

ニンジンの夏まき栽培における菜種油かすの窒素肥効と鶏ふん堆肥の新窒素肥効評価法に基づく全量基肥施肥法の影響

井上勝広・大津善雄

キーワード：ニンジン，菜種油かす，鶏ふん，窒素無機化率

Effects of Fertilizer Application for Carrot based on Nitrogen Fertilizer Efficiency
of Rapeseed Meal and New Estimation Method of Composted Poultry Feeces

Katsuhiro INOUE・Yoshio OHTSU

目 次

1. 緒言	100
2. 材料および方法	100
1) 試験方法	100
2) 試験設計	100
3. 結果	101
1) 供試資材からの窒素供給量に基づく施用量	101
2) ニンジンの生育・収量・品質	101
3) 資材からの見かけの窒素吸収量	101
4) 資材の窒素無機化率	101
5) 跡地土壌の残存窒素量	102
6) 各資材の経費	102
4. 考察	104
5. 摘要	105
6. 引用文献	105
Summary	106

1. 緒言

家畜ふん堆肥の有効利用は、耕種側にとっては土づくり、施肥コストの削減、畜産側にとっては家畜排せつ物の廃棄処理コストの削減と耕畜双方にメリットがある。農業において、家畜ふん堆肥を有効に活用して、生産性を維持、向上するためには、含まれる肥料成分に注目する必要がある。堆肥として最も多く用いられている家畜ふん堆肥は、素材や製造法が多種多様なため、個々に成分含量が大きく異なる。肥料価格の高騰により家畜ふん堆肥の肥料成分の利用が注目されているが、家畜ふん堆肥は肥料または土壌改良資材としての位置づけが不明瞭であり、施用効果が明確に示されていないのが現状である。

高橋ら¹⁸⁾は家畜ふん堆肥を易分解性有機物、難分解性有機物に区分することにより堆肥の肥料的、土壌改良的特徴を推測できると報告している。さらに最近、家畜ふん堆肥中に含まれる窒素を基

肥として施用後1か月程度の間には作物に利用される速効性窒素と、追肥として1~3か月程度の間には利用される緩効性窒素に分け、それぞれを迅速に測定する分析手法（以下「新窒素肥効評価法」）が提案された⁹⁾。速効性窒素は基肥として化学肥料と同等に利用できる窒素で、その分基肥を減肥できる。緩効性窒素は土壌中での有機物の分解により発現する窒素で、作期が中長期の作物では、その分追肥を減肥できる。特に、鶏ふん堆肥の速効性窒素は全窒素含量により推定できることが報告されており、その方法で推定した⁹⁾¹⁹⁾。また、緩効性窒素は乾物1g当たり2mg（一定値）の設定で行った。

以下では、窒素肥効率に基づく菜種油かすと新窒素肥効評価法に基づく鶏ふん堆肥からの速効性窒素量を算出し、ニンジンの夏まき栽培においてその整合性を検討した。

2. 材料および方法

1) 試験方法

長崎県農林技術開発センター内の細粒黄色土露地圃場で、ニンジン「向陽二号（タキイ種苗）」の夏まき冬どり栽培を2012年度から2014年度の3か年行った。2012年度は9月3日に播種し、12月14日に収穫した。2013年度は8月23日に播種し、12月9日に収穫した。2014年度は9月11日に播種し、翌年1月8日に収穫した。栽植密度は1a当たり5,128株、試験規模は1区300株の3反復である。3か年とも前作に、ソルガムを無肥料で栽培し、クリーニング処理を行った。

収量調査は2012年度が30株×3反復、2013年度および2014年度が15株×3反復を採取し、1株ずつ全体重、根重、茎葉重を測定した。その後、全体重で平均に近い数株を選び、根と茎葉に分けて、新鮮重、乾物重を測定し、乾物率を求めた。乾物をそのまま微粉碎し、無機養分吸収量（N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO）の分析に供した。2014年度は収量調査時に奇形根の発生株数も調査した。また、栽培跡地土壌の化学性としてpH, EC, 無機態窒素、可給態P₂O₅, 交換性K₂O, CaO, MgOを分析した。植物体および栽培跡地土壌の化学分析は農林水産

省「土壌環境基礎調査における土壌、水質及び作物体分析法¹⁴⁾」に基づき行った。

2) 試験設計

試験の前年に、供試する菜種油かす、鶏ふん堆肥、牛ふん堆肥の窒素無機化率をガラス繊維ろ紙埋設法で測定した。2011年8月31日に深さ10cmに埋設し、1週間おきに掘り出して残存窒素量を分析した。窒素無機化率から菜種油かすの肥効率を70%とし、投入量を決定した（図1）。

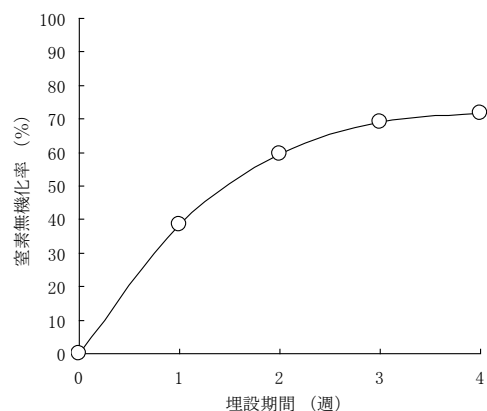


図1 菜種油かすの窒素無機化率

鶏ふん堆肥の速効性窒素量は新窒素肥効評価法⁹⁾より、下記式で求めた。

{全窒素 (DW%)}² - 2 (kg/乾物t) …… I 式

本試験で使用した菜種油かす、鶏ふん堆肥、牛ふん堆肥の成分特性をみるため、化学分析を行った。有機物の分析は「日本土壌協会堆肥等有機物分析法 (2010年版)¹²⁾」に基づき行った。

以上より、試験区の構成および施用量を表1の

表1 試験区の構成と施用量

区	区名	肥料	牛ふん堆肥	化学肥料由来			有機質資材由来			牛ふん堆肥由来			施用量 (kg/a)	経費 (円/a)
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
①	無施用	×	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
②	牛ふん堆肥のみ	×	○	-	1.0	1.0	-	-	-	2.1	2.9	4.6	150	972
③	化学肥料	速効性化学肥料	○	1.0	1.0	1.0	-	-	-	2.1	2.9	4.6	-	1,981
④	にんじん特号	にんじん特号	○	1.0	0.8	0.9	-	-	-	2.1	2.9	4.6	13	2,153
⑤	菜種油かす	菜種油かす	○	-	-	-	1.4	0.6	0.3	2.1	2.9	4.6	25	2,186
⑥	鶏ふん堆肥	鶏ふん堆肥	○	-	-	-	3.5	4.0	4.1	2.1	2.9	4.6	132	2,290

単位はkg/a. 鶏ふん堆肥・菜種油かすとも速効性窒素は1.0kg相当。③化学肥料区は硫安4.9kg+過石2kg+硫加5.7kg。④にんじん特号はN:P₂O₅:K₂O:MgO=8:6:7:1.5の有機15%入り配合肥料。堆肥はバラ堆肥。経費は2012年8月現在の税込み価格

3. 結果

1) 供試資材からの窒素供給量に基づく施用量

本試験で用いた有機質資材の化学性を表2に示した。全窒素および硝酸態窒素含量は、菜種油かすが最も多く、次いで鶏ふん堆肥、牛ふん堆肥の順であった。鶏ふん堆肥の全窒素含有率は3.41%であった。EC、アンモニア態窒素、リン酸、石灰、苦土含量は鶏ふん堆肥が最も多く、特に、石灰含量は28.0%と極めて多かった。また、菜種油かす、鶏ふん堆肥のC/N比は低かった。

供試した菜種油かすは窒素6.60%、窒素肥効率70%であったことから、速効性窒素放出量に対する菜種油かすの投入量は図2のとおりである。ニンジンの標準窒素施用量は1.0kg/aであることから、菜種油かすの投入量は24.5kg/a (水分11.6%、乾物投入量は21.7kg/a) とした。

鶏ふん堆肥は乾物当たり窒素3.41%であった。新窒素評価法の速効性窒素量はI式により乾物1t当たり9.6kgであり、標準窒素施用量1a当たり1.0kgに相当する現物投入量は図3に示すとおり132kg/a (水分21.2%、乾物投入量は104kg/a) であった。

2) ニンジンの生育・収量・品質

⑥鶏ふん堆肥区で奇形根の発生率が顕著に高か

とおりとした。

②～⑥区の牛ふん堆肥施用量は1a当たり150kgで、③区の硫酸アンモニア (硫安)、過りん酸石灰 (過石)、硫酸カリ (硫加) はそれぞれ4.9kg、5.7kg、2.0kg、④区のにんじん特号は12.5kgとした。③～⑥区の速効性窒素成分は1a当たり1.0kgに揃えた。

った (表3)。

茎葉の生育量は生育初期から③化学肥料区が最も旺盛であり、根の重量も同様であった (図4)。次いで⑥鶏ふん堆肥区、⑤菜種油かす区、④にんじん特号区の順で、この状況は収穫時まで続いた。総収量は③化学肥料区が最も多く、次いで⑥鶏ふん堆肥区であった (表4)。可販収量は③化学肥料区が最も多く、次いで⑤菜種油かす区であった。

3) 資材からの見かけの窒素吸収量

乾物重、無機養分含有量は、③化学肥料区が最も多く、次いで⑥鶏ふん堆肥区、⑤菜種油かす区、④にんじん特号、②牛ふん堆肥のみ区、①無施用区の順であり、総収量と同じ傾向であった (表5)。

各資材由来の見かけの窒素吸収量は次のとおりであり、速効性化学肥料と鶏ふん堆肥で効率的に吸収された (図5)。

【牛ふん堆肥】②区-①区=164g/a.

【速効性化学肥料】③区-②区=489g/a.

【にんじん特号】④区-②区=199g/a.

【菜種油かす】⑤区-②区=217g/a.

【鶏ふん堆肥】⑥区-②区=427g/a.

4) 資材の窒素無機化率

供試した有機質資材の実際の窒素無機化率は、菜種油かすで4週後に71.8%，8週後に77.1%であった(図6)。鶏ふん堆肥の窒素無機化率は4週後に53.8%，8週後に56.6%であった。

5) 跡地土壌の残存窒素量

栽培跡地土壌の無機態窒素量は、全区とも少なかった(表6)。

6) 各資材の経費

各種資材の経費は鶏ふん堆肥区が最も高く、次いで菜種油かす区、にんじん特号区で、速効性化学肥料区が最も安価であり、菜種油かす区、鶏ふん堆肥区の経費は速効性化学肥料区より10～15%高かった(表1)。

表2 供試した有機質資材の化学性

有機質資材	pH	EC	水分	全炭素	全窒素	C/N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	リン酸	加里	石灰	苦土
	H ₂ O	(mS/cm)	(%)	(%)	(%)	比	(mg/100g)	(%)	(%)	(%)	(%)	
菜種油かす	5.7	1.75	11.6	47.4	6.60	7.2	43	87	2.75	1.56	1.2	1.1
鶏ふん堆肥	8.8	5.91	21.2	28.8	3.41	8.4	329	19	3.93	4.01	28.0	2.3
牛ふん堆肥	8.6	4.94	41.5	39.4	2.43	16.2	183	13	3.35	5.25	3.2	1.9

水分は現物当たり. 他は乾物当たり

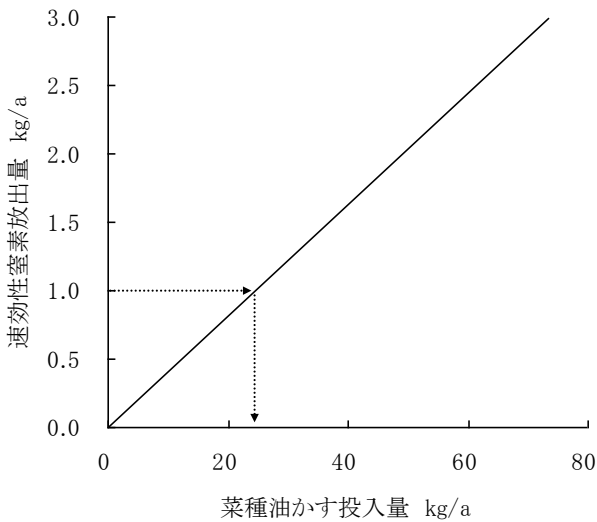


図2 菜種油かす投入量と速効性窒素放出量
全窒素濃度6.6DW%, 窒素無機化率70%

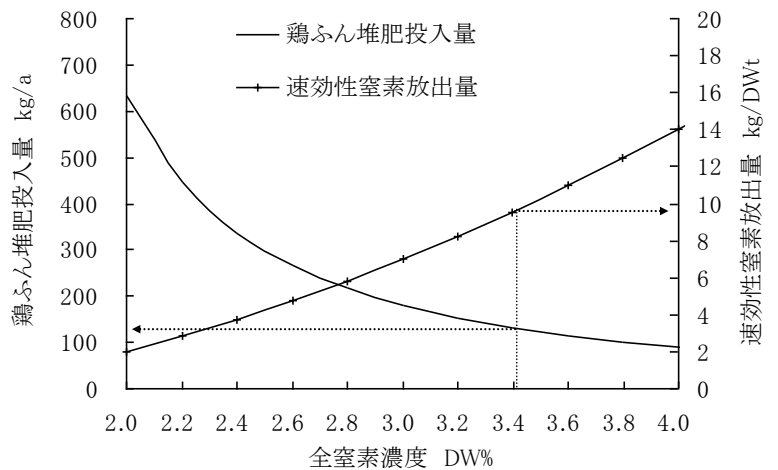


図3 速効性窒素1.0kg/a(標準量)を放出する
鶏ふん堆肥投入量

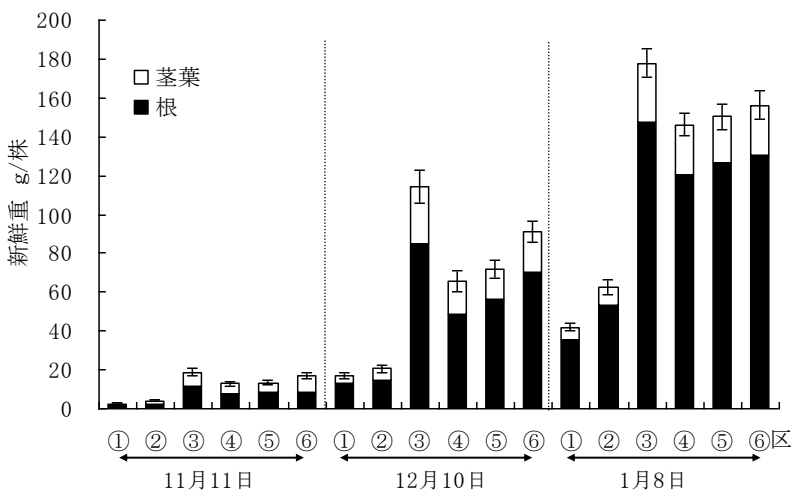


図4 ニンジンの生育量
エラーバーは全体(茎葉+根)の標準誤差

表3 奇形根の発生率

区	区名	奇形根発生率 (%)
①	無施用	0.0 b
②	牛ふん堆肥のみ	1.8 b
③	化学肥料	4.4 b
④	にんじん特号	4.0 b
⑤	菜種油かす	4.4 b
⑥	鶏ふん堆肥	37.8 a

異符号間には逆正弦変換後のTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり(n=45)

表4 収量性

区	区名	新鮮重 (g/株)			総収量 (kg/a)	可販収量 (kg/a)	
		全体	葉	根		指数	指数
①	無施用	70 e	11 d	59 e	301	301	64
②	牛ふん堆肥のみ	98 d	17 c	81 d	416	408	87
③	化学肥料	172 a	32 a	139 a	715	683	145
④	にんじん特号	119 c	23 b	96 c	491	471	100
⑤	菜種油かす	139 b	25 b	114 b	585	559	119
⑥	鶏ふん堆肥	153 b	26 b	126 ab	648	403	85

3か年平均. 指数は対照区を100とした場合の割合(%)

同列の異符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり(n=180)

表5 乾物重, 無機養分含有量

部位	区	区名	乾物重 (g/株)	無機養分含有量(mg/株)				
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
茎葉	①	無施用	1.8 c	38 b	4 b	86 c	44 a	3 b
	②	牛ふん堆肥のみ	2.6 bc	53 ab	6 ab	118 bc	60 a	5 ab
	③	化学肥料	4.9 a	89 a	10 a	239 a	99 a	10 a
	④	にんじん特号	3.6 abc	69 ab	7 ab	174 abc	77 a	7 ab
	⑤	菜種油かす	3.7 abc	67 ab	7 ab	179 ab	78 a	7 ab
	⑥	鶏ふん堆肥	4.2 ab	85 a	8 ab	218 a	78 a	9 a
根	①	無施用	6.7 b	44 b	12 b	153 c	13 c	4 c
	②	牛ふん堆肥のみ	8.7 ab	60 ab	16 ab	205 bc	17 bc	6 bc
	③	化学肥料	15.0 a	120 a	28 a	371 a	30 a	11 a
	④	にんじん特号	11.4 ab	83 ab	21 ab	282 ab	23 ab	8 ab
	⑤	菜種油かす	12.7 ab	88 ab	23 ab	303 ab	25 ab	9 ab
	⑥	鶏ふん堆肥	14.1 ab	112 a	26 ab	339 a	27 ab	10 ab
全体	①	無施用	8.5 b	81 b	15 b	238 c	57 b	7 c
	②	牛ふん堆肥のみ	11.4 ab	113 ab	22 ab	323 b	77 ab	11 bc
	③	化学肥料	19.9 a	209 a	38 a	611 a	129 a	21 a
	④	にんじん特号	15.0 ab	152 ab	28 ab	456 ab	99 ab	14 ab
	⑤	菜種油かす	16.4 ab	156 ab	30 ab	482 ab	103 ab	16 ab
	⑥	鶏ふん堆肥	18.3 a	197 a	34 a	557 a	105 ab	19 ab

3か年平均. 同部位同列の異符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

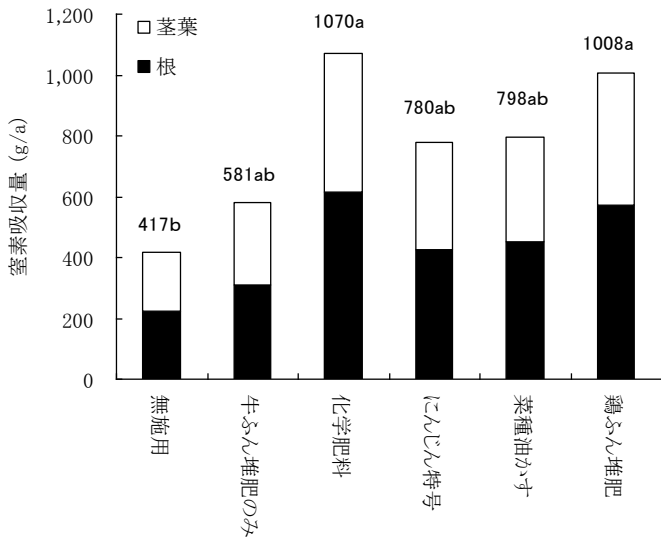


図5 見かけの窒素吸収量

異符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

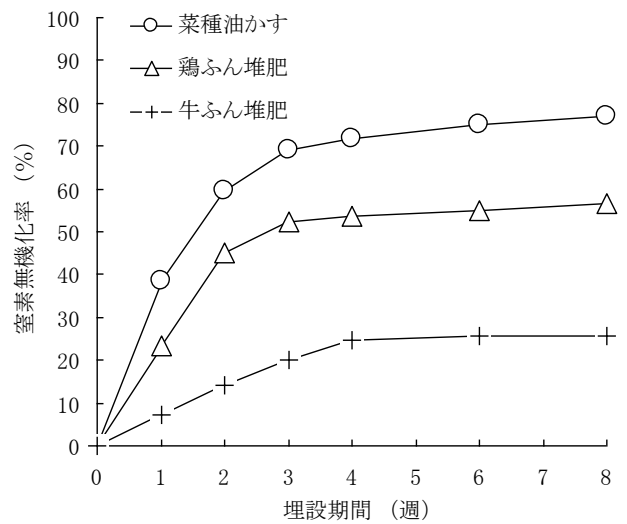


図6 有機質資材の窒素無機化率

表6 栽培跡地土壌の化学性

区	区名	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	Ino-N		可給態P ₂ O ₅ (mg/100g)	交換性塩基 (mg/100g)		
				(mg/100g)			K ₂ O	CaO	MgO
①	無施用	6.7 a	0.02 c	0.28 a	25.6 c	23 b	114 d	22 d	
②	牛ふん堆肥のみ	6.8 a	0.04 bc	0.32 a	32.1 bc	35 ab	188 c	38 c	
③	化学肥料	6.8 a	0.05 ab	0.44 a	42.1 ab	42 ab	286 ab	53 b	
④	にんじん特号	7.0 a	0.05 ab	0.59 a	38.9 ab	47 ab	308 ab	57 b	
⑤	菜種油かす	6.9 a	0.04 ab	0.51 a	41.3 ab	44 ab	276 b	57 b	
⑥	鶏ふん堆肥	7.0 a	0.07 a	0.69 a	62.4 a	61 a	341 a	63 a	

3か年平均. 同列の異符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

4. 考 察

生育量が多い処理区ほど総収量も多い傾向にあった。夏まき栽培では秋期に茎葉を早く大きくして、光合成能を増大させることが増収に結びつくと考えられた。

一般に、菜種油かすや鶏ふん堆肥等の有機質資材では、易分解性有機物の分解により無機態窒素を供給する。易分解性有機物は土壌微生物を活性化させる一方で、急激な分解に伴って作物の生育障害の原因にもなる³⁾。それに対し、難分解性有機物は土壌に残留、蓄積することにより団粒形成等いわゆる土壌改良効果をもたらす¹³⁾。近年、注目されている有機物施用による土壌での炭素貯留（二酸化炭素固定）もこの難分解性有機物によるものである¹⁵⁾。このように有機質資材の分解特性評価は農耕地への施用場面においてとても重要となる。

長崎県内の水田、畑地、樹園地では、難分解性有機物の投入量が増加している半面、易分解性有機物の減少がみられる^{5, 6, 7)}。この原因として長崎県ではオガクズ等のリグニンを多く含む木材残さを水分調整材として使った牛ふん堆肥が主流であることと、完熟発酵していない未熟堆肥が農耕地に施用されていることが挙げられる。

ニンジン栽培試験で菜種油かすを施用することにより、慣行の化学肥料（にんじん特号）と同等以上の可販収量が得られたことから、菜種油かすをニンジンの基肥に利用することで、化学肥料の代替となり得ると判断された。

また、菜種油かすの窒素肥効率は、既報において70%とするものが最も多く、本試

験の結果もそれに一致した（表7）。

また、本試験では菜種油かす区の生育阻害は確認されなかったが、田知本ら¹⁷⁾は菜種油かすにはフェノール等の発芽、生育阻害物質が含まれると報告しており、播種日の2週間くらい前に施用するのが望ましいと思われる。

一方、鶏ふん堆肥は全窒素濃度が増加するほど、窒素無機化率が上がり、窒素無機化量が増加する¹⁹⁾、有機質肥料の無機化には土壌微生物が関与するため、その活性は地温に影響される¹⁾。

本試験の鶏ふん堆肥の肥効率は、{(速効性窒素 9.6kg + 緩効性窒素 2kg) ÷ (1000kg × 3.41%)} × 100 = 34%であった。慣例的な目安の鶏ふん堆肥の肥効率 70%¹⁰⁾からすれば半分以下である。そのため、鶏ふん堆肥の施用量が増え、全窒素投入量は高くなった。しかしながら、供試した鶏ふん堆肥からの実際の窒素無機化率が50～60%（図6）であったことから、投入量は本試験の半分程度に減らせるのではないと思われる。

ニンジン栽培試験で鶏ふん堆肥を利用した場合、慣行（にんじん特号）より総収量では上回るものの、奇形根の多発により可販収量は大きく下回っ

表7 菜種油かすの窒素肥効率、窒素肥効量

算出方法 (出典, 年)	窒素	窒素
	肥効率 (%)	肥効量 (kg/DWt)
佐藤2010 ¹⁶⁾	55	36.3
郡司掛1999 ²⁾	56	37.0
許斐ら1984 ¹¹⁾ , 井上ら1991 ⁸⁾ , 上之菌ら2004 ²⁰⁾	70	46.2
藤沼・田中1972(平均) ¹⁾	78	51.5

全窒素濃度は乾物当り6.60%として比較(表2)

窒素肥効率は文献に基づく

窒素肥効量 = 全窒素濃度 × 窒素肥効率 × 1000

た。これは鶏ふん堆肥そのものの害なのか、鶏ふん堆肥の量が多すぎることによる濃度障害なのか判然としない。少なくともニンジン栽培において、鶏ふん堆肥の施用には注意する必要がある。

本試験では、新窒素肥効評価法のI式を鶏ふん堆肥の速効性窒素放出量とみなし、基肥として利用する施肥設計で栽培を実施した。一方で、新窒素肥効評価法で鶏ふん堆肥の速効性窒素の形態であるアンモニア態窒素と尿酸態窒素放出量の合計

がI式と必ずしも一致しないという報告もある⁴⁾。

本試験は暖地の8~9月という地温が高い時期に鶏ふん堆肥を利用したため、新窒素肥効評価法で想定される有効態窒素量よりも多く溶出したと判断された。

以上のとおり、鶏ふん堆肥の新窒素肥効評価法と実際の窒素供給量に差が認められることから、投入量や方法などが今後の課題として残された。

5. 摘要

窒素肥効率に基づく菜種油かすと新窒素肥効評価法に基づく鶏ふん堆肥からの速効性窒素量を算出し、ニンジン栽培における全量基肥施肥法について検討した結果、

①速効性化学肥料の利用が最も優れた収量性を示した。

②窒素肥効率に基づく菜種油かすの利用は、化

学肥料代替施肥法として可能であった。

③新窒素肥効評価法に基づく鶏ふん堆肥の利用では施用量が多く、奇形根の発生率が高くなり、可販収量は少なくなった。

④菜種油かす区や鶏ふん堆肥区の経費は速効性化学肥料区より10~15%高かった。

6. 引用文献

- 1) 藤沼善亮・田中房江：有機質肥料に関する研究 第1報 各種有機質肥料の窒素の無機化について，農技研肥料化学科資料，168，1-45（1972）
- 2) 郡司掛則昭：農業技術大系土壌施肥編7(1)，有機質肥料の分解特性，農文協，肥料p.256の2 - 256の8（1999）
- 3) 原田靖生：農業技術大系畜産編8，家畜ふん堆肥の腐熟度，農文協，p.127-133（1993）
- 4) 市川あゆみ・増田達明・山田尚美・鈴木良地・榊原幹男：新窒素肥効評価法における家畜ふん堆肥の分析値と窒素肥効，愛知農総試研報，42，125-133(2010)
- 5) 井上勝広・藤山正史・前田ゆかり・大津善雄・田中俊憲：長崎県における農耕地土壌の理化学性の実態と経年変化 第1報 畑土壌，長崎総農林試研報，25，59-68（1999）
- 6) 井上勝広・永尾嘉孝・難波信行・神田茂生・永田浩久：長崎県における農耕地土壌の理化学性の実態と経年変化 第2報 水田土壌，長崎総農林試研報，25，69-80（1999）
- 7) 井上勝広・藤山正史・大津善雄・里中利正・清水マスヨ・大井義弘：長崎県における農耕地土壌の理化学性の実態と経年変化 第3報 水田，普通畑，樹園地の30年間の変化，長崎農技セ研報，5，85-92（2014）
- 8) 井上恵子・山本富三・角重和浩・末信真二：水稲に対するナタネ油粕の施用法，福岡農総試研報，A-11，9-14(1991)
- 9) 実用技術開発事業18053マニュアル作成委員会：家畜ふん堆肥の肥料成分・窒素肥効評価マニュアル，農研機構中央農研セ（2010）
- 10) 関東土壌肥料専技会：現場の土づくり．施肥，JA全農東京支所肥料農薬部，p.155-158（1996）
- 11) 許斐健治・中島靖之・伊東嘉明：野菜に対する有機質肥料の施用効果 第1報 有機質肥料の窒素無機化パターン，福岡農総試研報，B-4，63-66(1984)
- 12) 日本土壌協会：堆肥等有機物分析法，p.23-42（2000）
- 13) 西尾道徳：有機栽培の基礎知識，農文協，

- p. 89-116 (1997)
- 14) 農水省農蚕園芸局：土壤環境基礎調査における土壤、水質及び作物体分析法，p. 44-88 (1979)
- 15) 太田 健・湊山律子・草場 敬：有機物などの長期連用が土壤炭素含量におよぼす影響 土壤環境基礎調査基準点調査データベースを活用した解析，土肥学要旨集，56，99 (2010)
- 16) 佐藤紀男：コマツナの連続栽培による各種有機質肥料の窒素肥効特性，土肥誌，81，557-562 (2010)
- 17) 田知本正夫・小林達治・高橋英一：ナタネ油カス分解産物中の植物生育阻害物質，土肥学要旨集，30，162(1984)
- 18) 高橋朋子・山田正幸・鈴木睦美・浦野義雄：易分解性有機物による堆肥の品質評価，群馬畜試研報，6，90-99 (1999)
- 19) 棚橋寿彦・矢野秀治：鶏ふん堆肥の窒素含量に基づく肥効推定法，土肥誌，75，257-260 (2004)
- 20) 上之菌 茂・長友 誠・高橋 茂・國枝栄二・山室成一：重窒素標識法による鶏ふん堆肥およびオガクズ牛ふん堆肥の水稻に対する窒素供給能の評価，土肥誌，75，313-319 (2004)

Summary

Costs of composted poultry and rapeseed meal were equivalent to chemical fertilizer. Use of fast-acting chemical fertilizer was the most high-yield.

Method of fertilizer application for carrots based on nitrogen fertilizer efficiency of rapeseed meal were able to substitute for chemical fertilizer.

But new estimation method of composted poultry feces were not able to substitute for chemical fertilizer for the malformation rate increases.