高い。このことから、2%クエン酸可溶性含量は、堆肥中の可給性リン酸の評価法として利用できる可能性があると考えられた。

3. 各種抽出液によるカリウムの抽出

堆肥中のカリウム含量について、湿式分解法と各種抽出液として脱塩水、0.5M重炭酸ナトリウム溶液、2%クエン酸溶液、0.2M硫酸溶液による抽出法を比較した(図3)。

各抽出液によるカリウム含量は、リン酸含量の結果と同様に、畜種・副資材・製造方法・堆積期間の違いにかかわらず、湿式分解法と一次式で回帰された(図3)。

脱塩水および重炭酸ナトリウムによって抽出された含量は、湿式分解法と相関が認められたが(表2)、一次回帰式の回帰係数はそれぞれ1.32および1.26となり、湿式分解法の含量より少ない値であった。

クエン酸および硫酸によって抽出された含量は、湿式分解法と高い相関が認められた(表2)。一次回帰式の回帰係数は、クエン酸が1.18となり湿式分解法の含量よりやや少ない値であったが、硫酸は1.07となり湿式分解法のよる含量とほぼ同量であった。

また、堆肥中カリウムの全含量に対する水溶性含量の割合は、牛ふん堆肥52%、豚ふん堆肥54%、鶏ふん堆肥61%であった(図4)。同様に、カリウム全量に対する水溶性含量と水不溶性ク溶性含量の合計量の

○：牛ふん堆肥 ■：豚ふん堆肥 △：鶏ふん堆肥

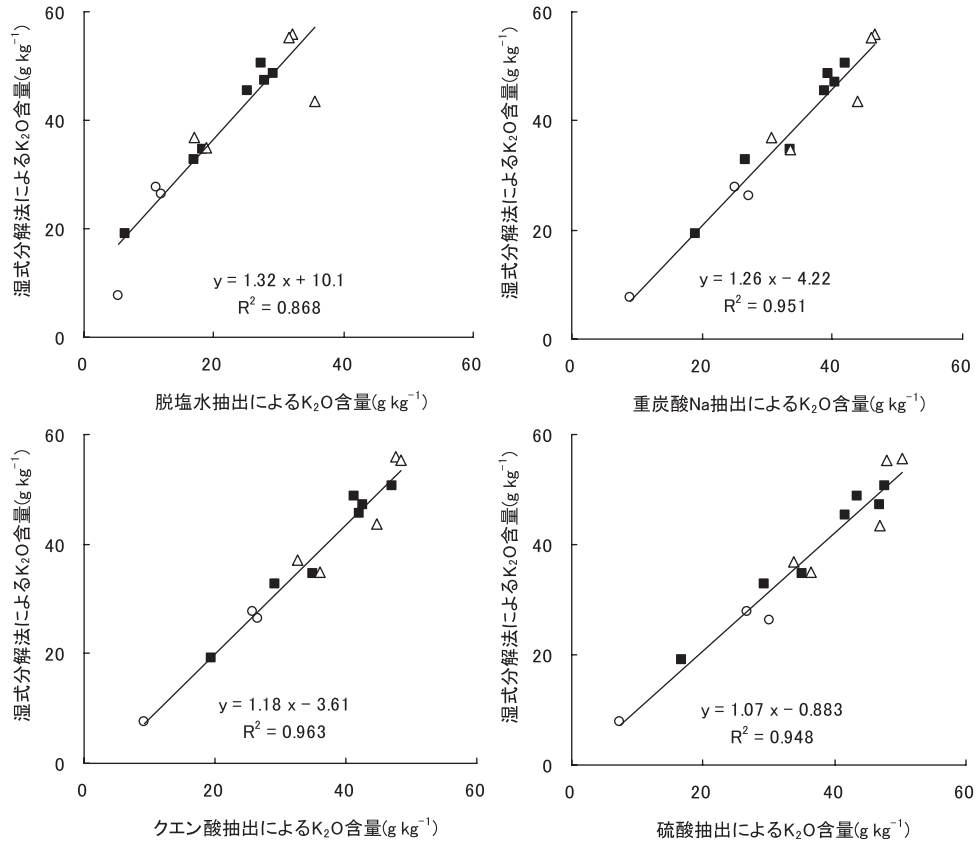


図3 堆肥中カリウムの各抽出法と湿式分解法の測定値の比較

割合は、牛ふん堆肥 97%、豚ふん堆肥 90%、鶏ふん堆肥 94%であり (図4)、これらは小柳ら (2004) の報告とほぼ同等の値であった。リン酸と同様に 2%クエン酸可溶性含量は、作物に対する可給性が高いと考

えられることから、クエン酸抽出法は堆肥中の作物可給性カリウムの評価法として利用できる可能性が高いと考えられた。

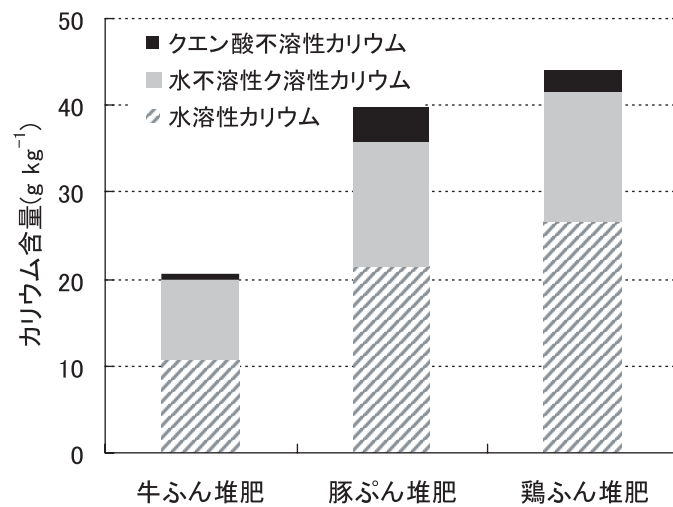


図4 溶解特性別の堆肥中カリウム含量

IV. 摘 要

堆肥中のリン酸およびカリウム含量について、簡易分析法の実用性を検討した。

県内で生産された堆肥中のリン酸およびカリウム含量において、塩酸抽出法は湿式分解法との相関が高く、ほぼ同量の関係で測定できた。

堆肥中のリン酸含量において、2%クエン酸および0.2M 硫酸による抽出法は、湿式分解法との相関が高く、ほぼ同量の関係で測定でき、塩酸抽出法と同様に全含量を簡易に評価できる。

堆肥中のカリウム含量において、2%クエン酸および0.2M 硫酸による抽出法は、湿式分解法との相関が高く、ほぼ同量の関係で測定でき、塩酸抽出法と同様に全含量を簡易に評価できる。

クエン酸は、硫酸および塩酸と比較して取り扱いが容易であり、普及現場においての簡易分析法として適していると考えられた。また、クエン酸抽出法は、作物が利用可能なリン酸およびカリウムの評価法として利用できる可能性が大きいと考えられた。

引用文献

- 小柳 渉・和田富広・安藤義昭. 2005. 家畜ふん堆肥中リン酸の性質と肥効. 新潟畜研七報. 15 : 6-9.
- 棚橋寿彦. 2005. 家畜ふん堆肥からの塩酸抽出の意義と肥料成分の簡易分析法. 農業技術. 60 (7) : 20-24
- 日本土壤協会編. 2000. 堆肥等有機物分析法. pp.35-39. 日本土壤協会. 東京.
- 横田 剛・伊藤豊彰・小野剛志・高橋正樹・三枝正彦. 2003. 製造条件の異なる牛ふん堆肥の無機態リン酸組成. 土肥誌 74 (2) : 133-140.
- 藤原俊六郎・安西徹郎・小川吉雄・加藤哲郎 編. 2010. 新版土壤肥料用語辞典第2版. pp.184. 農山漁村文化協会. 東京.
- 小柳 渉・安藤義昭・水沢誠一・森山則男. 2004. 家畜ふん堆肥中の塩類組成の特徴. 土肥誌. 75 (1) : 91-93.