



あたらしい 農業技術

No.623

牛ふん堆肥に含まれるりん酸・
加里を活用した施肥量の削減

平成 28 年度

要 旨

1 技術、情報の内容及び特徴

県内生産堆肥の大半を占める牛ふん堆肥には窒素、りん酸、加里等の肥料成分が含まれていません。しかし、堆肥毎の成分量の違いが大きい上に肥料効果が十分に解明されておらず、これらの成分は施肥設計で考慮されずに化学肥料が施用されるため、土壌への肥料成分過剰蓄積の一因となっています。一方で肥料価格が上昇しているため、効率的な施肥が求められています。

そこで、県内産牛ふん堆肥に含まれるりん酸、加里の形態や施用後の土壌中における変化を調査して肥料効果を明らかにし、露地の冬どりキャベツ栽培での化学肥料削減実証試験を行い、以下の結果を得ました。

- ・ 県畜産堆肥共励会に出品された牛ふん堆肥を調査したところ、肥料効果が期待できる、く溶性成分割合は、りん酸が平均 80%程度、加里が平均 90%程度でした。
- ・ 簡易分析法である 0.5M 塩酸抽出法で測定した成分量は、肥料分析公定法で測定した、く溶性成分量とほぼ同じであり、簡易分析法で、く溶性成分量が推定できると考えられました。
- ・ 牛ふん堆肥を露地圃場へ 3 t/10a 施用し、約 1 年間調査したところ、堆肥に含まれるりん酸・加里が、作物に利用可能な形態に変化する割合は、化学肥料と同じでした。
- ・ 牛ふん堆肥の化学肥料相当肥料成分量を簡易分析法で測定し、その分の化学肥料を削減しても冬どりキャベツの生育は化学肥料のみ施肥した区と同等でした。また、肥料費は化学肥料のみの施肥に比べ、19～32%削減できました。

2 技術、情報の適用効果

本技術を用い、牛ふん堆肥の化学肥料相当肥料成分を考慮して施肥設計を行うことで、肥料費の削減、農耕地への肥料成分過剰蓄積の抑制が期待できます。

3 適用範囲

県内全域の葉菜類栽培で、十分に腐熟が進んだ牛ふん堆肥を施用する場合に適用できます。

4 普及上の留意点

- ・ 0.5M 塩酸抽出成分量は、「家畜ふん堆肥の肥料成分・窒素肥効マニュアル」¹⁾に従い分析します。Web に分析マニュアルが公開されています（新潟県畜産研究センター生産・環境科資源循環チーム <http://www.ari.pref.niigata.jp/chikusan/Environment/taihi/>）。
- ・ 簡易分析法での測定が困難な場合は、堆肥に添付されている品質表示を参考にするか、堆肥生産者に最新の成分値を確認してください。
- ・ この施肥量削減方法は、冬どりキャベツ栽培以外の葉菜類にも応用可能であると考えられますが、加里は化学肥料と同様に流亡するため、生育期間が数か月にわたる作目や、生育後半の加里の肥効が必要な作目では化学肥料の追肥を組み合わせてください。
- ・ 堆肥施用に伴い、土壌 pH が上昇しますが、過去の試験結果から堆肥連用により作物生育に問題を生じるような pH 上昇は認められません。

目 次

はじめに	1
1 牛ふん堆肥に含まれるりん酸・加里成分の化学肥料相当量の把握	1
(1) 牛ふん堆肥に含まれる、く溶性りん酸・加里成分量	1
(2) く溶性成分量の簡易分析法	2
2 牛ふん堆肥に含まれるりん酸・加里成分の土壌施用後の変化	2
3 冬どりキャベツ栽培での化学肥料削減の実証	3
(1) 牛ふん堆肥に含まれる化学肥料相当量を考慮した施肥設計方法	3
(2) 減肥実証区と化学肥料区のキャベツ生育の比較	4
(3) 減肥実証区と化学肥料区の栽培後土壌の比較	4
(4) 減肥実証区の肥料費削減効果	5
おわりに	5
参考文献	6

はじめに

県内生産堆肥の大半を占める牛ふん堆肥（図1）は、主に土づくり効果を期待して施用が推奨されてきました。しかし、牛ふん堆肥には窒素、りん酸、加里等の肥料成分も含まれており、平成16年11月の「家畜排せつ物の管理の適正化および利用の促進に関する法律」の完全施行に向けて堆肥舎の整備が進み、堆肥化处理が屋根付き堆肥舎で行われるようになったこと等により肥料成分量が以前より高くなっているという報告²⁾もあります。ただし、牛ふん堆肥に含まれる肥料成分については、堆肥毎の成分の違いが大きいこと、肥料効果が堆肥の種類毎に一律で決められており³⁾、十分に解明されていないこと等から施肥設計で考慮されずに化学肥料が施用されており、土壌への肥料成分過剰蓄積の一因となっています。一方で近年の肥料価格の上昇に対応し、施肥コストを削減するための効率的な施肥が求められています。

そこで、牛ふん堆肥に含まれる肥料成分を考慮し、施肥設計に反映させるため、以下の3点について検討しました。

- ①牛ふん堆肥に含まれるりん酸・加里成分の化学肥料相当量の把握
- ②牛ふん堆肥に含まれるりん酸・加里成分の土壌施用後の変化
- ③冬どりキャベツ栽培における化学肥料削減の実証

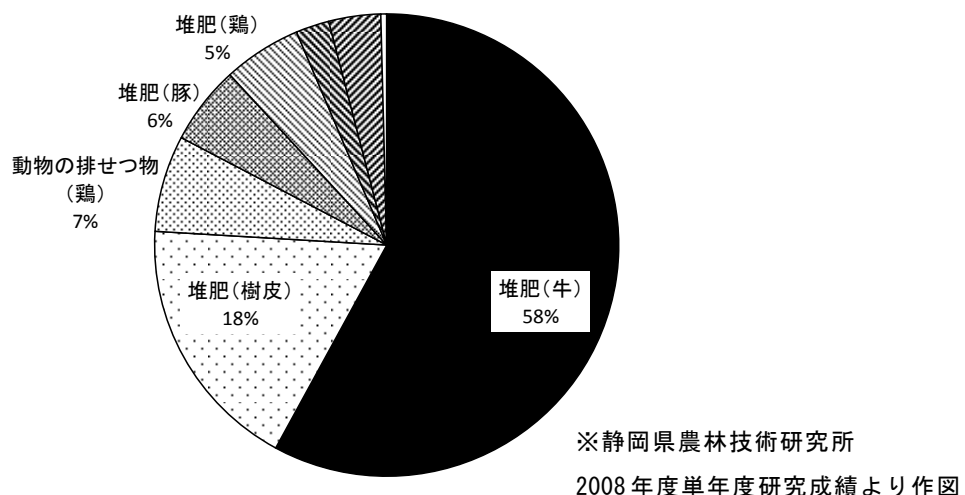


図1 静岡県内で届出されている堆肥、動物の排せつ物生産量の割合（平成19年）

1 牛ふん堆肥に含まれるりん酸・加里成分の化学肥料相当量の把握

(1) 牛ふん堆肥に含まれる、く溶性りん酸・加里成分量

牛ふん堆肥に含まれるりん酸、加里について、水など5種類の抽出液に溶け出した成分量と、コマツナ栽培での成分吸収量との関係を調べたところ、肥料の保証成分の一つである、く溶性りん酸成分、く溶性加里成分（2%くえん酸溶液に溶け出す成分）が最も相関が高かったという報告⁴⁾があるため、平成23・24年度の静岡県畜産堆肥共励会出品堆肥112点（乳牛75点、肉牛37点、このうち、乳牛29点、肉牛9点は2年とも出品）について、く溶性成分を調査しました。

りん酸全量に対する割合は、乳牛で平均73%（48～95%）、肉牛で平均87%（60～100%）と肉牛で高い傾向でした（図2）。また、加里全量に対する割合は、乳牛で平均91%（69～100%）、肉牛

で平均 94% (76~100%) と乳牛と肉牛の違いはみられませんでした (図 3)。このように牛ふん堆肥に含まれるりん酸の 50%以上、加里の 70%以上は、く溶性成分量であることがわかりました。

ただし、く溶性成分の割合は、同じりん酸・加里成分量でもばらつきがあり、特にりん酸では堆肥現物 1t あたりのりん酸全量が 20kg を下回ると主に乳牛でばらつきが大きくなる傾向がみられました。これは乳牛ふん堆肥では石灰含量が高い堆肥があり、石灰含量が高い堆肥では石灰とりん酸が結合し、りん酸が溶け出しにくくなるためだと考えられます⁵⁾。したがって、く溶性成分量を正確に把握するには、個々の堆肥について個別に評価する必要があると思われます。

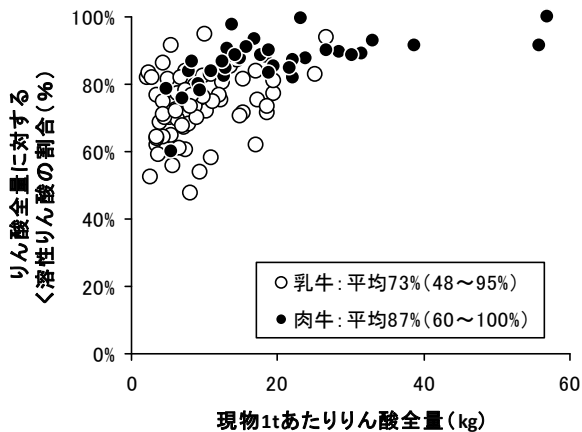


図 2 りん酸全量とく溶性りん酸割合の関係

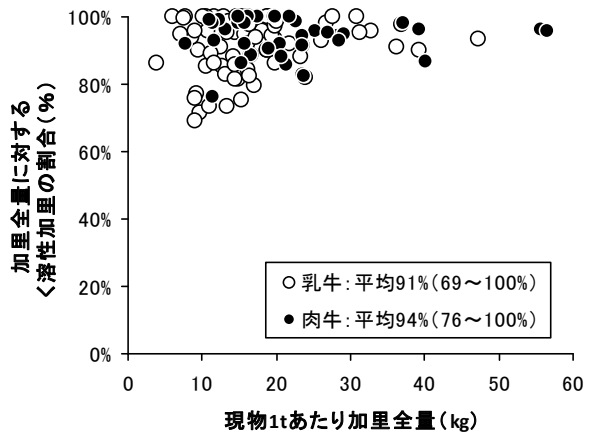


図 3 加里全量とく溶性加里割合の関係

(2) く溶性成分量の簡易分析法

公定法による、く溶性成分の測定は、堆肥を風乾、粉砕する前処理が必要な上、煩雑な操作と高価な分析機器が必要です⁶⁾。一方、窒素肥効の簡易評価法の一つとして開発された 0.5M 塩酸抽出法は、窒素だけではなく、りん酸、加里、石灰、苦土のほぼ全量が抽出できるとされ、堆肥現物からの抽出と安価な分析機器で測定が可能です¹⁾。

そこで、0.5M 塩酸抽出成分量と、公定法で分析した、く溶性成分量を比較したところ、両者はほぼ同じであり、簡易分析法である 0.5M 塩酸抽出法で、く溶性成分量が把握できると考えられました (図 4)。

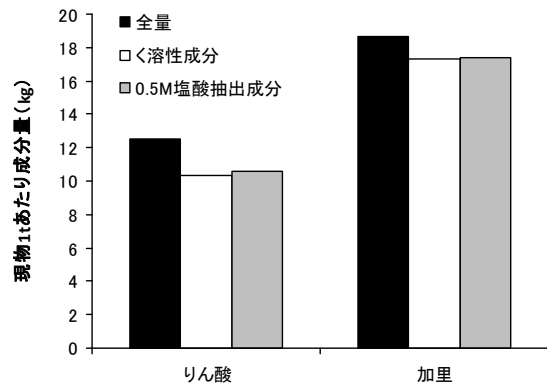


図 4 りん酸、加里の形態別平均成分量 (乳牛、肉牛含めた 112 点全ての平均値)

2 牛ふん堆肥に含まれるりん酸・加里成分の土壌施用後の変化

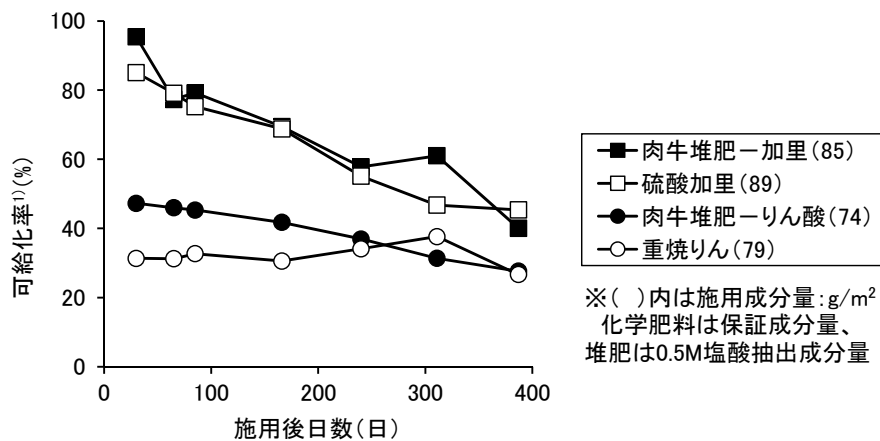
肉牛ふん堆肥を、本県の代表的な土壌の一つである黄色土露地圃場へ 9 月に 3t/10a 相当施用し、作物を栽培しない条件で土壌の可給態りん酸、交換性加里を約 1 年間調査しました。

牛ふん堆肥に含まれる 0.5M 塩酸抽出りん酸成分が、土壌中で可給態りん酸となった割合は、施用 30 日後で 45%、387 日後には 26%でした。30 日後に割合が半分以下となっていたことや以後

の低下は、水溶性のりん酸が土壌に固定されたことが原因であると考えられます。また、牛ふん堆肥に含まれる 0.5M 塩酸抽出加里成分が、土壌中で交換性加里となった割合は、施用 30 日後で 93%、387 日後には 39%でした。この低下は降雨による溶脱だと考えられます（図 5）。

土壌施用後に作物に利用可能な可給態りん酸、交換性加里となる割合は、化学肥料の重焼りんや硫酸加里と違いがなく、牛ふん堆肥に含まれる 0.5M 塩酸抽出成分のりん酸や加里は重焼りん、硫酸加里と同等の肥料効果があると考えられました。

なお、土壌施用後に作物に利用可能な可給態りん酸、交換性加里となる割合に対する地温の影響については、室内試験で 10～30℃の範囲では影響がないことを確認しています。



1) 可給化率 = (資材施用土壌の可給態りん酸、交換性加里含量 - 土壌のみの含量) ÷ 施用量 × 100

図 5 露地埋設試験における各資材由来の可給態りん酸、交換性加里成分の推移

以上、く溶性成分と 0.5M 塩酸抽出成分の関係、0.5M 塩酸成分施用量と土壌施用後の土壌中可給態りん酸、交換性加里成分量の推移から、牛ふん堆肥に含まれるりん酸・加里成分の化学肥料相当量が 0.5M 塩酸抽出法で把握可能であると考えられました。

本試験では重焼りん（保証成分値：く溶性 35%、水溶性 16%）、硫酸加里（保証成分値：水溶性 50%）と比較しましたが、畑地で使われる他のりん酸肥料として、保証成分値のほとんどが水溶性の過りん酸石灰と、く溶性のようりんがあります³⁾。しかし、水溶性りん酸は速効的だが土壌に固定されやすく、く溶性りん酸は土壌に固定されにくい効きが遅いことを考えると、これらの中間的な肥効を持つ重焼りんと同等であることは、化学肥料相当量と考えて良いと思われます。

3 冬どりキャベツ栽培での化学肥料削減の実証

牛ふん堆肥の 0.5M 塩酸抽出成分量が化学肥料相当量であるとして、冬どりキャベツ栽培の化学肥料を削減した実証試験を 3 年間にわたり実施しました。

(1) 牛ふん堆肥に含まれる化学肥料相当量を考慮した施肥設計方法

牛ふん堆肥中の窒素、りん酸、加里成分の化学肥料相当量は 0.5M 塩酸抽出法で測定し、施肥基準量³⁾（年明けどりキャベツでは 10a あたり窒素：36kg、りん酸 24kg、加里 36kg）を超えないように施肥設計しました。実証試験に供試した肉牛ふん堆肥に含まれる化学肥料相当量は、窒素が 0.22～0.26%、りん酸が 1.9～2.5%、加里が 2.1～2.8%でした（表 1）。肉牛ふん堆肥に含まれ

る窒素、りん酸、加里成分の化学肥料相当量を施肥設計に反映させ、りん酸は全て堆肥で施用し、堆肥だけでは不足する窒素と加里は化学肥料で施用しました（表2）。この結果、本実証試験の減肥実証区における化学肥料の肥料成分削減率は窒素 8%，リン酸 100%，カリ 72～78%となりました。

表 1 供試した肉牛ふん堆肥の成分値（現物%）

施用年度	水分	窒素		りん酸		加里		C/N比
		全量	0.5M ¹⁾	全量	0.5M ¹⁾	全量	0.5M ¹⁾	
2012	37.7	1.56	0.26	2.64	2.47	2.96	2.83	15.1
2013	41.4	1.15	0.22	1.98	1.93	2.17	2.06	19.6
2014	44.1	1.34	0.22	2.19	2.01	2.35	2.32	17.8

1)0.5M塩酸抽出成分量

表 2 実証試験の試験構成¹⁾

処理区（実施年度）	堆肥施用量 (kg/10a)	成分施用量 (kg/10a)								
		堆肥 ²⁾			化学肥料 ³⁾			合計		
		窒素	りん酸	加里	窒素	りん酸	加里	窒素	りん酸	加里
減肥実証（2012）	973	3	24	28	33	0	8	36	24	36
減肥実証（2013）	1,245	3	24	26	33	0	10	36	24	36
減肥実証（2014）	1,195	3	24	28	33	0	8	36	24	36
化学肥料（対照）	—	—	—	—	36	24	36	36	24	36

1) 試験区画3反復を固定して3年間実施、全区に苦土石灰を年1回、100kg/10a施用

2) 肉牛堆肥を供試し、0.5M塩酸抽出成分量を化学肥料相当量として施肥設計に組み込み、全量基肥で施用

3) 窒素は尿素、りん酸は重焼リン（2012年）又は苦土重焼リン（2013、2014年）、加里は硫酸加里を供試
窒素、加里は基肥+追肥3回（ただし減肥実証区の加里は追肥2回）、りん酸は全量基肥施用

（2）減肥実証区と化学肥料区のキャベツ生育の比較

減肥実証区のキャベツ収量は、3年間通して化学肥料区と同等であり、十分な収量が得られました（図6）。台風の影響があった2012年以外は目標収量³⁾である5t/10aを上回っていました。

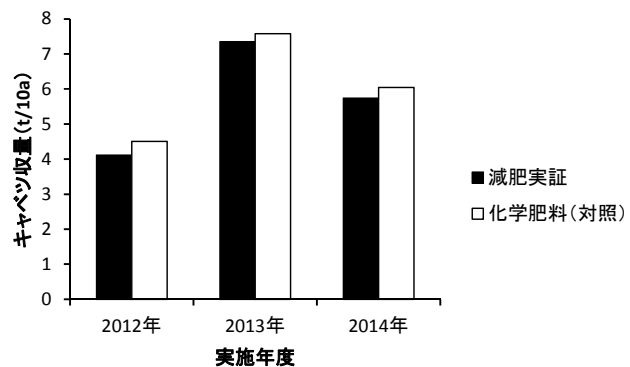


図 6 実証試験3年間における冬どりキャベツ収量

（3）減肥実証区と化学肥料区の栽培後土壌の比較

3年間の実証試験後の土壌化学性は、pH、腐植、全窒素、交換性苦土で減肥実証区が高くなりましたが、可給態リン酸と交換性加里は同等であり（表3）、減肥実証区では、りん酸、加里などの養分蓄積を抑制しつつ、腐植、全窒素などが増えており、土づくりが出来ていると考えられます。なお、堆肥施用に伴って、pHが上昇しますが、過去の試験結果から堆肥連用により作物生育に問題を生じるようなpH上昇は認められておらず、問題ありません。

表3 キャベツ3年連作後の土壌化学性

処理区	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	腐植 全窒素		無機態N (mg/100g乾土)	可給態N ¹⁾	可給態P ²⁾	交換性塩基 (mg/100g乾土)		
			(乾土%)	(%)				加里	石灰	苦土
減肥実証	7.0	0.03	2.2	0.12	1.1	2.3	27	37	178	44
化学肥料 (対照)	6.7	0.04	2.0	0.10	1.3	2.2	30	40	165	37
県改善基準 (黄色土)	6.0~6.5	0.2以下	3%以上	—	—	—	20~50	15~45	190~280	40~70

1) 80℃16時間抽出法 (CODバックテスト) 2) トルオーグ法

(4) 減肥実証区の肥料費削減効果

供試した堆肥をバラで購入した場合の価格 10,000 円/t と、それぞれの化学肥料の購入価格を基に肥料費を試算すると、減肥実証区の肥料費は化学肥料区に比べ、6～9 千円/10a (19～32%) 削減することができました (図7)。これには堆肥施用の人工が入っていませんが、土づくり効果があることを考えると、堆肥を施用するメリットはあると思われます。

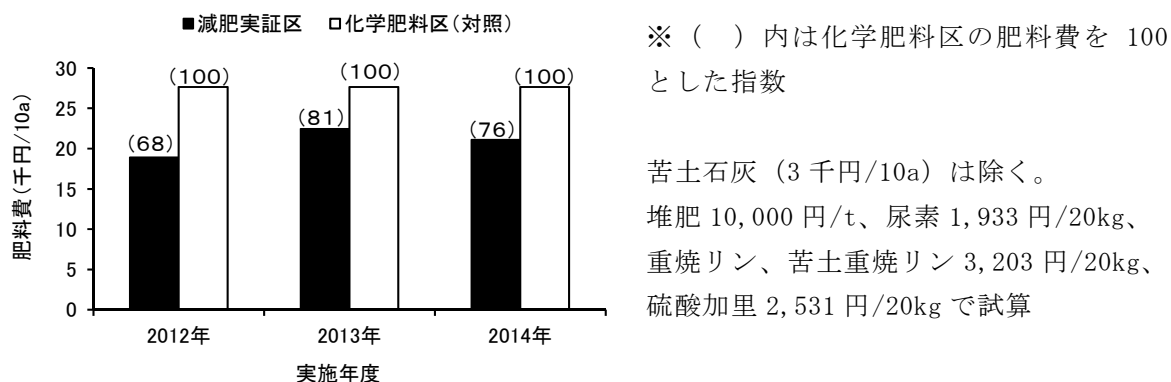


図7 実証試験3年間における冬どりキャベツの肥料費

おわりに

本研究では、牛ふん堆肥に含まれるりん酸、加里成分量の半分以上は化学肥料相当量と考えて良いことがわかりました。したがって牛ふん堆肥を施用する場合、その成分量に応じて施肥する化学肥料のりん酸、加里成分量を減らすことができ、肥料費も削減可能です。ただし、加里は化学肥料と同様に降雨や灌水により流亡するため、生育期間が数か月にわたる作目や、生育後半の加里肥効が必要な作目では化学肥料の追肥を組み合わせてください。

牛ふん堆肥に含まれるりん酸、加里成分量の化学肥料相当量は、簡易分析法 (0.5M 塩酸抽出法) で測定可能であり、従来の方法に比べ、迅速で安価に測定ができます。しかし、簡易分析法での測定が困難な場合は、堆肥に添付されている品質表示を参考にするか、堆肥生産者に最新の成分値を確認してください。

牛ふん堆肥は県内生産堆肥の大半を占め、入手しやすい上に、土づくり効果が大きいとされており、積極的に使用していきたい資材です。今後は土づくり効果だけではなく、肥料効果にも注目し、無駄の少ない適正な施肥管理を行うため、本技術を活用いただきたいと思います。

参考文献

- 1) 実用技術開発事業 18053 マニュアル作成委員会, 2010 年. 家畜ふん堆肥の肥料成分・窒素肥効評価マニュアル. (独) 農研機構中央農業総合研究センター資源循環・溶脱低減研究チーム, 172pp
- 2) 佐藤ら, 2008 年. 静岡県内における家畜ふん堆肥の EC と無機成分の特徴. 静岡県畜産技術研究所研究報告, 第 1 号, 24-26
- 3) 静岡県経済産業部, 平成 26 年 3 月. 静岡県土壌肥料ハンドブック. 静岡県経済産業部農山村共生課, 71, 253, 338-341, 350
- 4) 財団法人畜産環境整備機構, 平成 25 年. たい肥のリン酸、カリの肥効を考慮した施肥設計—考え方とシステムの操作手順—. 第IV章
- 5) 横田ら, 2003 年. 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 卷 2 号, 133-140
- 6) 農林水産省農業環境技術研究所, 1992 年. 肥料分析法 (1992 年版). 財団法人日本肥糧検定協会, P28-45

農林技術研究所土壌環境科 上席研究員 渥美和彦

発行年月：平成29年3月
編集発行：静岡県経済産業部産業革新局研究開発課

〒420-8601
静岡市葵区追手町9番6号
TEL 054-221-3643

この情報は下記のホームページからご覧になれます。
<http://www.pref.shizuoka.jp/sangyou/sa-130a/>

