

Short Report

豚尿を利用した養液土耕栽培がコマツナとリーフレタスの生育に及ぼす影響

小川敦史¹, 橋本良武¹, 小櫃みゆき¹, 帷子麻衣¹, 町田農人¹,
増田寛志¹, 石川陽子¹, 豊福恭子¹¹ 秋田県立大学生物資源科学部生物生産科学科

廃棄物として処分されている豚尿には窒素・リン・カリウムなど作物生産に欠かせない成分が含まれているので、作物栽培における有効利用が期待されている。本研究では、豚尿を利用したコマツナとリーフレタスの養液土耕栽培の可能性について検討した。秋田県大仙市の養豚農家より 2020 年 3 月, 5 月, 8 月に採取した豚尿と一般化学液肥を用いて、コマツナとリーフレタスの養液土耕栽培を行った。豚尿の採取時期の違いにより窒素成分に大きな違いが認められた。各イオン成分では一般化学液肥と比べて豚尿のナトリウム濃度が高かった。コマツナの栽培では、一般化学液肥を用いた対照区と比較して豚尿を用いた豚尿区では地上部新鮮重および植物体のイオン含有量に差はなかった。豚尿区のコマツナの細菌調査を行った結果、大腸菌、黄色ブドウ球菌、サルモネラは検出されなかった。一般生菌は対照区のコマツナより多く検出されたが、衛生面に問題がないことが確認された。リーフレタスは 1 回目の栽培では、コマツナと同様に対照区と比較して豚尿区では地上部新鮮重および植物体のイオン含有量に差はなかった。これらの結果より、豚尿を利用して養液土耕栽培しても化学液肥と同等の品質を維持することが可能であることが明らかになった。

キーワード：豚尿, 養液土耕栽培, コマツナ, リーフレタス

日本国内の有機化学物質による地下水汚染件数は減少または横這い傾向にあるが、硝酸性窒素等による汚染件数は 2000 年に比べ 4 倍強に増加している（環境省, 2021）。家畜尿を主とする排水には栄養塩類等が多く含まれ、特にそこに含まれる硝酸性窒素が地下水汚染源となっており、農村地域の窒素を中心とした物質循環システムの再構築が緊急の課題となっている。日本では、畜産排水の無機態窒素化合物の排出基準は 900 mg/L の暫定排水基準値が設定されているが、農村地域の地下水の硝酸性窒素濃度の上昇を鑑みると、早期に一般排水基準 100 mg/L をクリアできる畜産廃棄物システムの構築が求められている。

国内では約 1,000 万頭の豚が飼養され、年間約 2,000 万 t を超える糞尿が発生している（農林水産省, 2021）。肉用牛の場合は、糞尿をそのまま

発酵堆肥化して農地に還元することが多いが、豚の場合は 7 割以上の農家が糞尿を固液分離し、排水を別に処理している。これは、尿/糞比率が、牛が 0.3~0.4 なのに対して、豚は 1.8~2.1 と尿の割合が多いためであり、畜産排水の問題は養豚において特に顕著である。一頭当たりの排せつ物の量は、家畜の種類、体重、飼料（種類・摂取量）、飲水量、飼養形態、季節等により変化する。豚飼養戸数は、小規模層を中心に減少傾向であり、飼育頭数は、2011 年以降減少傾向で推移しているが、一戸あたり飼養頭数及び子取用雌豚頭数は着実に増加しており、大規模化が進展している。家畜排せつ物は、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法）」に基づき、事業者である畜産農家が、自らの責任において適切に処理しなければならない。

一方で家畜排せつ物は窒素、リン酸、カリウム

といった作物生産に欠かせない成分を豊富に含んでいる。また、我が国は肥料原料の大半（リン鉱石、塩化カリについては全量）を輸入に依存している。近年のリンやカリウムを中心とした肥料資源の枯渇とそれに伴う価格高騰、今後予想される世界人口増加に伴う食糧生産の増加の必要性を鑑みると、家畜尿の資源循環型利活用システムの確立が必要であると考えられる。

持続可能農業を推進するために作物の家畜糞堆肥を用いた有機栽培が注目され、その商品価値は高く評価されている。一方、家畜尿に関してはこれまで液肥に利用するという観点での研究例は数少ない。排出量が多く最も問題となっている豚尿には有機態およびアンモニア態窒素を多く含むため水田への液肥としての施用に関する研究例がある（中村と佐藤，2002；中村ら，2005；金澤ら，2014）。しかし、水田への豚尿の施用時期は限られており加えて水田までの運搬するコストの問題もある。そこで、一年を通して利用できる施設栽培における豚尿液肥の利用形態の開発が有効であると考え、野菜の栽培への利用に関する研究が行われている（脇屋ら，2000；脇屋ら，2003；遠藤ら，2004）。

本研究では、豚尿の液肥としての成分評価、豚尿を用いた養液土耕栽培の検討、生産物の安全性評価を通して多面的側面から豚尿の有効利用方法を検討することを目的とした。

材料と方法

実験 1：豚尿の液肥としての成分評価

秋田県大仙市の畜産農家から 2020 年 3 月、5 月 8 月に豚尿を採取した。この養豚場では食用豚 750 頭を飼育しており、1 日当たり約 2 から 3 トンの尿が排泄される。排泄物は、糞と尿に分けられ、尿は曝気を行っている。曝気は、10 トンの酒樽 6 つ、30 日のローテーションで行っている。第 1 槽から始まり、第 6 槽で曝気後隣接した土地に流している（図 1）。本研究では、第 6 槽の上層を使用した。

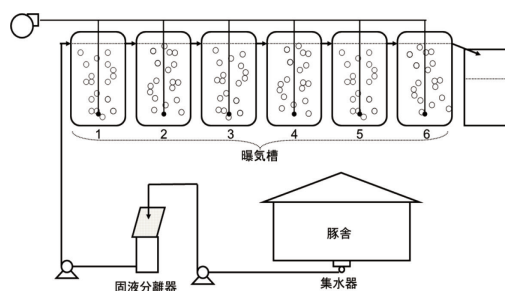


図 1 秋田県大仙市の養豚場の豚尿曝気システム

採取した豚尿と一般化学液肥（ハイポニカ A 液、B 液、協和株式会社 それぞれ 500 倍希釈混合液）それぞれに含まれるイオン含有量を ICP 発光分光分析装置（iCAP6000 SERIES, Thermo Electron Corp.）で、硝酸態窒素含有量を硝酸イオンメーター（LAQUAtwin, 株式会社堀場製作所）で、亜硝酸態窒素含有量とアンモニア態窒素含有量をデジタルパックテスト（株式会社共立理化学研究所）を用いて測定した。

実験 2：豚尿を用いた養液土耕栽培の検討

供試材料はコマツナ (*Brassica rapa* va. *perviridis*, 品種：よかった菜, カネコ種苗株式会社) とリーフレタス (*Lactuca sativa*. L. var. *crispa*, 品種：ノーチップ, 横浜植木株式会社) を用いた。

土の入った育苗ポットにコマツナとリーフレタスの種を播種し、明期 12 時間 (20 °C), 暗期 12 時間 (20 °C) 湿度 70 % のグロースチャンバー内で 14 日間育苗した。処理区として、培地には黒土のみのも (黒土区) と硝化を促進するために黒土にバーク堆肥 (自然応用科学株式会社) を 2 割混ぜたもの (バーク区) の 2 処理、液肥には豚尿の原液を使用した豚尿区と一般化学液肥 (ハイポニカ A 液, B 液それぞれ 500 倍希釈混合液) を用いた対照区の 2 処理をそれぞれ設定した。実際の栽培には、培地 (2 処理) と液肥 (2 処理) のそれぞれを組み合わせた 4 処理区を設けた。育苗した植物体を秋田県立大学実験圃場のビニールハウス内の 30L のプランターに、1 個のプランターあたり植物体をリーフレタスとコマツナ 4 個体ずつ移植した。各処理区とも 1 週間毎に豚尿または一般化学液肥を 500ml ずつ与えた。栽培試験は、1 回目として 2020 年 3 月に採取した豚尿

を用い6月17日に播種, 2回目として5月に採取した豚尿を用い7月8日に播種, 3回目として8月に採取した豚尿を用い10月8日に播種の合計3回行った。3回目の栽培試験では, 外気温の低下により作物の生育に影響がでてしまう恐れがあったため, 秋田県立大学実験圃場内の温室内(室温 20℃)で栽培した。コマツナは播種後28日後, リーフレタスは播種後35日後に地上部を収穫した。また, 栽培生産物の安全性評価のために, コマツナを9月2日に黒土の豚尿区と対照区に播種し, 42日後に収穫した。

収穫後は新鮮重を測定した。イオン含有量の測定のために80℃の乾燥機で5日間乾燥した後, 粉碎し550℃の電気マッフル炉で6時間灰化後, 1M硝酸で溶解した。この溶液を用い, ICP発光分光分析装置によりイオン含有量を測定した。

3回目の栽培後土壌を採取し, 土壌内の硝酸態窒素含有量をナフチルエチレンジアミン法で, アンモニア態窒素含有量をインドフェノール法で測定した(日本土壌肥料学会, 土壌環境分析法編集委員会, 1997)。

実験3: 栽培生産物の安全性評価

9月2日に黒土の豚尿区と対照区に播種し42日後に収穫したコマツナの一般生菌, 大腸菌, 黄色ブドウ球菌, サルモネラの分析を株式会社食品微生物センター(小田原市)に委託した。

統計処理

データは, Tukey法による多重比較により統計処理を行った。

結果

実験1: 豚尿の液肥としての成分評価

豚尿の採取時期の違いにより窒素成分に大きな違いが認められた(表1)。3月の豚尿ではアンモニア態窒素濃度が高く, 硝酸態窒素と亜硝酸態窒素濃度はほとんど検出されなかった。5月の豚尿では硝酸態窒素濃度が高くアンモニア態窒素と亜硝酸態窒素濃度が低かった。8月の豚尿では亜硝酸態窒素濃度が最も高く, 次いで硝酸態窒素濃度, アンモニア態

窒素濃度が最も低かった。一方で各イオンは, 多量元素(K, Ca, Mg, P)微量元素(B, Fe, Cu, Mn, Mo, Zn)とも採取時期による違いは認められたものの, 窒素成分で示されたような大きな季節変動はなかった。

一般化学液肥の成分と豚尿の成分を比較すると, 一般化学液肥の窒素成分のほとんどは硝酸態窒素であり, 5月の豚尿の窒素成分比と最も近かった。各イオン濃度は多量元素, 微量元素とも大きな差異はなかった。一方で肥料成分ではないナトリウム(Na)は一般化学液肥と比較して豚尿の濃度が高かった。

表1 採取時期の違いによる豚尿成分の変化と一般液体肥料との成分比較(単位: ppm)

		NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	K	Ca	Mg	P	Na
豚尿 (採取時期)	3月	6.7	0.1	603.0	333.4	34.8	18.9	25.9	110.7
	5月	315.0	0.1	11.0	293.2	40.8	17.8	40.2	95.0
	8月	147.0	912.0	52.0	247.9	63.0	49.6	84.7	82.8
一般化学液肥		120.0	0.1	10.6	317.2	98.4	34.2	64.2	23.3

		B	Fe	Cu	Mn	Mo	Zn
豚尿 (採取時期)	3月	0.459	0.222	0.010	0.077	0.011	0.030
	5月	0.405	0.197	0.007	0.100	0.001	0.019
	8月	0.413	0.029	0.087	0.376	0.017	0.182
一般化学液肥		0.667	0.691	0.022	0.266	0.004	0.020

実験2: 豚尿を用いた養液土耕栽培の検討

コマツナにおいて, 3月採取の豚尿を用いた1回目の栽培(図2, 表2), 5月採取の豚尿を用いた2回目の栽培(図3, 表3), および8月採取の豚尿を用いた3回目の栽培(図4, 表4)における収穫時の地上部新鮮重と各イオン含有量を示した。3回の栽培において, 対照区と比較して豚尿区では新鮮重に有意差はなかった。黒土区とパーク区を比較すると, 2回目の栽培ではパーク区の方が黒土区よりも高い生育を示した(図3)。一方1回目と3回目の栽培では有意な差は認められなかった。

各イオン含有量は, 1回目の栽培のカルシウムを除くと, 全3回の栽培で多量元素, 微量元素とも対照区と比較して豚尿区で有意に低いものは認められなかった。また栽培時の様子でも, 特定のイオン欠乏障害や過剰障害は観察されなかった。

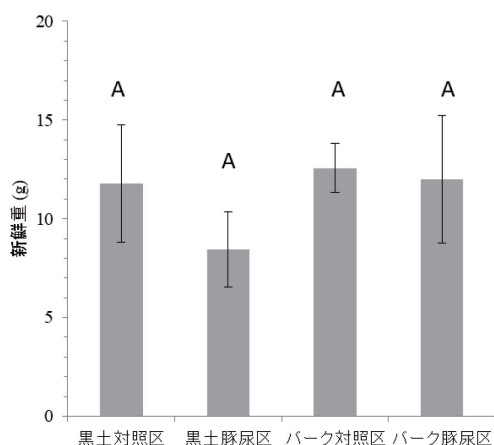


図2 コマツナの1回目の栽培での各処理における収穫時の地上部新鮮重の差異。各値はサンプルの平均値，バーは標準誤差を示す。異なるアルファベット間には5%水準で有意差があることを示す。

表2 コマツナの1回目の栽培での収穫時の地上部における各イオン含有量(mg/100g 新鮮重)

	K	Ca	Mg	P	Na
黒土対照区	373.9 B	155.4 A	59.1 A	18.7 B	63.4 A
黒土豚尿区	405.7 B	125.7 B	48.3 B	18.4 B	77.4 A
パーク対照区	536.8 A	130.1 B	50.2 B	57.5 A	29.7 B
パーク豚尿区	548.2 A	92.8 C	47.5 B	51.1 A	59.2 A

	B	Fe	Cu	Mn	Mo	Zn
黒土対照区	0.079 B	0.621 AB	0.014 A	1.612 B	0.010 A	0.296 B
黒土豚尿区	0.076 B	0.697 A	0.022 A	1.365 B	0.008 A	0.319 AB
パーク対照区	0.087 B	0.573 B	0.018 A	2.746 A	0.014 A	0.338 AB
パーク豚尿区	0.120 A	0.636 AB	0.017 A	1.162 B	0.019 A	0.381 A

表中の異なるアルファベット間には同一イオン内で5%水準で有意差があることを示す。

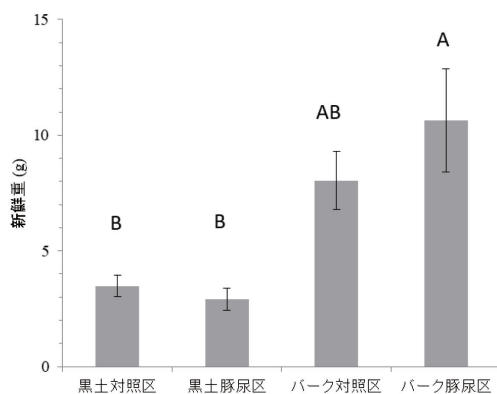


図3 コマツナの2回目の栽培での各処理における収穫時の地上部新鮮重の差異。各値はサンプルの平均値，バーは標準誤差を示す。異なるアルファベット間には5%水準で有意差があることを示す。

表3 コマツナの2回目の栽培での収穫時の地上部における各イオン含有量(mg/100g 新鮮重)

	K	Ca	Mg	P	Na
黒土対照区	564.1 A	161.9 A	99.5 A	18.0 C	43.6 AB
黒土豚尿区	517.3 A	145.4 AB	82.7 A	18.6 C	60.0 A
パーク対照区	507.2 A	121.6 B	52.9 B	54.7 A	26.8 B
パーク豚尿区	581.3 A	146.0 AB	59.2 B	40.8 B	58.1 A

	B	Fe	Cu	Mn	Mo	Zn
黒土対照区	0.269 A	1.095 A	0.031 B	1.300 B	0.000 AB	0.307 A
黒土豚尿区	0.245 AB	4.561 A	0.049 A	0.944 B	0.000 B	0.324 A
パーク対照区	0.201 BC	0.558 A	0.033 B	1.893 A	0.000 AB	0.301 A
パーク豚尿区	0.185 C	0.778 A	0.033 B	1.163 B	0.004 A	0.394 A

表中の異なるアルファベット間には同一イオン内で5%水準で有意差があることを示す。

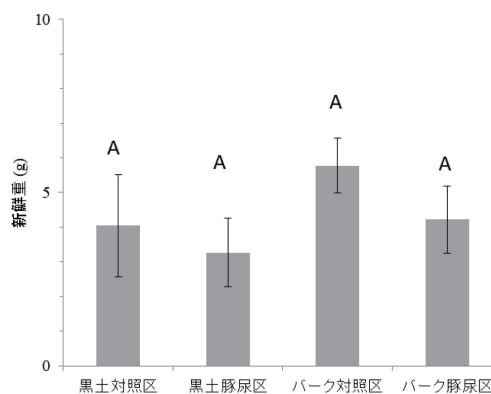


図4 コマツナの3回目の栽培での各処理における収穫時の地上部新鮮重の差異。各値はサンプルの平均値，バーは標準誤差を示す。異なるアルファベット間には5%水準で有意差があることを示す。

表4 コマツナの3回目の栽培での収穫時の地上部における各イオン含有量(mg/100g 新鮮重)

	K	Ca	Mg	P	Na
黒土対照区	426.7 A	163.1 A	68.1 B	18.3 B	45.4 B
黒土豚尿区	451.4 A	143.6 ABC	68.3 B	21.3 AB	69.0 A
パーク対照区	444.2 A	121.5 BC	66.4 B	23.0 AB	38.2 B
パーク豚尿区	440.0 A	167.4 A	78.2 A	25.9 A	71.3 A

	B	Fe	Cu	Mn	Mo	Zn
黒土対照区	0.218 A	0.652 A	0.022 A	1.336 A	0.008 A	0.204 A
黒土豚尿区	0.245 A	0.724 A	0.021 A	1.082 A	0.010 A	0.277 A
パーク対照区	0.220 A	0.580 A	0.014 A	0.624 B	0.006 A	0.218 A
パーク豚尿区	0.233 A	0.795 A	0.019 A	1.019 A	0.007 A	0.311 A

表中の異なるアルファベット間には同一イオン内で5%水準で有意差があることを示す。

リーフレタスにおいて、3月採取の豚尿を用いた1回目の栽培(図5, 表5)における収穫時の地上部新鮮重と各イオン含有量を示した。対照区と比較して豚尿区で地上部新鮮重に有意差は認められなかった。各イオン含有量はカリウムとカルシウムの黒土区で対照区と比較して豚尿区で有意に低い値を示したが、それ以外では差は認められなかった。また栽培時の様子でも、特定のイオン欠乏障害や過剰障害は観察されなかった。2回目と3回目の栽培では、一般化学液肥を使用した黒土対照区でもリーフレタスが生育しなかった(データ省略)。

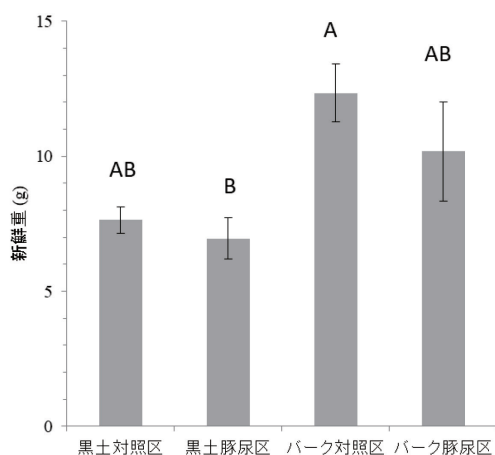


図5 リーフレタスの1回目の栽培での各処理における収穫時の地上部新鮮重の差異。各値はサンプルの平均値、バーは標準誤差を示す。異なるアルファベット間には5%水準で有意差があることを示す。

表5 レタスの1回目の栽培での収穫時の地上部における各イオン含有量(mg/100g 新鮮重)

	K	Ca	Mg	P	Na
黒土対照区	279.2 B	49.6 A	31.5 A	12.2 AB	70.2 A
黒土豚尿区	153.2 C	32.6 B	28.9 A	9.0 B	50.1 B
バーク対照区	385.4 A	47.8 AB	28.1 A	15.1 A	26.1 C
バーク豚尿区	305.3 B	43.6 AB	31.6 A	12.4 AB	52.5 AB

	B	Fe	Cu	Mn	Mo	Zn
黒土対照区	0.042 B	0.785 A	0.003 B	2.093 AB	0.001 AB	0.181 A
黒土豚尿区	0.056 B	1.111 A	0.004 B	1.574 B	0.003 A	0.194 A
バーク対照区	0.189 A	0.956 A	0.021 A	2.340 A	0.000 B	0.250 A
バーク豚尿区	0.206 A	0.609 A	0.009 B	1.917 AB	0.000 B	0.227 A

表中の異なるアルファベット間には同一イオン内で5%水準で有意差があることを示す。

3回目の栽培終了後、土壌中の硝酸態窒素およびアンモニア態窒素含有量を測定したところ、対照区と比較して豚尿区で硝酸態窒素およびアンモニア態窒素含有量が高かった(表6)。豚尿区において黒土区とバーク区を比較すると、バーク区の方がアンモニア態窒素含有量は有意に高かった。

表6 3回目の栽培終了後の土壌中の硝酸態窒素およびアンモニア態窒素含有量(mg/kg 乾燥土壌)

	NO ₃ -N	NH ₄ -N
黒土対照区	78.4 A	1.3 A
黒土豚尿区	135.7 B	60.6 C
バーク対照区	41.5 A	4.4 A
バーク豚尿区	124.9 B	52.6 B

表中の異なるアルファベット間には同一成分内で5%水準で有意差があることを示す。

実験3：栽培生産物の安全性評価

黒土を用いた対照区と豚尿区において、収穫したコマツナの収穫したコマツナの一般生菌、大腸菌、

黄色ブドウ球菌、サルモネラの検査を行った。一般生菌数とは、ある一定条件下で発育する中温性好気性生菌数を意味し、食品の微生物汚染の程度を示す最も代表的な指標である。両処理区とも大腸菌、黄色ブドウ球菌、サルモネラは検出されなかった。また一般生菌は豚尿区の方が対照区よりも多かったが、基準値以内であった。

表7 豚尿(豚尿区)および一般化学液肥(対照区)でコマツナを栽培した時の収穫物の各細菌検査の結果

	一般生菌/g	大腸菌群/g	大腸菌/g	黄色ブドウ球菌/g	サルモネラ/25g
豚尿区	2.2×10 ⁴	陰性	陰性	陰性	陰性
対照区	3.2×10 ³	陰性	陰性	陰性	陰性

基準値は一般生菌が1.0×10⁵以内、大腸菌群:1.0×10⁴以内

考察

本研究では、廃棄物として処理されている豚尿を一年通して施設栽培において利用するために、豚尿の液肥としての成分評価、豚尿を用いた養液土耕栽培の検討、生産物の安全性評価を行い、多面的側面から豚尿の有効利用方法を検討することを目的とした。

採取時期の違いによる豚尿成分を調査した結果、窒素成分に大きな変動が見られた(表1)。本研究で使用した豚尿は、畜産農家で糞と尿に分け分別した後、尿を10トンの酒樽6つで30日間曝気処理をしたものを用いた(図1)。3月に採取した豚尿にはアンモニア態窒素が、5月に採取した豚尿には硝酸態窒素が、8月に採取した豚尿には亜硝酸態窒素が多く含まれていた(表1)。豚尿に含まれるアンモニウムイオン(NH₄⁺)を酸化して亜硝酸イオン(NO₂⁻)に、次いで亜硝酸イオンを酸化して硝酸イオン(NO₃⁻)にする2種類の微生物が生息しており、アンモニウムイオン酸化の際に生じるエネルギーを利用して生命活動を行っている(柴田, 2018)。前者は亜硝酸菌(ニトロソモナス)、後者は硝酸菌(ニトロバクター)と呼ばれる。両菌は連携して活動しており、アンモニウムイオンは硝酸イオンに変わる。3月の豚尿では、曝気処理期間中の気温が低かったため両菌の活動が抑えられ硝化されず、アンモニア態窒素濃度が高かったと考えられた。一方8月の豚尿では、気温が高すぎたため亜硝酸菌は活動したが硝酸菌の活動が抑制され、その結果、亜硝酸態窒素

濃度が高かったのではないかと考えられた。また栽培に用いた土壌を分析した結果では、硝化を促進するために硝酸菌や亜硝酸菌が含まれるバーク堆肥を混合した土壌の方が、アンモニア態窒素含有量が低かった（表 6）。バーク区の方が硝酸態窒素も低かった原因として硝化が進み、脱窒をおこしたためではないかと考えられた。

豚尿と一般化学液肥の成分を比較したところ肥料として利用される各イオン濃度は、多量元素、微量元素とも大きな差は認められなかった。この豚尿を利用して養液土耕栽培を行ったところ、コマツナでは一般化学液肥を用いて栽培したものと比較して生育（図 2, 3, 4）や地上部イオン含有量（表 2, 3, 4）に有意差がなく生育障害も発生していなかった。一般化学液肥と比較して豚尿にはナトリウムが含まれるが（表 1）、濃度は最大でも 3 月採取の豚尿の 110 ppm（5 mM）であった。植物はナトリウムによって塩害を生じる場合があり、塩に対する抵抗性は植物種や品種によって異なる。例えば塩ストレスに対して比較的弱いイネでは 50 mM の塩化ナトリウム処理によって生育が阻害される（Maas と Hoffman, 1977）。今回の豚尿中のナトリウム濃度は低くコマツナへの生育障害を生じる濃度ではなかった。しかし植物種や品種によってはナトリウム感受性のものもあるため、豚尿を用いて養液土耕栽培を行う際にはナトリウム障害について考慮に入れておく必要がある。リーフレタスでは一般化学液肥を用いて栽培したものと比較して 1 回目の栽培ではコマツナと同様に生育（図 5）や地上部イオン含有量（表 5）に有意差がなく生育障害も発生していなかった。一方、2 回目と 3 回目の栽培では、一般化学液肥を使用した黒土対照区でもリーフレタスが生育しなかったが、これは 2020 年の高温により、リーフレタスの生育が阻害されたと考えられた。リーフレタスにおける豚尿を用いた通年における養液土耕栽培についてはさらに検討が必要である。

本研究では養液土耕栽培を用いて豚尿を肥料として用いる可能性について検討した。本研究の予備試験において、3 月に採取した豚尿を用いて水耕栽培を行ったがコマツナおよびリーフレタ

スの生育は一般化学液肥よりも生育が大きく阻害された（データ省略）。植物は窒素を主に硝酸態窒素またはアンモニア態窒素の形で吸収するが、野菜の多くはアンモニア態窒素を窒素源とした場合アンモニア障害が発生し、生育の低下が引き起こされる（但野と田中, 1976; 藤井ら, 2019）。3 月に採取した豚尿のアンモニア態窒素濃度は 603 ppm であったことから（表 1）、それを予備試験のように直接水耕栽培に用いた場合にはアンモニア障害が発生したと考えられた。一方、本研究のように養液土耕栽培に用いると土壌中でアンモニア態窒素が硝化されるとともに土壌の緩衝作用も加わり、アンモニア障害が発生せず、豚尿を窒素源として利用できたと考えられる。

本研究では曝気処理だけ行った採取時期の異なる豚尿を使用しコマツナとリーフレタスで養液土耕栽培が可能であることを示した。過去の研究例では、牛ふん尿の処理液を用いたトマト栽培例（遠藤ら, 2004）や豚尿を生体膜で処理しアンモニア態窒素を取り除いた処理液を用いた葉菜や花卉の栽培例（脇屋ら, 2000; 脇屋ら, 2003）が報告されている。これらの研究結果は使用する家畜尿の種類や含まれる成分は異なるが、肥料の代わりに家畜尿を用いて植物栽培が可能であるという本研究の結果と一致していた。また本研究では、家畜尿を用いて栽培した野菜が衛生面でも一般化学液肥を用いて栽培したものと差が無く、安全であることも示した（表 7）。

本研究では、豚尿を用いた養液土耕栽培が可能であることを明らかにした。家畜廃棄物の環境汚染問題や日本の肥料資源問題を背景に、今後家畜尿の資源循環型利活用についてさらに検討していく必要があると考える。

謝辞

本研究は「令和 2 年度 秋田県立大学学長プロジェクト創造的研究」によって行った。また本研究を遂行するにあたり、「あきた液肥生産利用研究会」の伊藤基様より豚尿を御提供頂いた。

文献

遠藤 昌伸, 切岩 祥和, 糠谷 明 (2004) . 「牛ふん尿処理液を用いたトマトの培地栽培」. 『園芸学研究』 3 (3) 267-271.

藤井 琢馬, 名田 和義, 平塚 伸 (2019) . 「水耕栽培液中の NO₃⁻と NH₄⁺の比率が洋種ナバナの成育と窒素代謝に及ぼす影響」. 『植物環境工学』 31 (2) 101-107.

金澤 伸浩, 嶋崎 善章, 小川 敦史 (2014) . 「豚尿液肥を利用した水稲栽培の経済的価値」. 『環境科学会誌』 27 (6) 354-361.

環境省 (2021) . 「令和元年度地下水質測定結果」. https://www.env.go.jp/water/report/r02-03/r02-03_full.pdf. (2021年4月14日 閲覧)

Maas E. V., Hoffman G. J. (1977) . Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division* 103 (2) 115-134.

中村 修, 佐藤 剛史 (2002) . 「佐賀県杵島地域における家畜尿有効利用の取り組みと課題：環境コストから資源循環型農業へ」. 『長崎大学総合環境研究』 4 (2) 1-9.

中村 修, 佐藤 剛史, 田中 宗浩 (2005) . 「循環型社会形成に向けた有機液肥の水田利用の可能性 堆肥市場と有機液肥市場との比較研究」. 『長崎大学総合環境研究』 7 (1) 13-23.

日本土壤肥料学会, 土壤環境分析法編集委員会 (1997) . 『土壤環境分析法』. 博友社. 427p.

農林水産省 (2021) . 「畜産環境をめぐる情勢」. <https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaiku/pdf/210325kmegji.pdf>. (2021年4月14日 閲覧)

柴田 勝 (2018) . 「肥料と養分：硝酸態チッソ（硝酸イオン）について（その1）」. 『農業と科学』 703 1-6.

但野 利秋, 田中 明 (1976) . 「アンモニア態および硝酸態窒素適応性の作物種間差（第1報）：生育初期におけるアンモニア態および硝酸態窒素選択吸収能と生育反応：比較植物栄養に関する研究」. 『日本土壤肥料学雑誌』

47 (7) 321-328.

脇屋 裕一郎, 田中 宗浩, 小島 孝之, 鈴木 一弘, 西村 弘 (2000) . 「豚尿処理水を用いた養液栽培技術の開発 —水耕培養液としての利用—」. 『西日本畜産学会報』 43 17-23.

脇屋 裕一郎, 田中 宗浩, 田中 朱里 (2003) . 「豚尿処理水を用いた養液栽培技術の開発（第3報） 野菜類, 花卉類およびハーブ類を利用した高次処理システムの開発」. 『西日本畜産学会報』 46 71-77.

〔 令和 3 年 7 月 30 日受付
令和 3 年 9 月 1 日受理 〕

Effect of Drip-Fertigation Culture using the Pig urine on the Growth of Komatsuna and Leaf Lettuce

Atsushi Ogawa¹, Yoshitake Hashimoto¹, Miyuki Obitsu¹, Ai Katabira¹, Tamito Machida¹, Hiroshi Masuda¹, Yoko Ishikawa¹, Kyoko Toyofuku¹

¹ Department of Biological Production, Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University

Pig urine is disposed of as waste; however, it contains components essential for crop production, such as nitrogen, phosphorus, and potassium, and is expected to be used effectively in crop cultivation. In this study, we investigated the use of pig urine in a drip-fertigation culture of komatsuna and leaf lettuce. Komatsuna and lettuce were cultivated with a drip-fertigation culture using general chemical fertilizer (control) and pig urine collected from pig farmers in Daisen City, Akita Prefecture, Japan, in March, May, and August 2020. A significant difference was observed in the nitrogen component due to the difference in the collection time of pig urine. The sodium concentration in pig urine was higher in each ionic component than in general chemical liquid fertilizer. In the cultivation of komatsuna, there was no difference in fresh weight and ion content of the plant in the cultivation using pig urine compared with the control using general chemical liquid fertilizer. A bacterial survey of komatsuna cultivated using pig urine did not detect *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Salmonella*. More general viable bacteria in komatsuna cultivated in pig urine than in control were detected, and it was confirmed that there were no problems in terms of hygiene. In the first cultivation of leaf lettuce, as in komatsuna, there was no difference in fresh weight and ion content of the plant when cultivated with pig urine compared with the control. From these results, it was clarified the possibility of the use of pig urine in drip-fertigation culture to maintain the same quality as the liquid chemical fertilizer.

Keywords: pig urine, drip-fertigation culture, komatsuna, lettuce