

(原著論文)

都内流通堆肥の適正利用のための肥料効果の解明

赤神沙織^{1,2*}・坂本浩介¹・柴田彩有美¹・南 晴文¹
・松浦里江^{1,3}・岡野良夫⁴・金牧 彩⁵

¹ 東京都農林総合研究センター

² 現 東京都島しょ農林水産総合センター

³ 現 東京都農業振興事務所

⁴ 東京都家畜保健衛生所 肥飼料検査センター

⁵ 元 東京都農林総合研究センター

摘 要

東京都内農耕地を健全に維持するため、都内流通堆肥中のリン酸とカリの肥効を明らかにし、堆肥からの養分供給量を考慮した施肥設計を構築した。

堆肥中のリン酸とカリの形態別含有量から肥効を推定したところ、リン酸は、7割程度が2%クエン酸可溶性(以下、ク溶性)で占められていたが、その多くが水に溶けない形で存在することから、緩効的な性質が強いものと推定された。一方、カリは、8割以上がク溶性で占められ、その多くが水に溶ける形で存在することから速効的な性質が強いものと推定された。そこで、カリの溶出傾向を埋設法で調査したところ、降雨後に、カリの多くが溶出するとともに、水溶性カリの比率が高い堆肥ほど溶出率が高くなる傾向にあった。

次に、2016年夏と2019年夏・秋に、リン酸の全量を堆肥で施用してコマツナを栽培したところ、ク溶性リン酸の比率が最も低い堆肥でも、化学肥料と同等かそれ以上のリン酸を吸収した。また2018年秋に、カリの全量を堆肥で施用してキャベツを栽培したところ、水溶性カリの比率と溶出率の低い堆肥でも、化学肥料と同等の収量およびカリの吸収量となった。さらに2017～2018年には、リン酸およびカリの半量もしくは全量を、堆肥で施用したワケネギ、ダイコン、エダマメ、サトイモで、化学肥料と同等の収量、リン酸およびカリ吸収量を確保できたことから、化学肥料と同等の肥効が確認された。加えて、2019年春に牛ふん堆肥を1t/10a施用して栽培したキャベツでは、カリの無追肥でも、収量およびカリの吸収量が化学肥料と同等となったことから、施用した堆肥に必要な量のカリが含まれていれば、栽培期間が3ヵ月程度のキャベツなどの作物ではカリの追肥を省略もしくは削減できることも示唆された。

以上より、堆肥中のリン酸とカリは化学肥料と同等の肥効が期待されるため、その全量を施肥設計に算入し、化学肥料を削減可能なことから、普及指導員が活用するExcelを用いた施肥計算シートを作成した。

キーワード：堆肥，リン酸，カリ，肥効，施肥設計，化学肥料削減

簡略表題：堆肥適正利用技術の開発

東京都農林総合研究センター研究報告 17 : 55-68, 2022

* 著者連絡先 赤神 沙織 Email Saori_Akagami@member.metro.toyko.jp

緒 言

都内農耕地では、1983 年以降から土壤中の可給態リン酸が高い状態で推移し、2003 年以降は交換性カリも上昇傾向にあることが確認されている（坂本，2020）。その原因としては、1999 年に施行された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により、家畜ふん堆肥の野積みが禁止され、各種塩類が降雨によって流亡しなくなったことで、堆肥中の塩類濃度が上昇していることや（小柳ら，2004；大津ら，2012），土づくり効果を期待して成分の高い堆肥を大量投入・連用したことによる土壤へのリン酸とカリの蓄積が挙げられる（Bar-Tal et al., 2004；村上・畔柳，2009）。近年、リン酸とカリの過剰障害として、アブラナ科野菜における根こぶ病の発生助長（村上・後藤，2007）やブロッコリーの花蕾黒腐病（Kamata and Emura, 2008）等が報告されていることから、堆肥中のリン酸とカリの肥効を考慮せず、化学肥料を削減しない施肥を継続すれば、土壤へのリン酸とカリの蓄積が加速し、過剰障害の発生等による作物生産への影響が懸念される。堆肥中の肥料成分の肥効について窒素成分は、過去に多くの検討がなされており、同畜種でもばらつきが大きいことから、個々の堆肥の培養無機態窒素率に基づいて化学肥料の窒素供給分を削減する必要があるとの報告がある（古谷ら，2007）。一方、土づくりとしての利用が多い牛ふん堆肥の窒素の無機化は概して低く、肥効は低いことがわかっているため、リン酸、カリ等の多量成分の含有率により、化学肥料の施用量を算出することが望ましいとされている（松浦ら，2008）。加えて、国際的な穀物相場の上昇を受けた肥料需要の増加で化学肥料の価格は上昇の一途をたどっていることから、堆肥等の貴重な国内有機性資源に含まれる肥料成分の有効利用を進めることにより、輸入肥料原料への依存度を低減し、肥料価格の安定化と農産物の生産コストを低減させることが望まれている（農林水産省，2020）。そうした中で、土壤に蓄積したリン酸とカリを活用した減肥基準が各道府県で策定されており（安西，2011），堆肥中の養分を考慮した施肥設計システムも開発されている（浦野ら，2005；眞部ら，2007）。東京都では2019 年3 月に非結球葉菜類について、可給態リン酸が蓄積している場合のリン酸肥料減肥基準を示している（東京都，2019）。さらに、2019 年の肥料取締法の改正により、堆肥等の特殊肥料と化学肥料等の普通肥料を混合し、特定混

合肥料として生産可能となったことから（農林水産省，2020），原料となる堆肥の利活用に期待が持たれている。

そこで東京都においても、堆肥の有効活用および適正利用を図るため、今まで検討されていなかった都内流通堆肥中のリン酸とカリの肥効を明らかにすることで、堆肥中の肥料成分の肥効を考慮した施肥設計を構築する。

材料および方法

1. 都産堆肥中のリン酸とカリの肥効の推定

(1) リン酸とカリの形態別含有量の測定

畜種・製造方法を考慮し、都内で生産されている堆肥を19 点選定、収集した。収集した堆肥は肥料等試験法（2016）に従い、全リン酸および全カリ、ク溶性リン酸およびク溶性カリ（2%クエン酸溶液可溶性成分）を抽出・定量した。水溶性リン酸および水溶性カリ（水可溶性成分）はク溶性と同様の固液比・振とう時間で蒸留水により抽出・定量した。また、ク不溶性成分（全成分量－ク溶性成分量）、ク溶率（ク溶性成分量/全成分量×100）、水溶率（水溶性成分量/全成分量×100）、ク不溶率（100－ク溶率）を算出した。

(2) 埋設法によるカリの溶出傾向の把握

東京都農林総合研究センター内（以下、センター内）露地ほ場の表層腐植質黒ボク土 50g に炭素量 5g 相当量の堆肥 13 種（採卵鶏 3 種：鶏 1,2,3 肉豚 2 種：豚 2,3 肉用牛 2 種：肉 1,2 乳用牛 6 種：乳 2,4,5,7,8,9）を添加・混合後に不織布の袋に封入した。併せて堆肥無添加の土のみを封入したものを対照として作成した。2017 年 8 月 15 日にほ場の深さ 15cm に埋設し、0,1,2,4,8 週経過後に掘り出した。試料は通風乾燥した後、1N 酢酸アンモニウムを用いて振とう抽出し、フレイム原子吸光法で交換性カリ含有率を測定、0 週目からの溶出率〔100－（土と堆肥の交換性カリ－土の交換性カリ）/（0 週目の土と堆肥の交換性カリ－0 週目の土の交換性カリ）×100〕を算出した。

2. 堆肥中のリン酸およびカリの化学肥料代替効果の確認

(1) ポット試験によるリン酸の肥効把握

供試土壤は赤土、供試作物はコマツナ「いなむら」とし、2016 年は 1/5000a ワグネルポットを用いて、雨よけハウス内で栽培した。栽培期間は 10 月 12 日から

11月30日（秋作）とした。東京都の農作物施肥基準量（以下、基準量）〔窒素－リン酸－カリ＝14－16－12kg/10a〕に対し、窒素、リン酸、カリを硫酸アンモニウム（窒素21%：以下、硫安）、過リン酸石灰（水溶性リン酸14%、可溶性リン酸3%：以下、過石）、硫酸カリ（水溶性カリ50%：以下、硫加）で施用した化学肥料区を対照とし、窒素とカリは硫安と硫加で全量投入、リン酸を採卵鶏2種（鶏2,4）、肉豚2種（豚1,2）、肉用牛1種（肉1）、乳用牛1種（乳9）の各堆肥で充足させた6種類の堆肥区を設けた。また、2019年は1/2000aワグネルポットを用い、2016年と同様の土壌および作物で6月25日から8月2日（夏作）、9月19日から10月23日（秋作）に栽培した。基準量に対し、リン酸を2種の牛ふん堆肥（乳1,7）で、窒素とカリは硫安と硫加で全量投入した堆肥区と、ようりん（可溶性リン酸20%）、重焼リン（水溶性16%、可溶性19%）、過石で全量投入する化学肥料区の計5試験区設けた。植物体は通風乾燥した後、湿式分解し、バナドモリブデン酸比色法でリン酸含有率を測定した。

(2) ほ場試験によるカリの肥効と追肥代替効果の把握
センター内の露地ほ場（表層腐植質黒ボク土）でキャベツ「初恋」を、2018年は8月20日から10月22日（秋作）に、2019年は3月20日から6月6日（春作）に栽培した。堆肥は鶏ふん（鶏2）と牛ふん（乳9）を使用した。基準量〔秋作：窒素－リン酸－カリ＝14－22－12kg/10a（基肥）、8－0－8kg/10a（追肥）〕、〔春作：窒素－リン酸－カリ＝15－22－10kg/10a（基肥）、10－

0－8kg/10a（追肥）〕に対し、各試験区で堆肥と化学肥料の投入割合を窒素、リン酸、カリのそれぞれで調整した（表1）。2018年秋作は基肥における堆肥中のカリの肥効を確認するため、基肥のカリを堆肥で、窒素を硫安で全量投入、リン酸は不足分を過石で施用し、追肥の窒素、カリは硫安、硫加で施用した区（鶏ふん100%区、牛ふん100%区）を設け、硫安、過石、硫加のみを施用した化学肥料区を対照とした。2019年春作は、追肥までの肥効を確認するため、牛ふん堆肥1t/10a（乾物重）を投入し、基肥の窒素は全量を硫安で、リン酸は不足分を過石で施用するとともに、追肥の窒素は硫安で施用し、カリの追肥を行う牛ふん1t区、カリの追肥は行わず、基肥として投入した堆肥から供給されるカリのみとする牛ふん1t追肥無区を設けた（表1）。併せて、通年で牛ふん堆肥1t/10a（乾物重）を施用するとともに基肥・追肥を硫安、過石、硫加で全量投入した慣行栽培区を設け、土壌中でのカリの蓄積程度を調査した。

追肥は、2018年秋作では9月13日に、2019年春作では4月23日に行い、収量および作物のカリ吸収量、栽培後の土壌中の交換性カリ量を調査した。また、栽培試験と同時に用いた堆肥と化学肥料（窒素－リン酸－カリ＝8－8－8）に含まれるカリの土壌中での残存傾向を埋設法で確認した。

(3) 都内で栽培される代表的な野菜類でのリン酸とカリの肥効把握

供試堆肥は鶏ふん（鶏2）、牛ふん（乳9）とし、化学肥料は硫安、過石、硫加とした。センター内露地ほ

表1 2018年秋作～2019年春作のキャベツほ場栽培試験の試験区における、堆肥および化学肥料での窒素、リン酸、カリの投入率

試験区	堆肥施用量 (乾物kg/10a)	窒素			リン酸		カリ		
		基肥	追肥	追肥	基肥	追肥	基肥	追肥	追肥
		堆肥 (%)	化学肥料 (%)	化学肥料 (%)	堆肥 (%)	化学肥料 (%)	堆肥 (%)	化学肥料 (%)	化学肥料 (%)
2018年秋作	化学肥料	—	0	100	100	0	100	0	100
	慣行栽培 (牛ふん1t+化)	1000.0	133	100	100	55	100	190	100
	鶏ふん100%	303.0	50	100	100	96	4	100	0
	牛ふん100%	526.3	70	100	100	24	76	100	0
2019年春作	化学肥料	—	0	100	100	0	100	0	100
	慣行栽培 (牛ふん1t+化)	1000.0	133	100	100	55	100	190	100
	鶏ふん100%	303.0	50	100	100	96	4	100	0
	牛ふん1t	1000.0	133	100	100	55	45	190	0
	牛ふん1t追肥無	1000.0	133	100	100	55	45	190	0

場（表層腐植質黒ボク土）で栽培を行い、それぞれの作目で、収量、作物のリン酸およびカリの吸収量、栽培前後の土壌中の可給態リン酸および交換性カリの残存量を調査した。

1) ワケネギ

基準量〔窒素－リン酸－カリ＝10－18－10kg/10a（基肥）、6－0－6kg/10a（追肥）〕に対して、鶏ふん堆肥でリン酸を、牛ふん堆肥でカリを半量供給した区（鶏ふん 50%区、牛ふん 50%区）を設けた。その際それぞれの区に不足する成分、および追肥は化学肥料で施用した。対照として化学肥料のみを施用した区を設け、ワケネギ「東京小町」を 2017 年 8 月 21 日から 12 月 6 日まで栽培した。なお、追肥は 10 月 19 日に行った。

2) ダイコン

基準量〔窒素－リン酸－カリ＝12－20－12kg/10a（基肥）、5－0－3kg/10a（追肥）〕に対して、鶏ふん堆肥でリン酸を、牛ふん堆肥でカリを半量供給した区（鶏ふん 50%区、牛ふん 50%区）を設けた。その際それぞれの区に不足する成分、および追肥は化学肥料で施用した。対照として化学肥料のみを施用した区を設け、ダイコン「夏つかさ」を 2017 年 9 月 11 日から 1 月 17 日まで栽培した。なお、追肥は 10 月 18 日に行った。

3) エダマメ

基準量〔窒素－リン酸－カリ＝6－12－6kg/10a〕に対して、鶏ふん堆肥でリン酸を、牛ふん堆肥でカリを

全量供給した区（鶏ふん 100%区、牛ふん 100%区）を設けた。その際それぞれの区に窒素は全量を、不足するリン酸とカリおよび追肥は化学肥料で施用した。対照として化学肥料のみを施用した区を設け、エダマメ「湯あがり娘」を 2018 年 4 月 23 日から 6 月 25 日まで栽培した。

4) サトイモ

基準量〔窒素－リン酸－カリ＝10－16－12kg/10a（基肥）、6－0－6kg/10a（追肥）〕に対して、鶏ふん堆肥でリン酸を、牛ふん堆肥でカリを全量供給した区（鶏ふん 100%区、牛ふん 100%区）を設けた。その際それぞれの区に窒素は全量を、不足するリン酸とカリおよび追肥は化学肥料で施用した。対照として化学肥料のみを施用した区を設け、サトイモ「土垂 1 号」を 2018 年 4 月 23 日から 11 月 7 日まで栽培した。なお、追肥は 7 月 9 日に行った。

結 果

1. 都産堆肥中のリン酸とカリの肥効の推定

(1) リン酸とカリの形態別含有量の測定

1) リン酸

堆肥中の全リン酸含有量は、採卵鶏が最も高く 7～13.7%で、肉豚は 3.8～8.3%，肉用牛は 2.7～3.5%，乳用牛は 0.9～3.7%となった（表 2）。

全リン酸含有量に対するク溶性リン酸含量の割合を各畜種の平均値でみると、採卵鶏で 79%，豚で 81%，

表 2 供試堆肥の特性

No.	畜 種	副資材	固液分離	現物水分 (%)	窒素	リン酸 (乾物%)	カリ	C/N
鶏1	採卵鶏	発酵	—	21.4	2.6	7.4	4.9	9.6
鶏2	採卵鶏	発酵	敷料（コーヒー粕）	19.2	2.4	7.0	3.3	10.3
鶏3	採卵鶏	半発酵	—	24.6	3.2	8.5	4.4	7.5
鶏4	採卵鶏	発酵	—	19.9	2.2	13.7	5.3	6.7
鶏5	採卵鶏	乾燥	—	21.4	2.9	8.0	4.8	9.2
豚1	肉 豚	馬ふん（オガクズ入）・食品残渣	—	39.5	2.1	3.8	2.7	20.4
豚2	肉 豚	—	—	28.0	3.5	8.3	2.6	10.0
豚3	肉 豚	敷料	—	26.9	3.7	6.2	3.0	9.0
肉1	肉用牛	敷料（オガクズ）	あり	56.8	1.5	3.5	2.6	23.4
肉2	肉用牛	落葉	あり	44.6	2.4	2.7	2.2	18.8
乳1	乳用牛	ほとんどなし（干草）	あり	60.9	1.6	0.9	1.8	26.5
乳2	乳用牛	敷料（オガクズ）	あり	62.8	1.6	1.9	2.2	23.6
乳3	乳用牛	—	なし	78.3	2.8	2.0	4.6	10.8
乳4	乳用牛	廃白土	なし	15.1	1.3	0.9	2.0	20.9
乳5	乳用牛	カカオ粕・コーヒー粕	なし	33.9	3.8	1.3	3.7	12.1
乳6	乳用牛	敷料（オガクズ）	なし	65.5	1.6	1.7	2.6	16.7
乳7	乳用牛	敷料（オガクズ）	なし	66.0	2.8	2.3	3.4	13.0
乳8	乳用牛	敷料（オガクズ）	なし	58.2	2.2	3.7	4.8	11.5
乳9	乳用牛	オガクズ・廃白土	なし	36.2	2.0	1.0	1.9	16.7

肉用牛で73%、乳用牛で64%であり、採卵鶏、豚で高い傾向にあり、乳用牛では60%以下の試料も見られたが、7割程度が植物に利用できるク溶性リン酸で占められていた。ク溶性リン酸に対する水溶性リン酸の割合は、ほとんどの堆肥が3割以下であり、多くが水に溶けない形態で存在していた（図1,2）。

2) カリ

堆肥中の全カリ含有量は採卵鶏が3.3~5.3%であり、乳用牛では採卵鶏と同程度の含有率を示すものもあったが、差異が大きく1.8~4.8%であった。豚は3%程度、肉用牛は2%程度となり、採卵鶏と乳用牛で高い傾向があった（表2）。

全カリ含有量に対するク溶性カリ含量の割合を平均値でみると、採卵鶏で96%、肉豚で99.6%、肉用牛で96%、乳用牛で90%であり、乳用牛1種類を除き80%以上と高かった。一方、乳用牛は70%以下の試

料もみられたが、8割以上が植物に利用できるク溶性カリで占められていた。ク溶性カリに対する水溶性カリの割合は、乳用牛で2割以下の試料も見られたが、ほとんどの堆肥が7割程度あり、多くが水に溶ける形態で存在していた（図3,4）。

(2) 埋設法によるカリの溶出傾向の把握

乳用牛は、カリの溶出率が高いものと低いもので2グループに分かれたが、1週目までに半量以上のカリが溶出し、その後は徐々に溶出するという溶出パターンは同じであった（図5）。また全畜種でみると、1週目までに鶏で66%、豚で64%、肉牛で75%、乳牛で70%の溶出率となり、1週目以降は徐々に減少していき、8週目までには全ての畜種で80~90%程度の溶出率となった（図6）。さらに、水溶性カリを多く含む堆肥では、1週目までの溶出率が高くなる傾向にあった（図7）。

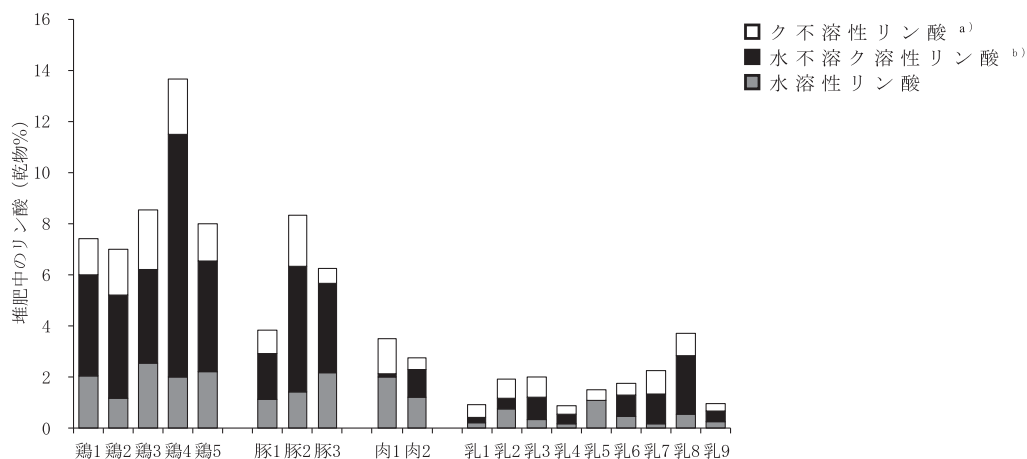


図1 堆肥中のリン酸の形態別含有量

a) 全リン酸量ーク溶性リン酸量 b) ク溶性リン酸量ー水溶性リン酸量

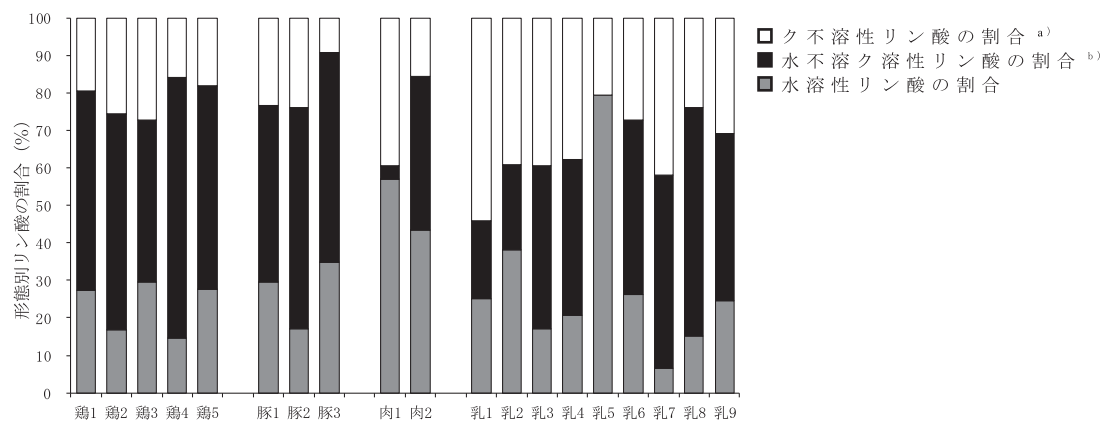


図2 堆肥中のリン酸の形態別含有率

a) 100ーク溶性リン酸の割合 b) ク溶性リン酸の割合ー水溶性リン酸の割合

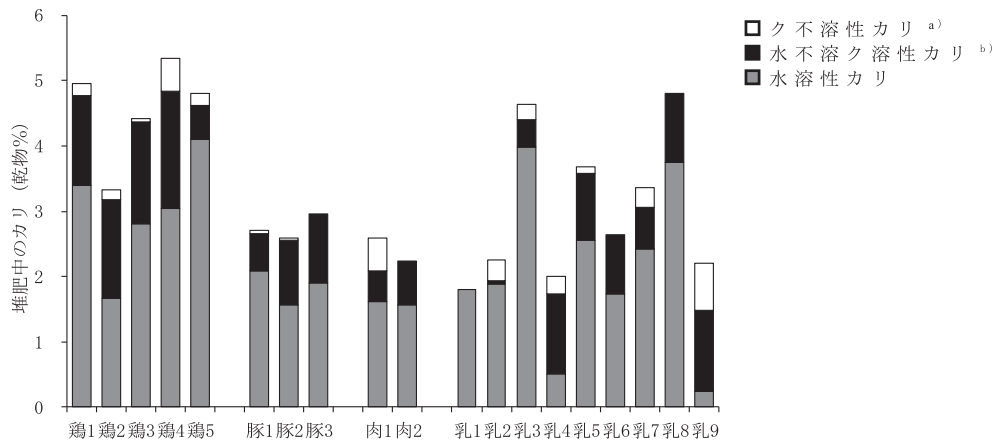


図3 堆肥中のカリの形態別含有量

a) 全カリ量－ク溶性カリ量 b) ク溶性カリ量－水溶性カリ量

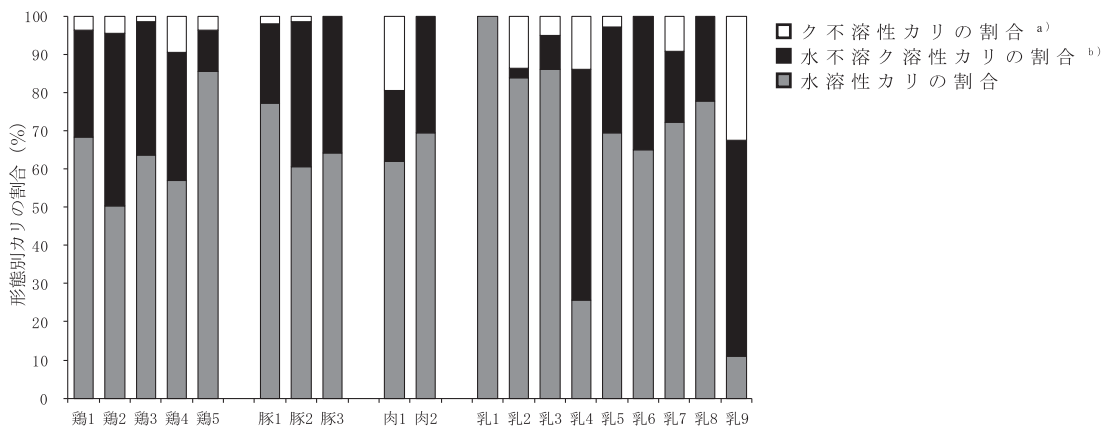


図4 堆肥中のカリの形態別含有率

a) 100－ク溶性カリの割合 b) ク溶性カリの割合－水溶性カリの割合

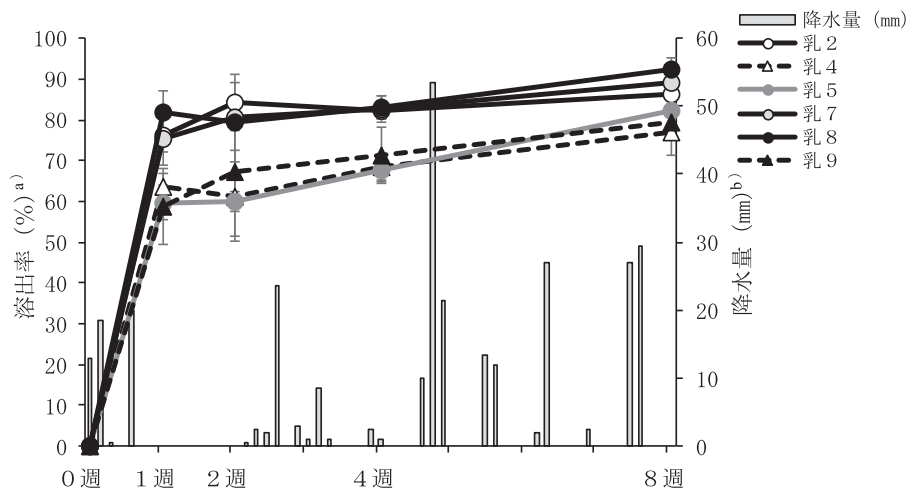


図5 堆肥中のカリの溶出傾向（乳用牛）

- a) $100 - (\text{土と堆肥の交換性カリ} - \text{土の交換性カリ}) / (\text{0週目の土と堆肥の交換性カリ} - \text{0週目の土の交換性カリ}) \times 100$
 b) アメダス府中市の記録値（2017年8月15日から10月10日まで）
 c) バーは標準偏差を示す。

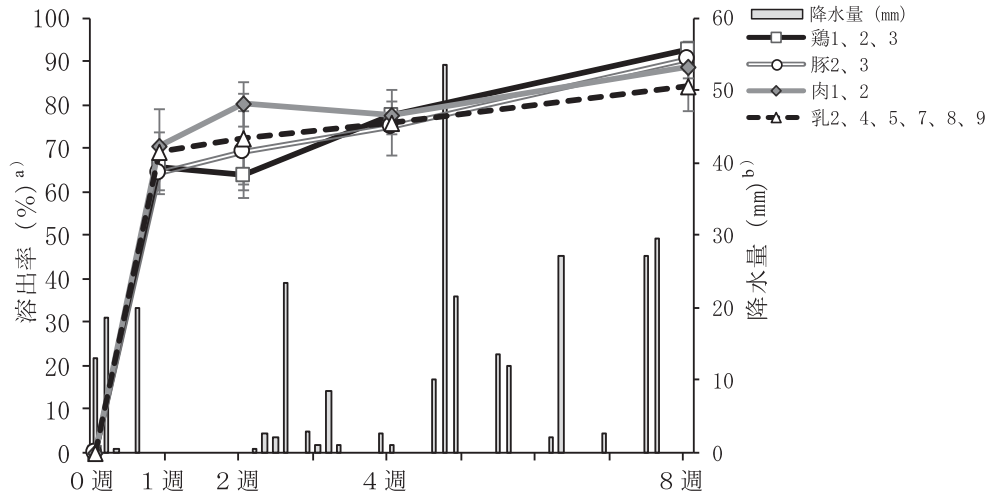


図6 堆肥中のカリの溶出傾向（全畜種）

- a) $100 - (\text{土と堆肥の交換性カリ} - \text{土の交換性カリ}) / (\text{0週目の土と堆肥の交換性カリ} - \text{0週目の土の交換性カリ}) \times 100$
 b) アメダス府中市の記録値（2017年8月15日から10月10日まで）
 c) バーは標準偏差を示す。

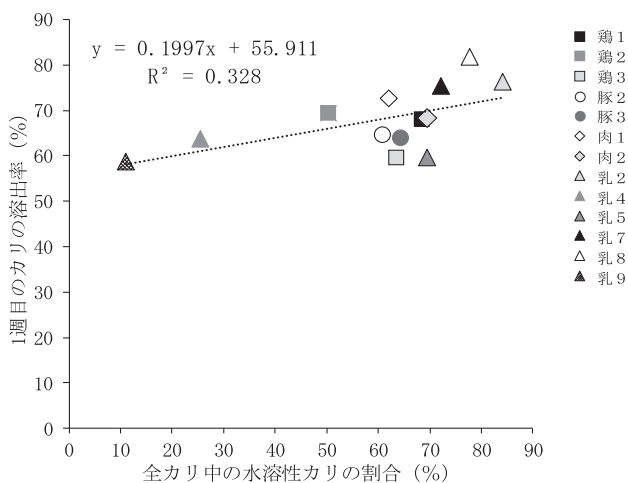


図7 各堆肥の1週目の溶出率と全カリ中の水溶性カリの割合

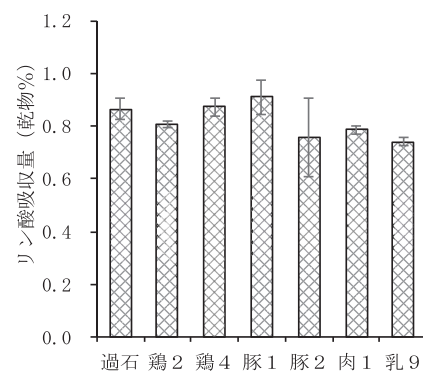


図8 2016年秋作のコマツナポット栽培試験におけるリン酸吸収量

- a) 分散分析により、リン酸吸収量に有意差なし。
 b) バーは標準偏差を示す。

2. 堆肥中のリン酸およびカリの化学肥料代替効果の確認

(1) ポット試験によるリン酸の肥効把握

2016年夏作で使用した堆肥の全リン酸含有量に対する可溶性リン酸の含有量の割合は、鶏ふん堆肥は鶏2で74.4%、鶏4で84.2%、豚1で76.8%、豚2で76.3%、肉1で60.6%、乳9で69.2%であり、鶏ふん堆肥で高く、牛ふん堆肥で低かった（図2）。リン酸吸収量はいずれの堆肥区においても、過石を用いた対照区と同等となった（図8）。また、2019年夏作では、リン酸吸収量が2種の堆肥区（乳1,7）ともに3種の化学肥料区より有意に高くなり、同年秋作では、化学

肥料と同等となった。また、含まれているリン酸の形態が異なる化学肥料において、ようりん区は夏作で有意に吸収量が低くなり、秋作では有意差は無いものの低い傾向にあった。重焼リン区は夏作・秋作ともに対照区の過石および両堆肥区と同程度であった（図9,10）。

(2) ほ場試験によるカリの肥効と追肥代替効果の確認

2018年秋作および2019年春作において、カリの吸収量は牛ふん100%区、鶏ふん100%区のそれぞれで、対照の化学肥料区と同等であった（表3）。また、2019年春作では、収量およびカリの吸収量、栽培後の土壌の交換性カリ量は、カリを追肥しない牛ふん1t追肥無区で、対照である化学肥料区および追肥を化学肥料で行った牛ふん1t区と同等となった（表3）。加えて、

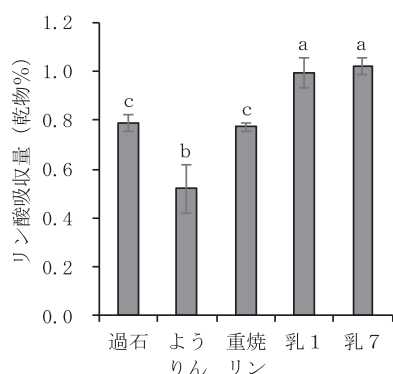


図9 2019年夏作のコマツナポット栽培試験におけるリン酸吸収量

- a) 異なる文字間には Tukey の多重検定により、5%水準で有意差あり。
b) バーは標準偏差を示す。

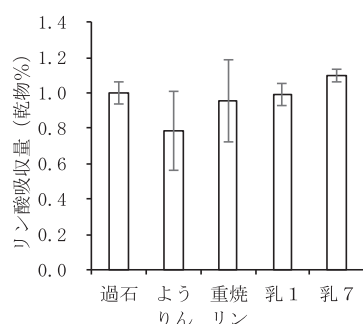


図10 2019年秋作のコマツナポット栽培試験におけるリン酸吸収量

- a) 分散分析により、リン酸吸収量に有意差なし。
b) バーは標準偏差を示す。

同期間における土壌中のカリは、4月23日の追肥時に、化学肥料では40%程度、牛ふん堆肥（乳9）では80%程度が残存していた（図11）。

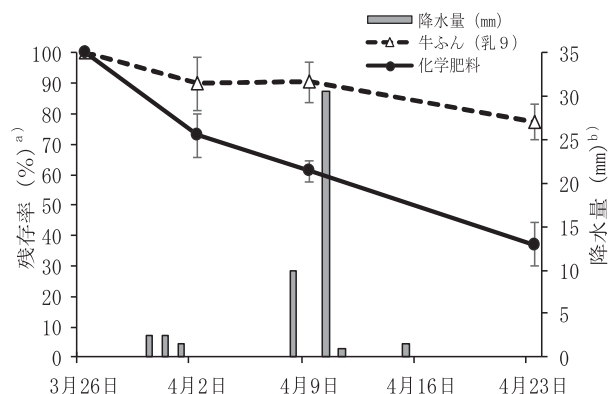


図11 2019年春作時のカリの残存傾向

- a) (土と堆肥中の全カリー土壌の全カリ) / (0週目の土と堆肥の全カリー0週目の土の全カリ) × 100
b) アメダス府中市の記録値 (2019年3月26日から4月23日まで)
c) バーは標準偏差を示す。

2018年秋作・2019年春作で共通して設けた、堆肥に化学肥料を上乗せした慣行栽培区では、カリの投入量が基肥の基準量の3倍程度であり、栽培後の土壌中の交換性カリ量が有意差は無いものの増加する傾向にあった。一方で、カリの投入量が基肥の基準量の2倍程度あり、かつ化学肥料で追肥を行った牛ふん1t区では栽培前と栽培後で土壌中の交換性カリ量が変わらなかった。同様に、牛ふん1t追肥無区でも、栽培後の土壌中の交換性カリ量は増加しなかった。他方、カリを過不足なく施用した対照区や鶏ふん100%区、牛ふん100%区では、2018年秋作・2019年春作で栽培前より増加する場合と減少する場合があった（表1、表3）。

表3 2018年秋作～2019年春作のキャベツほ場栽培試験における収量、カリ吸収量、栽培後の土壌中の交換性カリ量

試験区	収量 ^{a)} (kg/10a)	カリ 吸収量 ^{b)} (乾物%)	土壌中の可給態 リン酸量 ^{b)} (mg/100g)		土壌中の交換性 カリ量 ^{b)} (mg/100g)	
			栽培前	栽培後	栽培前	栽培後
2018年秋作	化学肥料	4.7	52.3		53.6	
	慣行栽培 (牛ふん1t+化)	4.7	47.1	56.8	33.5	81.6
	鶏ふん100%	5.1		50.8		63.0
	牛ふん100%	4.6		48.0		45.6
2019年春作	化学肥料	4.3	55.0		13.3	
	慣行栽培 (牛ふん1t+化)	4.7		57.6		22.0
	鶏ふん100%	4.4	54.1	51.7	17.0	18.9
	牛ふん1t	4.5		54.3		16.3
	牛ふん1t追肥無	4.8		53.7		12.9

a) 鶏ふん堆肥は鶏2を、牛ふん堆肥は乳9を使用した。

b) 分散分析により、収量、カリ吸収量、栽培後の土壌中の交換性カリ量に有意差なし。

表 4 2017 年～2018 年のほ場栽培試験における、各作目の収量、リン酸およびカリ吸収量、栽培後の土壌中の可給態リン酸および交換性カリ量

試験区 ^{a)}	堆肥施用量 (乾物kg/10 a)	基肥					収量 ^{b)} (kg/10a)	リン酸 吸収量 ^{b)} (乾物%)	カリ 吸収量 ^{b)} (乾物%)	土壌中の可給態 リン酸量 ^{b)} (mg/100g)		土壌中の交換性 カリ量 ^{b)} (mg/100g)		
		リン酸		カリ		追肥 カリ 化学肥料 (%)				栽培前	栽培後	栽培前	栽培後	
		堆肥 (%)	化学肥料 (%)	堆肥 (%)	化学肥料 (%)									
ワケネギ	化学肥料	—	0	100	0	100	100	2136.6	0.5	2.8	57.4		69.9 _b	
	鶏ふん50%	128.6	50	50	26	74	100	2053.0	0.5	2.8	55.7	56.7	59.5	57.9 _a
	牛ふん50%	400.0	22	78	48	53	100	1968.4	0.5	2.7	59.9		59.8 _a	
ダイコン	化学肥料	—	0	100	0	100	100	5999.4	1.9	7.9	57.4		12.7	
	鶏ふん50%	92.9	50	50	31	69	100	5925.7	2.0	8.2	56.1	59.9	19.1	14.7
	牛ふん50%	263.2	20	80	50	50	100	5572.1	1.9	7.9	56.7		14.6	
エダマメ	化学肥料	—	0	100	0	100	—	968.2	0.9	1.9	67.0		34.4	
	鶏ふん100%	171.4	100	0	94	6	—	966.7	0.9	1.8	67.2	74.4	36.5	29.5
	牛ふん100%	300.0	26	74	100	0	—	960.5	0.9	1.9	75.7		29.2	
サトイモ	化学肥料	—	0	100	0	100	100	3935.8	0.5	2.2	43.5	40.8	10.5	11.2
	鶏ふん100%	228.6	100	0	63	36	100	3824.1	0.5	2.8	37.4		13.2	
	牛ふん100%	631.6	40	60	100	0	100	4091.3	0.5	2.5	46.1		13.8	

a) 鶏ふん堆肥は鶏2を、牛ふん堆肥は乳9を使用した。

b) 収量、リン酸およびカリ吸収量、土壌中の可給態リン酸量および交換性カリ量において、異なる文字間には Tukey の多重検定により、5%水準で有意差あり。

(3) 都内で栽培される代表的な野菜類でのリン酸とカリの肥効の確認

2017 年のワケネギ、ダイコンでは、収量、リン酸およびカリの吸収量は化学肥料のみを施用した対照区と同等となった。さらに 2018 年のエダマメ、サトイモにおいても、収量、リン酸およびカリの吸収量は化学肥料のみを施用した対照区と同等となった。その際、栽培跡地土壌の可給態リン酸と交換性カリ量に蓄積はみられず、化学肥料と同等かそれ以下となった(表 4)。

3. 堆肥の肥効を考慮した普及指導員向け施肥計算シートの作成

東京都農作物施肥基準量に基づき、野菜類およびその作型について堆肥からの養分供給量を加味して、化学肥料等の施用する肥料の量を計算する設計とした(図 12)。堆肥中の窒素は、牛ふん堆肥で保証成分の 30%、豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥で保証成分の 60% (東京都, 2003)、リン酸およびカリは、本試験の結果より、堆肥の種類や作型に関わらず化学肥料と同等の肥効が確認されたため、全ての家畜ふん堆肥で保証成分の 100%を有効とした。

Excel ファイルのシートは「入力シート」「出力シート」で構成されており、「入力シート」では場の大きさ、使用する堆肥の種類と保証成分量および投入量を入力するとともに、栽培作物と作型、過去の土壌診断結果、使用する肥料を選択すると、自動計算で「出力

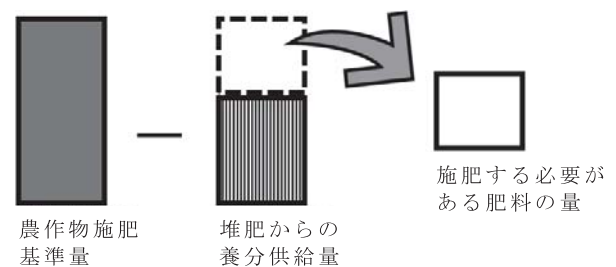


図12 施肥計算の考え方

シート」に、堆肥からの養分供給量と土壌診断結果を考慮した、窒素、リン酸、カリのそれぞれを過不足なく施用するのに必要な化学肥料の施用量が提示される(図 13,14)。その際、過剰になる成分とその量も示されることから、過剰量が少なく、農業者が所持している肥料の種類等を考慮した施肥パターンが選択可能である。

考 察

都内流通堆肥中の肥料成分の肥効は、窒素については益永・松浦 (1998) や松浦 (2008) など、過去に多くの検討がされているが、リン酸とカリは検討されてこなかった。そこで、東京都内農耕地の土壌養分バランスを適正に保ちながら、地域内での有機質資源の有効活用を図るため、都内流通堆肥中のリン酸とカリの肥効を解明した。

①畑の面積または幅と奥行を入力

歩	畝	反	町	m ² (平米)
	10.00			

幅 (m)	奥行 (m)

②使用予定の堆肥の保証成分%と施用量を入力し、堆肥の種類を選択(もう1種類使用する場合は隣も入力)

堆肥1	N (%)	P (%)	K (%)	水分率 (%)	施用量 (kg)
牛ふん堆肥	2.0	2.0	2.0	50.0	1000.00

種類選択→

堆肥2	N (%)	P (%)	K (%)	水分率 (%)	施用量 (kg)

↓堆肥の保証成分が分からないとき：堆肥の種類を選択し、施肥量を入力(もう1種類使用する場合は隣も入力)

--	--	--	--	--	--

平均値

--	--	--	--	--	--

③作物および作型名を選択

↓黒ボク土、烏しよ砂質土(サヤエンドウのみ)の場合

ナス 早熟 (トンネル)		
N (kg)	P (kg)	K (kg)
16.0	20.0	16.0
4.0		4.0
4.0		4.0
4.0		4.0
4.0		4.0
4.0		0.0
4.0		0.0

↓褐色森林土、灰色低地土の場合

	N (kg)	P (kg)	K (kg)
基肥			
追肥			

④土壌診断結果を選択

EC	P ₂ O ₅	K ₂ O
△ (やや過剰)	△ (やや過剰)	○ (適正)

※土壌診断値で「不足」であると判断された場合は、適正な値になるように土壌改良を行ってください。

⑤基肥に使用予定の肥料の保証成分%を入力、あるいはリストから選択

N (%)	P (%)	K (%)

品名	N (%)	P (%)	K (%)
くみあい微量要素入8号	8.0	8.0	8.0

⑥追肥に使用予定の肥料の保証成分%を入力、あるいはリストから選択

N (%)	P (%)	K (%)

品名	N (%)	P (%)	K (%)
NK化成2号	16.0	0.0	16.0

※単肥を使用する場合は、○を入力

図13 「入力シート」の画面

a) 暗灰色部分は手入力、明灰色部分は選択

基肥の施肥案です。窒素、リン酸、カリのいずれかを過不足なく施用できる3パターンから1つ選択してください。

①窒素を使用予定の肥料(基肥用)で過不足なく施用

くみあい微量要素入8号	160.50 kg
硫安	kg
過磷酸石灰	kg
硫酸加里	kg

基肥過剰量(堆肥からの養分供給量含む)

②リン酸を使用予定の肥料(基肥用)で過不足なく施用

くみあい微量要素入8号	122.50 kg
硫安	14.48 kg
過磷酸石灰	kg
硫酸加里	kg

基肥過剰量(堆肥からの養分供給量含む)

③カリを使用予定の肥料(基肥用)で過不足なく施用

くみあい微量要素入8号	73.00 kg
硫安	33.33 kg
過磷酸石灰	23.29 kg
硫酸加里	kg

※リン酸が過剰です 3.04 kg

※カリが過剰です 7.00 kg

※カリが過剰です 3.96 kg

追肥の施肥案です。窒素、カリのいずれかを過不足なく施用できる2パターンから1つ選択してください。

①窒素を使用予定の肥料(追肥用)で過不足なく施用

	NK化成2号	硫安	硫酸加里	過剰量(成分量)
1回	24.75 kg	kg	kg	
2回	24.75 kg	kg	kg	
3回	24.75 kg	kg	kg	
4回	24.75 kg	kg	kg	
5回	24.75 kg	kg	kg	※カリが過剰です 3.96 kg
6回	24.75 kg	kg	kg	※カリが過剰です 3.96 kg

○堆肥を施用して降雨が続く場合は、堆肥で追肥1回分のカリをカバーしていても、追肥1回目以下にいずれかの内容で施肥を行ってください。

NK化成2号	24.75 kg	硫安	kg	硫酸加里	kg
硫安	18.86 kg	硫酸加里	7.92 kg	単肥のみで施用する場合	

②カリを使用予定の肥料(追肥用)で過不足なく施用

	NK化成2号	硫安	硫酸加里
1回	24.75 kg	kg	kg
2回	24.75 kg	kg	kg
3回	24.75 kg	kg	kg
4回	24.75 kg	kg	kg
5回	kg	18.86 kg	kg
6回	kg	18.86 kg	kg

図14 「出力シート」の画面

都内流通堆肥計19点に含まれるリン酸とカリの形態別含有量を定量し、肥効を推定した。その結果、堆肥中の全リン酸含有量に対するク溶性リン酸含量の割合は、ほとんどの堆肥で7割程度であった。ク溶性の形態で存在する場合、植物には、根から分泌される有機酸等の作用で吸収可能であり、堆肥中のリン酸はそ

の大半が植物に利用可能な状態にあることが明らかとなった。加えて、ク溶性リン酸のうち、水溶性リン酸の割合は、ほとんどの堆肥で3割以下であり、その多くが水に溶けない形態で存在していたことから、堆肥中のリン酸は、緩効的な性質を持っているものと考えられた。同様に、カリでは、1種類の牛ふん堆肥(乳

用牛) 以外は、ク溶性の割合が 8 割以上と高く、ク溶性カリの 7 割程度が水溶性カリであったことから、堆肥中のカリはその多くが水に溶ける形態で存在していることが明らかとなった。また、採卵鶏、肉豚、肉用牛、乳用牛と全ての畜種の堆肥で土壌中でのカリ溶出傾向からは、施用後にまとまった量の降雨があれば、1 週間程度でカリの多くが溶出することが明らかになった。さらに、水溶性カリの比率が高い堆肥ほど 1 週目までに溶出しやすくなる傾向があったことから、湿潤状態の堆肥からの水溶性カリの溶出は 8 日目から 12 日目に増加するとの報告 (Nishanth and Biswas, 2008) と相反しない結果となった。土壌中で交換態のカリウムと水溶態のカリウムは速やかに平衡化することから (Najafi et al, 2010)、都内で流通している堆肥中のカリは、速効的な性質を持っており、降雨等で容易に溶出し、植物に利用可能となると考えられた。都内流通堆肥中のク溶性リン酸とカリ、および水溶性カリの比率に関する本報告中の分析結果は、他県の報告 (小柳ら, 2004 ; 小田部ら, 2014) とほぼ一致した。また、堆肥中の全リン酸および全カリ含有量は 2% クエン酸抽出時のリン酸、カリ量と一致する (藤田ら, 2011) とのことから、リン酸とカリは大部分が肥料として有効であると推定された。

次に、堆肥中のリン酸とカリを使用して、各種作物の栽培試験を行い、実際の肥効を確認した。まず、コマツナでリン酸の肥効の確認した 2016 年夏作には、全ての畜種の堆肥で、過石と同等のリン酸吸収量を確認し、さらに 2019 年夏作・秋作には、ク溶性リン酸の比率が最も低い牛ふん堆肥でも、リン酸吸収量が化学肥料と同等もしくは高くなることが確認されたことから、堆肥中のリン酸の肥効は季節により変動するものの、化学肥料と同等かそれ以上であることが示された。土壌に施用されたリン酸肥料は、土壌の活性アルミニウムや鉄と結合して難溶性リン酸に変化するが、堆肥中の有機物が土壌のアルミニウムや鉄と安定的な化合物をつくるため、堆肥と同時に施用されたリン酸肥料は難溶化されにくいことが知られている (橋本・奥田, 1962)。堆肥中のリン酸が土壌に固定されず、植物に吸収されやすい形態で存在していたことが、リン酸の肥効を化学肥料と同等かそれ以上にしたものと考えられた。さらに、水溶性が含まれていない、ようりんのみを使用して栽培した場合、対照の過石や重焼リンと比較し、リン酸吸収量が同程度以下となったが、水溶性リン酸の低い牛ふん堆肥ではリン酸吸収量が同等以上となったことから、堆肥に含まれているリン酸

は、水溶性の比率が重焼リンよりも低いものの、初期成育に必要なリン酸を十分に供給可能であることも示唆された。

続いて、キャベツでカリの肥効を確認した 2018 年秋作には、ク溶性カリの比率が高く、その内の水溶性カリの比率も高い鶏ふん堆肥および、水溶性カリの比率と溶出率の低い牛ふん堆肥においても、堆肥中のカリが化学肥料と同様に使用できることが確認された。さらに、2019 年春作には、基肥として牛ふん堆肥を 1t/10a 施用し、基準量で必要とされている、基肥と追肥分のカリが投入されている場合、追肥時に化学肥料と比較し倍程度のカリが残存することを見出し、追肥に化学肥料を施用した場合と同等のキャベツの収量が確保可能で栽培跡地の蓄積も増やさないことを確認した。よって、基肥に使用した堆肥にカリの必要量が全て含まれている場合には、栽培期間が 3 ヶ月程度のキャベツ等の作物ではカリの追肥を省略もしくは削減できることが示唆された。

堆肥中のカリはその多くが水溶性であり、速効性であることが明らかとなったが、堆肥の施用により土壌中の有機物含量は増加し (上沢, 1991)、土壌中の交換態のカリウムは土壌や有機物の陰イオンに吸着され、ほかのイオンと容易に交換される (藤原ら, 2010) ことから、化学肥料単体よりも、カリが持続的に供給されたものと考えられた。また、牛ふん堆肥は難分解性有機物が多いという特徴があること (小柳ら, 2011) および、使用した牛ふん堆肥は、ク溶性に対する水溶性の割合が 4 割程度であったことから、よりカリが保持されやすかったものと考えられる。ただし、ク溶性に対する水溶性の割合が高い堆肥では、降雨等による溶出が高まる傾向も明らかとなっているため、基肥で追肥分も施用する場合は、堆肥の種類や降雨状況等を考慮し、必要に応じて化学肥料での追肥が必要となる。一方、東京都で推奨している、土づくりとして牛ふん堆肥を現物重で 1~2t/10a (水分量 50%) 施用して化学肥料を基準量分上乗せする場合を想定した慣行栽培区では、基準量より 3 倍程度多くカリが投入されており、2018 年秋作に、化学肥料のみ施用した場合と比較して有意差はないものの、栽培後に土壌中の交換性カリ量が土壌診断基準値で「やや過剰」の値となった。堆肥を土づくりとして投入する量と同様に施用し、基肥に化学肥料を上乗せしなかった牛ふん 1t 区、牛ふん 1t 追肥無区では、追肥の有無にかかわらずカリの蓄積がなく「適正」であった。また、カリが過不足なく施用された対照区や鶏ふん 100% 区、牛ふん 100

%区のいずれの区においても、栽培前より増加する場合もあったものの、「適正域」～「不足」と診断される値であり、カリの蓄積は見られなかった。一方、リン酸では慣行栽培区のリン酸の投入量は基準量の1.5倍程度であったが、リン酸を過不足なく施用した他の試験区と同様に「適正」と診断される値であった。このことから、堆肥中の成分によっては、化学肥料を併用すると過剰施用している可能性があり、可給態リン酸や交換性カリの上昇の一因となっていると考えられるため、堆肥を土づくり等で多量に使用する場合は、化学肥料の削減により土壌への各肥料成分の蓄積を防止する必要がある。

さらに、2017年から2018年にかけて、都内で生産量が多いワケネギ、ダイコン、エダマメ、サトイモで肥効を確認した試験でも、化学肥料と同等の効果が確認されたことから、異なる種類や栽培期間の野菜類においても、堆肥中のリン酸とカリが化学肥料と同等に使用できることが示された。

このように、リン酸とカリの施肥設計を作成するには堆肥成分の全量を数値として算入し、化学肥料を削減できることが明らかとなった。そこで、東京都農作物施肥基準量を基に、堆肥の施用量からほ場に供給される養分としての窒素、リン酸、カリの量を算出し、必要な化学肥料の量を自動で判断可能な肥料計算シートを作成した。今後はこのシートを活用した施肥指導を推進し、堆肥の適正利用を図っていく。

参考文献

- 安西徹郎 (2013) 全国減肥基準からみた土壌リン酸およびカリウムにおける減肥の指標値と100%減肥とする基準値 (案). 農業および園芸 88 : 984-997.
- A.Bar-Tal, U.Yermiyahu, J.Beraud, M.Keinan, R.Rosenberg, D.Zohar, V.Rosen, P.Fine (2004) Nitrogen, phosphorus, and potassium uptake by wheat and their distribution in soil following successive, annual compost applications. *Journal of Environmental Quality*. 33(5) : 1855-1865.
- 独立行政法人農林水産消費安全技術センター (2016) 肥料等試験法.
- 藤田 裕, 上田稔宏, 小田部 裕, 折本義之 (2011) 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. 茨城県農業総合センター園芸研究報告. 18 : 45-50.
- 藤原俊六郎, 安西徹郎, 小川吉雄, 加藤哲郎 (2010) 新版 土壌肥料用語辞典. 農山漁村文化協会. 東京. pp.89.
- 古谷 修, 古川智子, 小堤恭平, 山本朱美, 長峰孝文, 小川雄比古 (2007) 各種家畜ふん堆肥の成分分析による培養無機態窒素率の簡易推定法. 日本土壌肥科学雑誌 78 : 511-514.
- 橋本雄司, 奥田 東 (1962) 腐植酸とニトロフミン酸のリン酸固定抑制作用について. 日本土壌肥科学雑誌 33 : 275-280.
- Kamata Atushi, Emura Kaoru (2008) Effect of Excess Fertilization with Potassium on the Occurrence of Black Spots on Broccoli Heads. *Eco-engineering*20 (2) : 53-58.
- 小柳 歩, 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. 日本土壌肥科学雑誌 75 : 91-93.
- 小柳 歩, 村松克久, 小橋有里 (2011) 分解特性からみたバイオマスおよび堆肥の利用方向. 新潟県農業総合研究所畜産研究センター研究報告 17 : 9-14.
- 眞部幸子, 吉尾卓宏, 井上雅美 (2007) たい肥を活用した施肥設計システム「たい肥ナビ!」の開発. 茨城県畜産センター研究報告 40 : 1-4.
- 益永利久, 松浦 (丸田) 里江 (1998) 都産堆肥および各種市販有機資材の肥料供給力. 平成9年度東京都農業試験場技術成果レポート. 39-40.
- 松浦 (丸田) 里江, 吉田優子, 益永利久, 加藤哲郎 (2008) 農産物の安全性を加味した都内産堆肥の利用技術の開発. 平成20年度東京都農林総合センター成果情報. 213-216.
- M.Najafi Ghiri, A.Abyahi, F.jaberian, H.R.Owliaie (2010) Relationship Between Potassium Forms and Mineralogy in Highly Calcareous Soils southern Iran. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 4 (3) : 434-441.
- D.Nishanth, D.R.Biswas (2008) Kinetics of phosphorus and potassium release from rock phosphate and waste mica enriched compost and their effect on yield and nutrient uptake by wheat (*Triticum aestivum*). *Bioresource Technology*. 99 : 3342-3353.
- 村上弘治, 畔柳有希子 (2009) キャベツ栽培圃場における家畜ふん堆肥の多投入が土壌養分環境に及ぼす影響. 野菜茶業研究所研究報告 8 : 139-156.
- 村上圭一, 後藤逸男 (2007) 土壌のリン酸過剰が土壌妨害の発病を助長する. 農業および園芸 82 : 1290-1294.
- 農林水産省委託プロジェクト有機質資材コンソーシア

- ム編（2020）混合堆肥複合肥料の製造とその利用～家畜ふん堆肥の肥料原料化の促進～. 1-3.
- 大津義雄，藤山正史，生部和宏（2012）長崎県で生産される家畜ふん堆肥の化学性～県堆肥コンクールの出展堆肥からの事例～長崎県農林技術開発センター研究報告 3：67-79.
- 小田部 裕，藤田 裕，上田稔宏，折本義之（2014）クエン酸可溶性含量を指標とした家畜ふん堆肥中リン酸およびカリウムの肥効評価－コマツナのポット栽培による検討－. 日本土壤肥科学雑誌 85：461-465.
- 坂本浩介（2020）東京都の農業と土壤理化学性の変化. ペドロジスト 6 (2). 95-102.
- 東京都産業労働局農林水産部農業振興課（2003）農作物施肥基準.
- 東京都産業労働局農林水産部食料安全課（2019）土壤診断基準. 16.
- 上沢正志（1991）化学肥料・有機物の連用が土壤・作物収量に与える影響の全国的解析. 農業技術 46：393-397.
- 浦野義雄，山田正幸，鈴木睦美（2005）堆肥からの肥料成分を計算するソフトの開発. 群馬県畜産試験場研究報告 11：75-80.

Clarification of fertilizer effects for optimal use of compost distributed in Tokyo

Saori Akagami^{1,2,*}, Kosuke Sakamoto¹, Sayumi Shibata¹, Harufumi Minami¹, Matsuura Rie^{1,3},
Yoshio Okano⁴, Aya Kanemaki⁵

¹ Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center

² currently Tokyo Metropolitan Islands Area Research and Development Center for Agriculture, Forestry and Fisheries

³ currently Tokyo Metropolitan Government Bureau of Industrial and Labor Affairs Agricultural Promotion Office

⁴ Tokyo Metropolitan Livestock Hygiene Service Center

⁵ formerly Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center

Abstract

As part of investigating the productivity of agricultural land in Tokyo, the fertilizer efficacy of phosphate and potassium in compost distributed in Tokyo was clarified. The results were used to develop a fertilization regime based on the nutrient composition of compost.

The fertilizer effect was assessed based on the types of phosphates and potassium in the compost. Phosphate was considered to be slow-acting, as approximately 70% of the phosphate was in the soluble form in 2% citric acid and most was insoluble in water. Conversely, more than 80% of the potassium was soluble in 2% citric acid, and almost all was soluble in water, suggesting that the potassium was fast-acting. When the leaching tendency of potassium was investigated using the burial method, most of the potassium was leached after rainfall and the leaching rate tended to be higher in composts with higher proportions of water-soluble potassium.

Next, in the summer of 2016 and the summer and fall of 2019, we cultivated komatsuna by applying the optimal amount of phosphate using compost. The findings showed that, even when using the composts with the lowest ratios of citrate-soluble phosphate, komatsuna absorbed as much, or more, phosphate than chemical fertilizers. In addition, when cabbage was grown in the fall of 2018 with the optimal amount of potassium contained in compost, the cabbage yield and potassium uptake were comparable to that observed when using chemical fertilizers, even when compost with a low proportion of water-soluble potassium and low leaching rate was used. Furthermore, in 2017–2018, half or all of the phosphate and potassium required for growing leeks, radish, soy beans, and taro was applied using compost. This fertilizer regime had the same yield and phosphate and potassium absorption characteristics as chemical fertilizers, indicating that the fertilizer effect of the compost was equivalent to that of chemical fertilizers. In addition, the yield and potassium uptake of cabbage augmented with cow manure compost at an application rate of 1t/1000m² in the spring of 2019 were comparable with chemical fertilizers, even without additional potash fertilization. It was also suggested that potash fertilization could be omitted or reduced for crops such as cabbage with a growing period of about three months if the compost applied contained a sufficient amount of potash for growth.

Based on these findings, phosphate and potassium contained in compost are expected to have the same fertilizer effect as chemical fertilizers. Compost can therefore be included in the design of fertilizer regimes to reduce the dependency on chemical fertilizers. We therefore created an Excel fertilizer calculation sheet that can be used by extension agents.

Keywords: compost, phosphate, potassium, fertilizer efficiency, fertilizer design, chemical fertilizer reduction

Bulletin of Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center, 17 : 55-68, 2022

*Corresponding author: Saori_Akagami@member.metro.tokyo.jp