

土壌への過剰養分蓄積を抑えたたい肥施用技術

(1) 家畜ふんたい肥の窒素肥効推定と検証

佐藤一弘*・内藤健二*

Compost Application Techniques to Control Nutrient Accumulation in Soils

(1) Estimation and Evaluation of Nitrogen Fertilizer Efficiency of Livestock Manure Compost

Kazuhiro SATO, Kenji NAITO

要約 コマツナ・ホウレンソウ連作栽培試験により推定した窒素肥効率は、牛ふん：10%、鶏ふん：60～70%、豚ふん：30～40%である。家畜ふんたい肥はカリ、若しくはリン酸全量の代替を以て施用量の上限とした方が過剰施用のない安全な施肥設計を組め、安定した収量が得られる。肥効率は0.5M 塩酸抽出アンモニア態窒素で推定できる可能性が示唆された。

本県の畑土壌は近年カリウムやリン酸等の土壌養分が蓄積し塩基バランスが悪化する傾向にあるが、その要因の一つに家畜ふん堆肥の多量施用が考えられる(佐藤ら, 2009)。たい肥施用は土壌中の腐植維持にかかせない重要な土壌管理であるが、これまでは肥料成分としてのたい肥中のリン、カリの肥効を考慮した施肥設計が行われているとはいえないなかった。

平成23年に全面改定された埼玉県的主要農作物施肥基準および施肥改善指導マニュアルでは次の2点を大きく変更した(埼玉県, 2013)。①土壌診断による減肥基準の設定②たい肥からのリン酸又はカリウム供給量によりたい肥施用の上限を設定する。しかしその場合であってもたい肥中の窒素肥効の推定無しには、合理的な施肥設計を行うことはできない。

そこで本報告では、リン酸、カリによるたい肥の上限施用量設定のための窒素の肥効の設定方法について行われた試験を報告する。肥効の異なる3種

類の県内生産たい肥を供し、それぞれ窒素の肥効率を3段階に仮定して施肥設計を組みコマツナおよびホウレンソウを圃場で栽培した。化学肥料栽培と比較し同等の肥効となる肥効率の設定を逆説的に妥当な肥効率であると推論した。併せて、近年棚橋らによって開発された塩酸抽出法によるたい肥中の窒素肥効推定法(棚橋, 2011. 棚橋ら, 2010)を活用し、たい肥の窒素肥効のグルーピング化を試みた。

本研究は農産物安全課を事務局とする「埼玉県農産物安全技術専門委員会」での令達研究「化学肥料の代替を考慮した堆肥の多投・連用による影響の検証」(2010～2013)で実施されたことを付記する。

材料および方法

1 県内生産たい肥の実態調査及び窒素肥効によるグルーピング化の試み

(1) たい肥の収集と成分分析

表1 供試したたい肥と成分分析結果

No. たい肥の原料等	水分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	ク溶率*		C/N	0.5MHCL可溶NH ₄ ⁺
	%	%	%	%	P %	K %		N %
1 牛ふん	65.2	1.54	1.37	1.88	76.4	105.7	25.5	0.028
2 牛ふん	47.4	2.67	4.57	5.27	93.5	92.3	14.0	0.308
3 牛ふん	69.1	1.28	0.97	1.66	76.7	97.4	34.5	0.014
4 牛ふん	59.0	1.38	1.21	1.89	77.8	95.2	28.4	0.015
*5 牛ふん	65.5	1.47	0.96	1.74	70.9	95.2	25.8	0.021
6 牛ふん	54.8	2.39	3.84	4.26	89.2	86.1	15.1	0.204
7 生ごみ	8.1	2.95	1.20	1.96	64.2	103.4	14.5	0.003
8 鶏豚骨、茶殻	10.5	5.72	15.44	0.58	88.2	83.2	5.3	0.620
9 鶏豚骨、茶殻	9.6	4.98	19.28	0.43	77.6	84.5	4.9	0.503
10 鶏豚骨、茶殻	8.6	5.38	18.58	0.42	30.2	89.3	4.7	0.617
*11 鶏ふん	23.0	5.85	4.20	2.78	63.1	91.8	4.8	0.608
12 鶏ふん	1.7	4.87	7.72	5.03	94.2	88.1	6.5	0.019
13 鶏ふん	1.7	3.36	8.07	5.27	91.3	78.3	7.9	0.010
14 鶏ふん	0.6	2.55	6.95	5.43	88.9	85.4	9.5	0.008
15 生ごみ	43.9	1.66	2.03	2.33	88.9	105.2	25.0	0.009
16 剪定枝等	34.6	0.90	0.47	0.55	46.8	82.7	26.0	0.048
17 鶏ふん	18.0	2.66	5.24	3.84	70.3	85.8	8.2	0.220
18 鶏ふん	51.3	1.01	3.73	1.27	91.7	88.1	10.0	0.014
19 牛ふん	74.2	3.16	2.48	4.78	70.3	88.0	10.8	0.017
20 牛ふん	55.9	1.82	1.99	2.82	74.0	89.4	19.9	0.018
21 豚ふん	55.6	1.95	2.20	2.02	74.3	93.1	16.5	0.085
22 剪定枝等	66.9	1.20	0.42	0.18	20.5	64.5	18.0	0.022
23 牛ふん	38.2	2.39	2.24	4.72	82.1	89.7	15.0	0.019
24 剪定枝等	9.0	7.01	5.68	-	73.1	-	-	0.097
25 乾燥菌体	8.7	8.17	5.49	-	29.3	-	-	0.174
26 魚節煮かす	14.3	13.17	3.35	-	116.2	-	-	0.157
27 生ごみ	25.6	5.03	2.97	1.41	71.2	96.5	7.4	0.162
*28 豚ふん	19.5	4.00	8.42	3.63	88.5	90.0	9.1	0.432
29 牛ふん	70.1	3.87	2.36	3.27	77.1	99.5	7.7	0.004
30 米ぬか	12.6	3.37	7.68	2.99	7.7	93.5	-	0.032
31 乾燥菌体	86.7	4.01	14.89	0.15	11.8	91.1	6.9	0.047
32 剪定枝等	63.7	1.02	0.49	0.24	11.5	64.8	25.1	0.017
33 牛ふん	57.7	1.98	2.17	2.01	86.2	98.5	10.6	0.010
34 牛ふん	75.3	3.26	4.68	3.70	85.1	92.0	9.2	0.015
35 鶏ふん	28.1	2.22	5.94	1.94	92.8	96.1	6.3	0.069
36 生ごみ	12.9	3.47	1.21	0.54	82.9	95.5	14.0	0.005
37 生ごみ	26.9	1.22	0.56	2.46	131.1	110.8	33.9	0.012
38 馬ふん	79.9	2.83	1.98	0.70	118.2	122.3	16.3	0.022
39 鶏ふん	13.4	2.85	6.53	3.55	102.3	97.2	7.6	0.218
40 牛ふん	30.9	3.72	2.44	3.16	104.0	104.2	11.6	0.183
41 豚ふん	21.7	3.92	8.81	3.60	86.2	99.3	8.5	0.263
42 生ごみ	51.2	3.00	2.91	0.15	116.6	104.6	20.4	0.035
43 落ち葉	66.9	1.20	0.42	0.18	33.7	82.0	18.0	0.068
44 牛ふん+生ごみ	34.4	1.85	1.64	1.27	98.5	91.8	10.7	0.067

水分を除き乾物当たりの値である。

*2%クエン酸可溶画分の全量に占める%

*太字: 圃場栽培試験に選定したたい肥

埼玉県内で生産されたたい肥を 44 点収集した。成分分析を行い、内 20 点についてはさらにコマツナのポット試験を肥料取締法の植害試験に準じて行った(表 1)。分析成分は窒素、リン酸、カリの全量含有率ともにカリとリン酸については 30℃の 2%クエン酸で抽出されるいわゆるク溶性画分についても行った。窒素の肥効の指標項目として、棚橋らの方法により 0.5M 塩酸で抽出濾過した液のアンモニア態窒素を、インドフェノール法に準じて分析

した。なお、インドフェノール法は pH に強く影響されるため、以下の方法とした。すなわち塩酸抽出液に 0.5M 水酸化ナトリウムを加えて pH を約 10 に調整し、0.45 μm のメンブランフィルターで濾過した後分析に供した。

(2) コマツナによるポット栽培

収集したたい肥より 20 点を供し、肥料登録で行われるコマツナのポット栽培試験を行った。即ち、ノイバウエルポットに肥料成分の少ない芝目土をポ

ット当たり 500ml 供し、ほ場容水量の 50%に加水した後供試たい肥粉碎風乾物をポット当たり一律に 7.5g 施用した。コマツナ（品種：楽天）を 25 粒播種し、25℃、1 万ルクス、日照時間 16 時間/日の恒温室で栽培した。3 週間後地上部の窒素吸収量を測定し、供試したたい肥中の全窒素量で除して窒素利用率を求めた。

2 窒素肥効の異なる 3 種のたい肥によるコマツナ及びホウレンソウ露地栽培

(1) コマツナ

1(2)の試験より、コマツナの窒素吸収量及び窒素利用率及びたい肥の 0.5M 塩酸抽出アンモニア態窒素などの値から、窒素肥効レベルを 3 段階に分類し、それぞれより次のモデルたい肥を選定した。即ち①窒素肥効低：牛ふん堆肥（美里町生産、乳牛、おがくず等木質と切り返し発酵）、②窒素肥効中：豚ふんたい肥（日高市、副資材なし、乾燥装置+堆積発酵）、③窒素肥効高：鶏ふんたい肥（川島町、採卵鶏、副資材なし、発酵装置）である。各たい肥の成分を表 2 に示す。たい肥施用法について、2 つの代

替法及び 3 つの窒素肥効率想定を組み合わせる施肥試験を行った。

代替法では、①窒素栽培基準の全量をたい肥中の有効窒素で代替する。たい肥中の全窒素×肥効率＝有効窒素としこれを代替した。②栽培基準のカリ全量をたい肥中の有効カリで代替する。たい肥中の全カリ×ク溶率＝ク溶性カリを以て有効カリとした。カリ代替区では、カリ以外の成分がたい肥供給により栽培基準に満たない場合不足量を化学肥料で補った。リン酸もたい肥中の有効リン酸をク溶性リン酸を以て施用した。

次に、全てのたい肥施用区の窒素肥効率を 3 種類のたい肥とも 30%、50%、70%と 3 段階に設定し施肥設計を組んだ。化学肥料区の収量が同等以上になる場合、その設定した肥効率がたい肥の妥当な窒素肥効率に相当すると考えられる。2010 年 10 月 19 日水田農業研究所露地畑（細粒褐色低地土斑紋無し、前作ナタネ）に播種し、同年 12 月 13 日まで栽培した。コマツナ品種は楽天である。試験の施肥設計を表 3 に示す。

表2 3段階の窒素肥効で選定したたい肥の成分

堆肥原料	現物水分 %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	C/N	NaCl %	EC dS/m	pH	CP %	CK %	塩酸可溶N %	ク溶率 Pク溶率 Kク溶率
牛ふん	65.5	1.5	1.0	1.7	25.8	0.3	2.7	8.7	0.7	1.7	0.02	70.9 95.2
鶏ふん	23.0	5.8	4.2	2.8	4.8	0.6	6.0	7.7	2.7	2.5	0.61	63.1 91.8
豚ふん	19.5	4.0	8.4	3.6	9.1	0.9	5.9	8.4	7.5	3.3	0.43	88.5 90.0

水分を除き乾物値

表3 窒素肥効の異なる3種類のたい肥によるコマツナ栽培施肥設計

たい肥の種類	N代替法	N肥効率想定 %	有機物施用量				化学肥料施用量			有効成分施用量		
			現物施用量 kg/10a	AN kg/10a	CP kg/10a	CK kg/10a	AN kg/10a	TP kg/10a	TK kg/10a	AN kg/10a	TP kg/10a	TK kg/10a
牛ふん	N全量	30	12,837	20.0	38.9	66.1	-	-	-	20.0	38.9	66.1
		50	7,702	20.0	23.3	39.7	-	-	-	20.0	23.3	39.7
		70	5,502	20.0	16.7	28.3	-	-	-	20.0	16.7	28.3
	K上限	30	3,577	8.1	8.7	20.0	11.9	11.3	-	20.0	20.0	20.0
		50	3,577	11.8	8.7	20.0	8.2	11.3	-	20.0	20.0	20.0
		70	3,577	15.5	8.7	20.0	4.5	11.3	-	20.0	20.0	20.0
鶏ふん	N全量	30	1,191	20.0	42.2	28.2	-	-	-	20.0	42.2	28.2
		50	715	20.0	25.3	16.9	-	-	-	20.0	25.3	16.9
		70	510	20.0	18.1	12.1	-	-	-	20.0	18.1	12.1
	K上限	30	804	16.0	20.5	20.0	4.0	-	-	20.0	20.5	20.0
		50	804	25.0	20.5	20.0	-	-	-	25.0	20.5	20.0
		70	804	34.0	20.5	20.0	-	-	-	34.0	20.5	20.0
豚ふん	N全量	30	1,867	20.0	122.5	52.5	-	-	-	20.0	122.5	52.5
		50	1,120	20.0	73.5	31.5	-	-	-	20.0	73.5	31.5
		70	800	20.0	52.5	22.5	-	-	-	20.0	52.5	22.5
	K上限	30	692	9.9	45.6	20.0	10.1	-	-	20.0	45.6	20.0
		50	692	14.8	45.6	20.0	5.2	-	-	20.0	45.6	20.0
		70	692	19.8	45.6	20.0	0.2	-	-	20.0	45.6	20.0
化成	-	-	-	-	-	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	

AN: 有効態窒素, CP: ク溶性リン酸, CK: ク溶性カリ, TP: 全リン酸, TK: 全カリ

(2) ホウレンソウ

(1)のコマツナ跡地で同一のたい肥区に同一のたい肥を用いてホウレンソウを栽培した。全区カリ代替とし、(1)で得られたそれぞれのたい肥の窒素肥効率の想定をさらに細かく設定し、妥当な肥効率を推定しようとした。同一たい肥区・同一肥効想定内では同じ施肥設計だが、前作のコマツナでのたい肥代替法が異なる。表4に施肥設計を示す。品種はサマーステージを用い、2011年4月12日に播種し同年6月9日に収穫しサンプルとした。

結果および考察

1 窒素肥効によるたい肥のグルーピング化

ポット試験によるコマツナの窒素吸収量および窒素利用率と、たい肥中の全窒素含有率および0.5M塩酸抽出アンモニア態窒素の関係を図1から4に示した。たい肥中の全窒素含有率とコマツナの窒素吸収量は高い相関を示した。0.5M塩酸抽出アンモニア態窒素とコマツナの窒素吸収量、窒素利用率も比較的高い相関を示した。全窒素と窒素利用率についても同程度の高い相関を示した。

表4 ホウレンソウ施肥設計

No.	処理	N肥効想定	前作(コマツナ)たい肥施用量			本作(ホウレンソウ)施肥投入量									
			窒素肥効想定	有機物による代替成分	たい肥施用量 kg/10a	施用量 kg/10a	AN kg/10a	CP kg/10a	CK kg/10a	化学肥料			合計		
									N	P	K	N	P	K	
									kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a	kg/10a	
1	牛ふん	10%	N肥効30%	N20kg/10a	12,837	1,788	0.9	4.3	10.0	14.1	5.7	0.0	15.0	10.0	10.0
2	"	"	"	K20kg/10a	3,577	1,788	0.9	4.3	10.0	14.1	5.7	0.0	15.0	10.0	10.0
3	"	20%	N肥効50%	N	"	7,702	1,788	1.9	4.3	10.0	13.1	5.7	0.0	15.0	10.0
4	"	"	"	K	"	3,577	1,788	1.9	4.3	10.0	13.1	5.7	0.0	15.0	10.0
5	"	30%	N肥効70%	N	"	5,502	1,788	2.8	4.3	10.0	12.2	5.7	0.0	15.0	10.0
6	"	"	"	K	"	3,577	1,788	2.8	4.3	10.0	12.2	5.7	0.0	15.0	10.0
7	鶏ふん	50%	N肥効30%	N	"	1,191	402	11.3	10.3	10.0	3.7	0.0	0.0	15.0	10.3
8	"	"	"	K	"	804	402	11.3	10.3	10.0	3.7	0.0	0.0	15.0	10.3
9	"	60%	N肥効50%	N	"	715	402	13.5	10.3	10.0	1.5	0.0	0.0	15.0	10.3
10	"	"	"	K	"	804	402	13.5	10.3	10.0	1.5	0.0	0.0	15.0	10.3
11	"	70%	N肥効70%	N	"	510	402	15.8	10.3	10.0	0.0	0.0	0.0	15.8	10.3
12	"	"	"	K	"	804	402	15.8	10.3	10.0	0.0	0.0	0.0	15.8	10.3
13	豚ふん	30%	N肥効30%	N	"	1,867	346	3.7	22.8	10.0	11.3	0.0	0.0	15.0	22.8
14	"	"	"	K	"	692	346	3.7	22.8	10.0	11.3	0.0	0.0	15.0	22.8
15	"	40%	N肥効50%	N	"	1,120	346	4.9	22.8	10.0	10.1	0.0	0.0	15.0	22.8
16	"	"	"	K	"	692	346	4.9	22.8	10.0	10.1	0.0	0.0	15.0	22.8
17	"	50%	N肥効70%	N	"	800	346	6.2	22.8	10.0	8.8	0.0	0.0	15.0	22.8
18	"	"	"	K	"	692	346	6.2	22.8	10.0	8.8	0.0	0.0	15.0	22.8
19	化成		化成		-	-	-	-	-	-	15.0	10.0	10.0	15.0	10.0

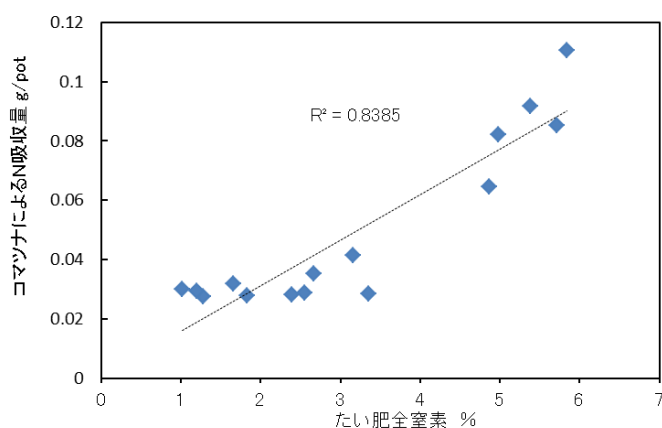


図1 ポット試験でのたい肥中の全窒素含有率とコマツナの窒素吸収量

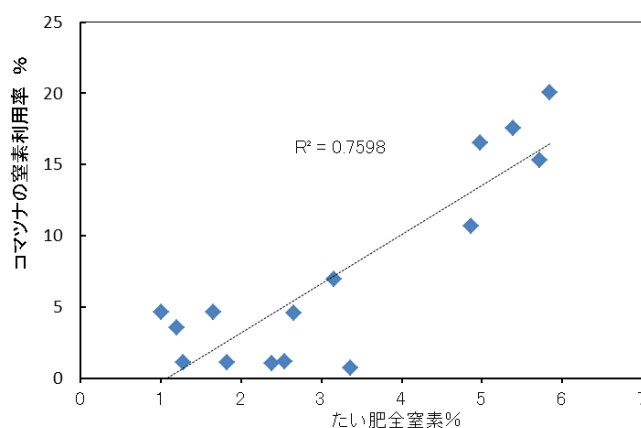


図2 ポット試験でのたい肥中全窒素含有率とコマツナの窒素利用率

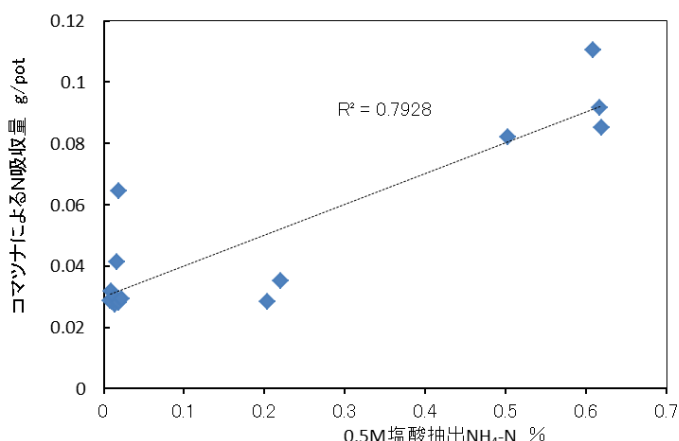


図3 たい肥中0.5M 塩酸抽出アンモニア態窒素とコマツナの窒素吸収量

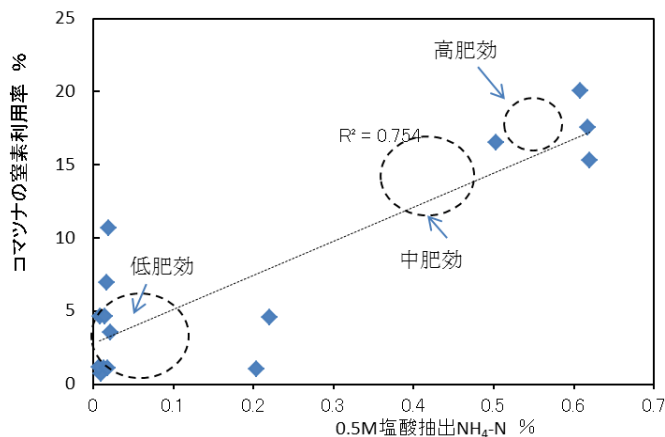


図4 たい肥中0.5M 塩酸抽出アンモニア態窒素とコマツナの窒素利用率及び栽培試験のためのグルーピング

この試験の目的は、次の栽培試験での肥効率推定を行うためのグルーピング化である。また、個々の作物の、あるいは栽培方法での窒素吸収量は異なるため、目的変数が窒素吸収量であるよりも、汎用性のある窒素利用率であるほうが異なる作物間での肥効率の推定に利用できる可能性がある。また、肥効率推定の説明が全窒素であると、窒素肥効は全窒素×肥効率なので結果、説明変数がただ一つの全窒素のみでたい肥の窒素肥効を推定することになる。窒素肥効を全窒素×0.5M 塩酸抽出アンモニア態窒素による推定値とするならば説明変数は2つとなり施肥設計上のリスク回避となると考えられる。

以上から、たい肥の窒素の肥効率によるグルーピング化について、0.5M 塩酸抽出アンモニア態窒素とコマツナの窒素利用率の関係から行うことが望ましいと結論づけた。供試した44たい肥から、0.5M 塩酸抽出アンモニア態窒素値でグルーピングし、表2に示す3レベルの肥効のたい肥を選定して栽培試験に供した。

2 窒素肥効でグルーピング化した3種のたい肥の栽培試験による窒素肥効の推定

1の試験により、窒素肥効の異なる3レベルで3つのたい肥を選定した。このグルーピング化の妥当性の検証と、さらに肥効率の妥当な推定のための試験をコマツナ、ハウレンソウの連作栽培で行った。

図5にコマツナ栽培の収量結果を示す。総じて、窒素全量代替した区はカリ全量代替区の収量に劣った。

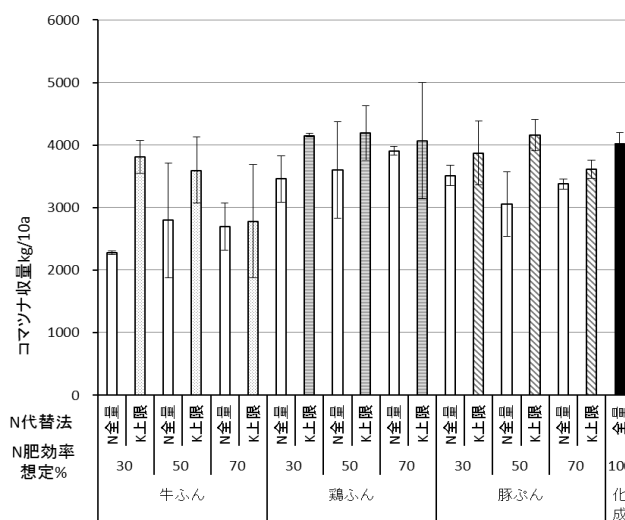


図5 コマツナ栽培試験の収量調査結果

カリ全量代替の試験区間で各たい肥の収量を化学肥料区の収量と比較してみると、牛ふんたい肥は、窒素肥効30%想定区が最も収量が高く、窒素肥効をこれ以上高く想定すると、実際投入されるたい肥量も少なくなり収量は減少した。しかし、肥効想定を最も低く見積もった30%であっても化学肥料区の収量に及ばなかった。これらから、この牛ふんたい肥の窒素肥効率は30%未満と推定される。

次に鶏ふんたい肥は、全ての窒素肥効想定区で化学肥料区を上回り、肥効70%でほぼ化学肥料と同等となった。これから、この鶏ふんたい肥の窒素肥効推定範囲は50~70%程度と推定できた。

最後に豚ふんたい肥は窒素50%肥効想定では化学肥料の収量を上回るが、70%まで想定すると今度は減収した。これから、この豚ふんたい肥は窒素肥

効50%を越えて想定することはできず、30~50%が妥当な窒素肥効の推定範囲値であると考えられた。

次に、コマツナの後作のハウレンソウでは前作に用いたたい肥区後に同一のたい肥を使用して試験を行った。

前作コマツナでの結果を踏まえ、それぞれのたい肥の肥効率の想定をさらに詳細に設定してハウレンソウの施肥設計を組み試験を行った。その収量調査結果を図6に示す。

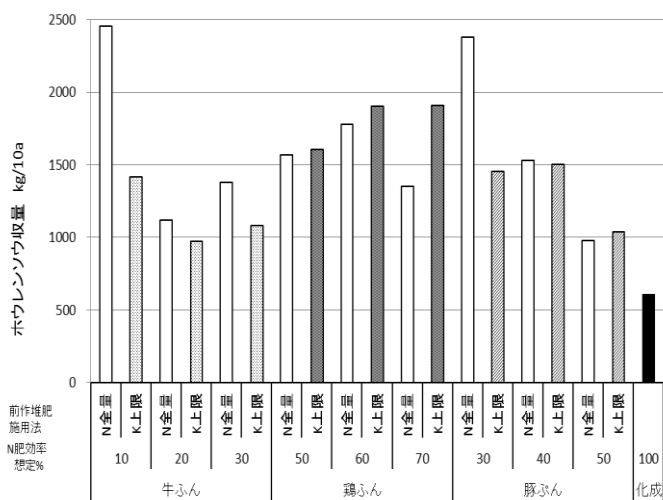


図6 ハウレンソウ栽培試験の収量調査結果

化学肥料区が生育不良となり、正確な肥効の想定は難しい面もあるが各たい肥区における最も収量が高い区が肥効率の推定として妥当なものと考えられる。まず、前作本作ともカリ全量代替での各たい肥の収量結果をみると、牛ふんたい肥は窒素肥効10%想定が最も収量が高くなった。鶏ふんは窒素肥効60%から70%想定範囲で収量が高まった。豚ふんは窒素肥効30%から40%範囲で収量が高まった。

これらから、コマツナの結果も併せて、各たい肥の肥効率は、牛ふん:10%、鶏ふん:60~70%、豚ふん:30~40%であると推定できた。

前作のコマツナで窒素全量を代替した区の跡地でのハウレンソウは、牛ふん窒素肥効10%想定区(前作コマツナでは30%肥効想定)、豚ふん窒素肥効30%想定区で著しく収量が高まった。これは前作コマツナ栽培時の施用したたい肥の肥効を低く想定しかつ窒素全量を代替した区のため多量のたい肥が施用されており、この残効によるものと考えられる。たい肥中の遅効的に効果を発する窒素の評価については、小柳らは酸性デタージェント可溶有機

物等の易分解ではない有機物中の窒素で評価することを提唱している(小柳ら, 2010)。牛ふんは全区で前作の窒素全量代替区がカリ代替区より収量が上回った。豚ふんも前作窒素全量30%区ではカリ代替区を上回ったが、それ以上の肥効率想定ではカリ全量区と同等であった。鶏ふんは、前作窒素全量代替区がカリ代替区の収量を上回ることにはなかった。これらから、カリ全量代替をたい肥施用上限とすれば、後作への残効は牛ふんと多量に施用した豚ふんを除き考慮の必要はないと考えられる。いずれにしても、次報で報告を行うが、土壌中への養分蓄積を考慮するには、窒素全量代替は、鶏ふん以外では厳しく、基本的にかリ若しくはリンを制限因子としてたい肥施用上限を設定するのが望ましいと考えられる。

また、堆肥の土壌中での分解は土壌の微生物によるものと考えられるので、土壌の生物多様性などの影響も考慮する必要があると考える。これは、今後の研究課題としたい。

3 推定された各たい肥の窒素肥効率と塩酸抽出窒素との関係

試験1により窒素の肥効を3段階にグルーピングし、それぞれのグループのモデルたい肥を試験2のコマツナ-ハウレンソウ連作栽培により詳細に妥当な窒素肥効率範囲を推定した。ここではその結果を再び元の試験1のたい肥成分分析とコマツナの窒素利用率試験にフィードバックした結果を述べる。図7に示すように、栽培試験で妥当と推定された各家畜ふんたい肥の窒素肥効率が0.5M塩酸抽出アンモニア態窒素により推定できる可能性が示唆された。

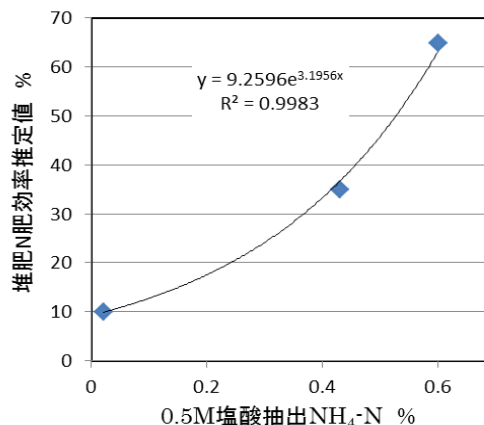


図7 栽培試験により推定された窒素肥効率と0.5M塩酸抽出アンモニア態窒素の関係

4 結論

県内で生産された3種の家畜ふんたい肥の窒素肥効率を栽培試験により推定した結果、牛ふんたい肥（0.5M 塩酸抽出アンモニア態窒素 0.02%）：10%、豚ふんたい肥（同 0.43%）：30～40%、鶏ふんたい肥（同 0.60%）：60～70%と推定された。窒素全量をたい肥のみで代替すると連用初回目はカリ全量代替法に比べ収量が劣り、2作目には牛ふんと豚ふんで残効が著しくなり施肥設計が困難となることが示唆された。これを解消するには、土壌診断と連用による影響の予測が必要となる。土壌養分の蓄積の回避と安定した施肥設計のためには、リン酸若しくはカリでたい肥施用量の上限を設定した上で、適切な窒素肥効に基づく施肥設計を行うことが肝要であると思われる。また、窒素肥効は0.5M 塩酸抽出アンモニア態窒素により推定可能であることが示唆された。

引用文献

- 小柳渉・棚橋寿彦（2010）：酸性デタージェント可溶性窒素による牛ふん堆肥および豚ふん堆肥の窒素肥効評価。土肥誌 81-2, 144-147
- 佐藤一弘・佐藤賢一・相崎万裕美・日高伸（2009）：埼玉県耕地土壌における肥料及び有機物施用の土壌化学性編に及ぼす影響。土肥誌講演要旨集 55, 124
- 棚橋寿彦（2011）：家畜ふん堆肥の窒素の形態解析に基づく実用的肥効評価法の開発。土肥誌 82-5, 357-359
- 棚橋寿彦・矢野秀治・伊藤元・小柳渉（2010）：牛ふん堆肥・豚ふん堆肥中のリン酸マグネシウムアンモニウム存在とその評価のための抽出法。土肥誌 81-4, 329-335
- 埼玉県農林部農業支援課（2013）：主要農作物施肥基準, 83
- 埼玉県農林部農業支援課（2013）：施肥改善指導マニュアル, 40