

Ⅲ 施肥低減に向けた堆肥等有機物の活用

1 堆肥等有機物の活用

(1) 堆肥生産の概要と施用上の留意点

堆肥とは、ワラ、粃殻、樹皮、動物の排せつ物その他の動植物質の有機質物（汚泥及び魚介類の臓器を除く）をたい積または攪拌し、腐熟させたものである。かつて、ワラ類などの植物資材をたい積発酵したものを「堆肥」、家畜ふん尿をたい積発酵したものを「きゅう肥」とわけていたが、今日では家畜ふんにワラやおが屑、粃殻等を混合するように複合化して堆肥化するものが多いため、「堆肥」と総称される。一般的に、主原料が植物質資材よりも家畜ふん尿を含む堆肥のほうが、肥料的な効果が高い。

堆肥には、作物に必要な養分である、窒素、リン酸、カリをはじめ、石灰、苦土、ケイ酸やいくつかの微量元素を含む。また、有機物に富む堆肥がほとんどのため、施用することで、土壌が膨軟になり、保水性、排水性などが改善され、土づくりにも効果的である。このように、堆肥の施用は、土壌の物理的、化学的、生物学的性質を良好に保ち、可給態窒素等の養分を持続的に供給し、農地の生産力の維持増進を図るために極めて重要な役割を果たす。

このため、堆肥は、土壌に施用しても作物が生育障害を起こすことなく、土壌微生物に活動のエネルギーを十分に与えて地力を維持し、作物の生産性を高めるような有機成分組成となるまで腐熟したものである必要がある。十分に腐熟していない未熟な堆肥には、微生物の栄養源である炭水化物、タンパク質、脂肪などである動植物体の未分解有機物を多く含むため、そのまま土壌に施用した直後に微生物が大繁殖し、作物生育を阻害する可能性がある。未熟な堆肥の場合には使用に十分な注意が必要である。作物と土壌にとって安全な堆肥は、①未分解の有機物が少ない、②病原菌や雑草の種子を含まない、③適切な炭素率（C/N比）である、④適度な水分である、⑤生ふん臭などの悪臭を発しない、⑥成分が安定している等であり、現在、一般的に流通している堆肥は、堆肥化施設において、家畜ふん尿の主原料にワラや粃殻などの副資材を混合し、切り返し作業を何度も行うことで微生物活動を活性化させながら2ヶ月以上の時間をかけて製造されている。

(2) 秋田県における堆肥の生産量

県内の堆肥生産は、堆肥化施設の設置が進み、積雪寒冷地ではあるが比較的容易に堆肥が生産されるようになっている。次表に示すとおり、牛、豚を中心に、県全体で約7万5千tの堆肥生産能力がある（表Ⅲ－1）。

本県における2014年度の家畜排せつ物量は、1,030千t（乳用牛100千t、肉用牛175千t、豚644千t、採卵鶏100千t、ブロイラー11千t）と推計されている。このうち、約4割（412千t）が浄化処理、約6割（618千t）が農業利用されている。これを堆肥換算量にすると359千tとなり、畜産農家の自家利用の約102千tを含め、全量が農地に還元されている。

家畜飼養頭数については、大規模団地の増加等により2025年度までに乳用牛、肉

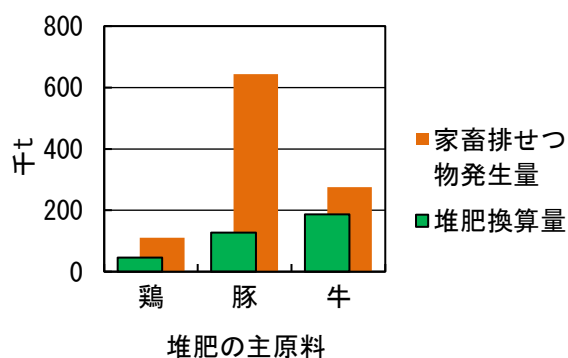
用牛で約37,290頭、豚が約330,000頭を目標としており、それに伴い家畜排せつ物量および堆肥生産量も増加が見込まれる。

表Ⅲ－１ 本県における地域別・地区種別の堆肥生産能力

(単位：t)

地域	畜種別					籾殻	計
	鶏	豚	牛	牛・豚	その他		
鹿角		7,205					7,205
北秋田	2,180		1,965				4,145
山本			3,450	3,500			6,950
秋田			1,350		360	2,602	4,312
由利			4,838			600	5,438
仙北		5,650	1,750		4,300	1,768	13,468
平鹿		2,300		500	4,000		6,800
雄勝			5,591	9,099	2,570		17,260
計	2,180	15,155	18,944	13,099	11,230	4,970	65,578

注) 秋田県稲作指導指針(2022年)より作表。



図Ⅲ－１ 秋田県における家畜排せつ物の発生量と堆肥換算量

注) 秋田県家畜排せつ物利用促進計画(2016年)より作図



写真Ⅲ－１ 大規模な堆肥化施設の様子

2 堆肥等有機物の活用による肥料代替

(1) 堆肥施用時の肥料代替

ア 堆肥の肥料成分含有量

家畜ふん堆肥は、原料となる畜種や副資材によって成分や肥効が大きく異なり、また、堆肥に含まれる各種の肥料成分は、必ずしもバランスが良いわけではない。一般に、鶏ふんや豚ふんを主原料とする堆肥は窒素、リン酸、カリ等を多く含み、逆に牛ふんを主原料とする堆肥はそれらの成分が少ない傾向にある（表Ⅲ－２）。

さらに、連用した場合、例えば鶏ふんを主原料とする堆肥中の石灰（CaO）のように、肥料成分の偏りによる収量、品質の低下や、圃場外への溶脱による環境負荷等も懸念される。したがって、堆肥の施用にあたっては、成分や肥効に留意するとともに、連用する場合は定期的に土壌診断を実施し、その結果を考慮して化学肥料と上手に組み合わせ、土壌中の養分バランスを崩すことがないように配慮することが必要である。

表Ⅲ－２ 家畜ふん堆肥現物 1 t 当たりの肥料成分量

主原料	堆肥センター		炭素率 (C/N)	現物 1 t 当たりの肥料成分量 (kg/t)				
	略号	所在地		窒素 (N)	リン酸 (P ₂ O ₅)	カリ (K ₂ O)	石灰 (CaO)	苦土 (MgO)
鶏	A	秋田市	4	35	52	41	179	21
"	B	大館市	11	16	32	28	119	16
"	C	能代市	10	11	29	12	114	13
豚	D	小坂町	6	29	76	34	97	43
豚＋鶏	E	横手市	9	23	40	20	49	15
牛	F	北秋田市	23	6	5	12	7	4
"	G	北秋田市	18	8	7	19	8	6
"	H	三種町	19	6	4	6	24	3
"	I	大仙市	17	6	11	11	10	5
牛＋豚	J	横手市	10	13	20	28	34	9
"	K	羽後町	11	15	23	23	31	14
"	L	湯沢市	16	11	15	17	10	10

注) 年間の生産量が1千 t 以上の堆肥センター12カ所の堆肥を対象とした（2007～2009年）。

イ 堆肥の肥料代替量とは

堆肥に含まれる窒素（N）、リン酸（P₂O₅）、カリ（K₂O）等の肥料成分は、その全てが作物に吸収可能なわけではない。ここでは、各肥料成分量に対して、作物が吸収できる量の割合を肥料代替率と言い、これに各肥料成分の含有量を掛け合わせたものを肥料代替量と定義する。各作物の施肥設計に際して、この肥料代替量の分だけ化学肥料を減らすことが可能となる。

(2) 窒素(N)の肥料代替量

窒素は、肥料成分の中で作物生育にもっとも強く影響する成分である。堆肥をうまく活用するには、堆肥に含まれる窒素の効き方を考慮する必要がある。

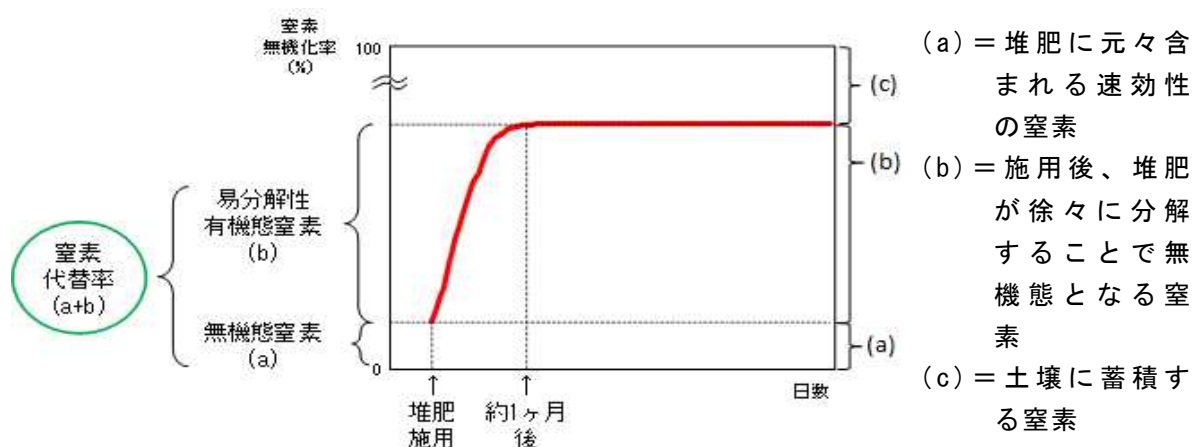
一般に堆肥に含まれる窒素は、作物に対して速く効く部分（無機態窒素）と、施

用後に堆肥が徐々に分解して効いてくる部分（易分解性有機態窒素）、一作では有効化せず土壤に蓄積する部分（c）とに分けることができる。無機態窒素と易分解性有機態窒素の全窒素に占める割合をそれぞれ a、b とすると、両者を合計したものが窒素の肥料代替率（窒素代替率）と見なすことができる。そして、堆肥に含まれる全窒素量に窒素代替率を乗じたものが窒素の肥料代替量（窒素代替量）となる（図Ⅲ－２）。

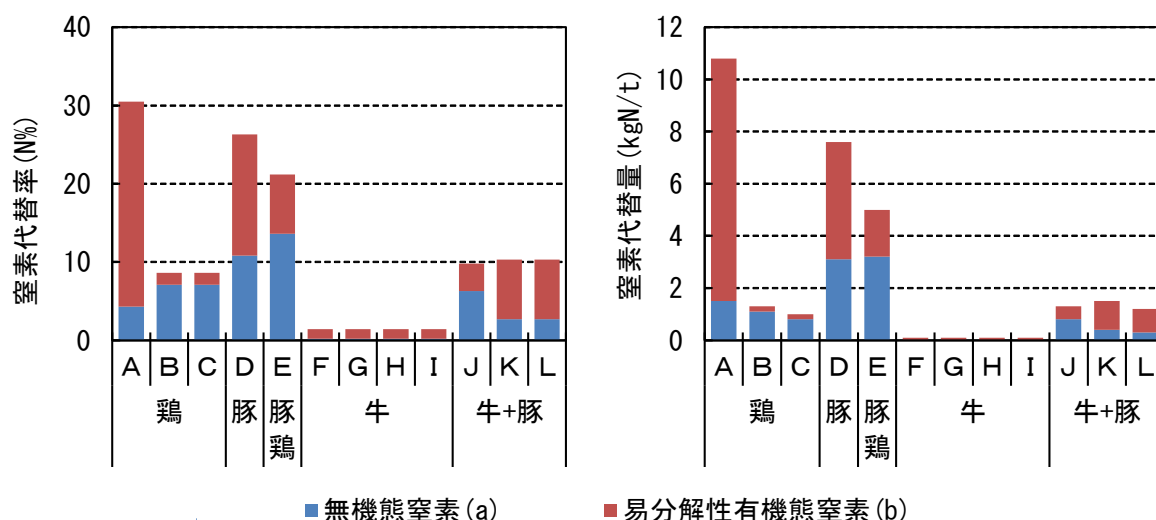
家畜ふん尿を主原料とする堆肥は、総じて易分解性有機態窒素(b)の無機化が早く、施用後の気象条件にもよるが、おおむね1ヶ月程度で無機化率が一定となる。

窒素の肥料代替率は、主原料となる家畜ふん尿の畜種や添加する副資材によって大きく変動する（図Ⅲ－３）。例えば、堆肥Aは鶏ふんを主体とする堆肥だが、戻し堆肥を混合し副資材を混合していないため、他の鶏ふんを主原料とする堆肥に比べ a、b とも高くなっている。また、無機態窒素（a）の多い堆肥は、施用後そのまま放置すると降雨により窒素が流亡する可能性があるので、施用したら速やかに耕起して土壤と混和することが大切である。

なお、堆肥中の肥料代替分以外の窒素は、土壤に蓄積し、地力窒素として次年度以降に徐々に効いてくる（c）。



図Ⅲ－２ 家畜ふん堆肥の窒素無機化のイメージと窒素代替率



図Ⅲ－３ 堆肥の窒素代替率（左）と現物1t当たりの窒素代替量（右）

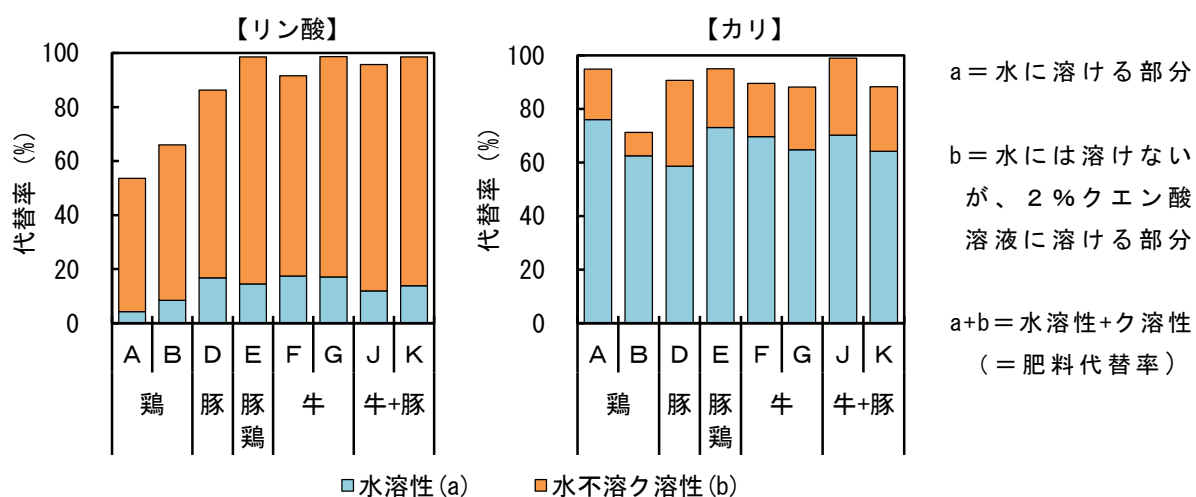
(3) リン酸 (P_2O_5)・カリ (K_2O) の肥料代替率

堆肥に含まれるリン酸、カリについても、全てが作物に吸収可能なわけではない。一般に、水に溶けやすい部分（水溶性）が速効的であるが、2%クエン酸溶液に溶けやすい部分（ク溶性）は土壤中ですぐに有効化してくることが分かっている。そこで、堆肥中の全リン酸、全カリに占めるク溶性のリン酸、カリの割合をそれぞれの肥料代替率とした。

各堆肥のリン酸、カリの代替率はそれぞれ、おおむね50~100%弱、70~100%弱となっており、窒素の代替率に比べると高くなっている。また、窒素と異なり、畜種による代替率の違いはそれほどないと思われる（図Ⅲ-4）。

水溶性リン酸の割合は数%から20%程度となっている。水溶性リン酸は、堆肥の施用後速やかに水に溶けるが、土壌中のカルシウム（Ca）、鉄（Fe）、アルミニウム（Al）等と結合し不溶化しやすい性質がある。このため、代替率に占める水溶性リン酸の少ない堆肥の方が、作物に吸収されやすいと考えられる。

一方、カリは肥料代替率に占める水溶性の割合が高く、塩化カリや硫酸カリ等の化学肥料に近い肥効があると考えられる。



図Ⅲ-4 家畜ふん堆肥のリン酸・カリの肥料代替率

(4) 堆肥施用時の注意

県内の主要な堆肥の窒素・リン酸・カリの肥料代替率を整理すると、表Ⅲ-3のようになる。堆肥1t当たりの肥料代替率と量は堆肥の主原料によって大きく異なるが、総じて豚ふん、鶏ふんを主原料とするものは多く、牛ふんを主原料とする堆肥は少ない傾向にある。肥料代替量の多いAやDなどの堆肥を機械的に1tあるいは2tなどと施用すると、必要以上の肥料分が投入されることとなり、作目によっては収量や品質の低下が生じたり、病虫害の発生が助長されたりする懸念も生じる。したがって、施用する堆肥と栽培する作目の特性を考慮しつつ、適切な施肥体系を構築する必要がある。

表Ⅲ－３ 家畜ふん堆肥の窒素、リン酸、カリの肥料代替率と堆肥１ｔ当たりの肥料代替量

堆肥の 主原料	堆肥センター		肥料代替率（％）			肥料代替量（kg/t）		
	略号	所在地	窒素 (N)	リン酸 (P ₂ O ₅)	カリ (K ₂ O)	窒素 (N)	リン酸 (P ₂ O ₅)	カリ (K ₂ O)
鶏	A	秋田市	30.5	53	95	10.8	28	39
〃	B	大館市	8.5	67	71	1.3	21	20
〃	C	能代市	8.5	67	71	0.9	19	8
豚	D	小坂町	26.3	86	91	7.6	66	31
豚＋鶏	E	横手市	21.2	99	95	4.9	40	19
牛	F	北秋田市	1.4	92	90	0.1	5	11
〃	G	北秋田市	1.4	99	88	0.1	7	17
〃	H	三種町	1.4	99	88	0.1	4	6
〃	I	大仙市	1.4	92	90	0.1	10	9
牛＋豚	J	横手市	9.9	99	88	1.3	20	25
〃	K	羽後町	10.3	96	99	1.5	22	23
〃	L	湯沢市	10.3	96	99	1.2	15	16

注１）窒素の肥料代替率は、堆肥に含まれる無機態窒素と、施用後に堆肥から無機化する窒素の含量である。

２）リン酸(P₂O₅)、カリ(K₂O)の肥料代替率は、堆肥中の全リン酸、全カリ量に占める水溶性とク溶性の割合の合計である。

３）肥料代替量は、肥料代替率に現物１ｔ当たりの肥料成分量を乗じて求めた。

3 水稻における堆肥利用

(1) 水稻作における施肥の現状と堆肥の活用について

近年のイネ作りは、消費者のコメ離れや良食味米への志向もあり、収量より品質が重視されるようになってきた。また、ほ場の大区画化や経営面積の拡大などから、きめ細かい追肥作業が困難になりつつある。そのため、コメのタンパク質含有率を上げないように施肥窒素量を節減しつつ、本田で必要な肥料を基肥一回で済ますために、窒素利用効率の高い施肥技術が求められている。

一般に、600kg/10aの玄米収量を得るために、水稻は窒素を10a当たり11～12kgほど吸収する。本県の水田ほ場では、水稻が吸収する窒素のうち7～8kgほどがいわゆる「地力窒素」から供給されるので、差し引きした4～5kgを肥料で効率よく与えなくてはならない。近年普及が目覚ましい肥効調節型肥料の中には、苗箱施肥や側条施肥と組み合わせることで、窒素の利用率が70～80%にも達するものがある。これを配合した肥料が多数製品化されており、中でも「基肥一発型肥料」と称するものは、水稻が一作期に必要な窒素を基肥一回で施肥できるように設計されている。

しかし、一発型肥料の中には、窒素を高濃度で配合するために、リン酸・カリの割合を極端に低く設計した製品も珍しくない。また、肥料価格の高騰や米価の低迷により、水田への土づくり資材の施用量は減少しつつあるのが現状である。

Ⅲ－1で述べたように、県内の主要な堆肥センターで生産される堆肥には肥料成分を豊富に含むものが多数ある。堆肥や有機肥料を用いた農産物は有利販売につながることも多く、水稻作においても、堆肥と利用効率の高い施肥技術を組み合わせることで、「特別栽培米」の生産が可能である。また、近年不足しがちな土づくり資材としての効果も期待できるので、水稻作での堆肥の利活用をぜひ検討してほしい。

しかし、窒素の施用量が多すぎると倒伏や減収、品質低下を招く恐れがあるので、堆肥の利用に当たっては窒素の肥効に留意することが大切である。そこで、この項ではまず、堆肥に含まれる窒素が水稻の生育、収量等に与える影響について、窒素代替量の観点から解説する。次に、堆肥の窒素代替量を活用した水稻栽培について、現地の実例を交えながら紹介する。

(2) 窒素代替量の異なる堆肥の施用効果

Ⅲ－1に例示した堆肥のうち次表に掲げた5種類の製品を用いて、窒素代替量の違いが水稻の生育・収量等に及ぼす影響について検討した結果を紹介する。この中には、窒素代替量が多く10a当たり1tの施用量では窒素過剰と思われるものもあったため、堆肥の施用量を全て500kg/10aに統一して試験した。また、施肥法は「育苗箱全量施肥」とし、施肥量を10a当たり窒素4kgに揃えている。

表Ⅲ－４ 家畜ふん堆肥と育苗箱全量施肥の組み合わせによる栽培試験の概要

試験区 No.	略号 ¹⁾	主原料	現物 施用量 (kg/10a)	堆肥 ²⁾ 肥料代替量 (kg/10a) ³⁾			備考（各区共通）
				窒素	リン酸	カリ	
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
①	A	鶏	500*	5.4	13.9	19.4	・ 供試品種：「あきたこまち」 ・ 基肥：育苗箱全量施肥（N400-100） ・ 施肥量：4kgN/10a（全量基肥） ・ 栽植密度：坪80株（4本/株） ・ 移植は5月20日頃（中苗）
②	D	豚	500	3.8	32.9	15.4	
③	E	豚＋鶏	500	2.5	19.8	9.5	
④	F	牛	500	0.0	2.4	5.4	
⑤	J	牛＋豚	500	0.6	9.8	12.3	
⑥		無堆肥	-	-	-	-	

注1) Ⅲ－1で示した堆肥の略号に対応。

2) ①～⑤は基肥の他に堆肥を500kg/10a施用。①は連用2年目で倒伏がみられたため、3年目から250kg/10aとした。

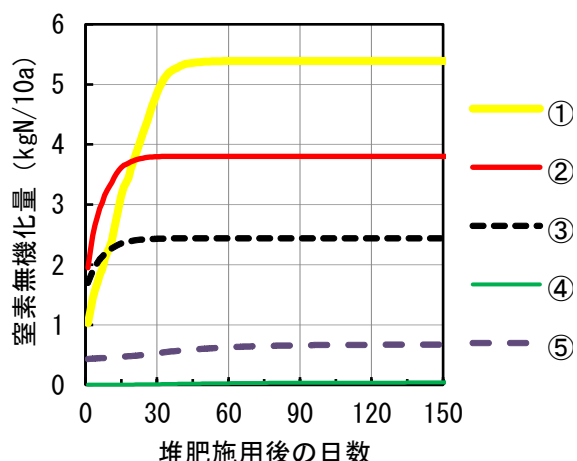
3) 現物500kg/10a施用した時の代替量。

4) 実用化できる試験研究成果「秋田県内で製造されている堆肥の窒素・リン酸・カリの肥料代替量」（2009）を参照し、作表した。

ア 堆肥の窒素代替量と土壌のアンモニア態窒素、水稻生育との相互関係

試験区で供試した堆肥の窒素代替量は、①>②>③>⑤>④の順となっている（図Ⅲ－6）。これらの水田土壌内における窒素無機化パターンを求めると、最も無機化量の多い①でもほぼ1ヶ月でピークに達する。つまり、4月下旬から5月上旬頃に堆肥を施用すると、水稻の分けつが出始める6月上旬頃（水稻の葉齢が5葉期を過ぎた頃）に、土壌のアンモニア態窒素濃度を高める効果が期待できる。

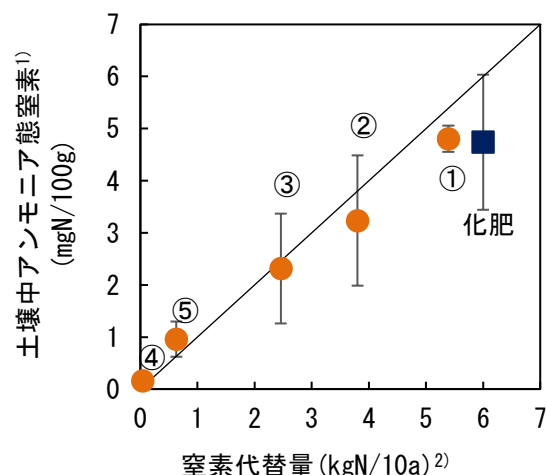
堆肥の窒素代替量と6月上旬における土壌のアンモニア態窒素との関係を見ると、両者はほぼ1：1の関係にある（図Ⅲ－7）。また、この時期のアンモニア態窒素が多いと、6月下旬（有効茎決定期頃）の茎数が多くなり、成熟期の穂数も多い傾向がある（図Ⅲ－8）。



図Ⅲ－6 家畜ふん堆肥の窒素無機化パターン

注1) 家畜ふん堆肥は500kg/10a施用した。

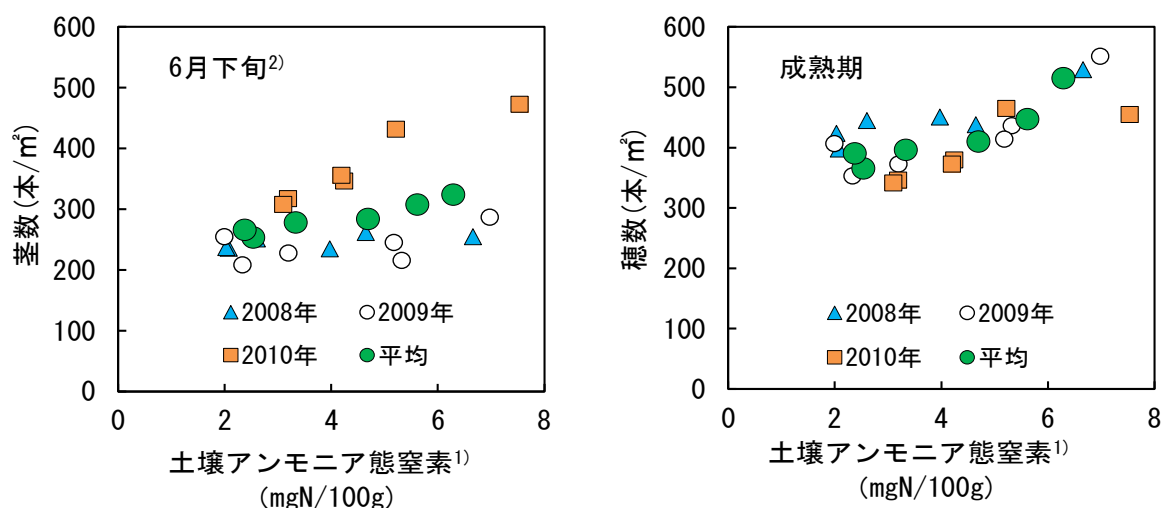
2) 実用化できる試験研究成果「秋田県内で製造されている堆肥の成分（窒素・リン酸・カリ）の特徴」を参照し、2014年5月1日～9月28日の秋田農試圃場の地温でシュミレートした。



図Ⅲ－7 窒素代替量と生育初期の土壌中アンモニア態窒素濃度の関係

注1) 6月上旬（平均葉齢5.7）に測定。無堆肥区との差引。2008～2010年の平均（エラーバーは標準偏差）。

2) 化学肥料は硫安の施用量（6 kgN/10a）。



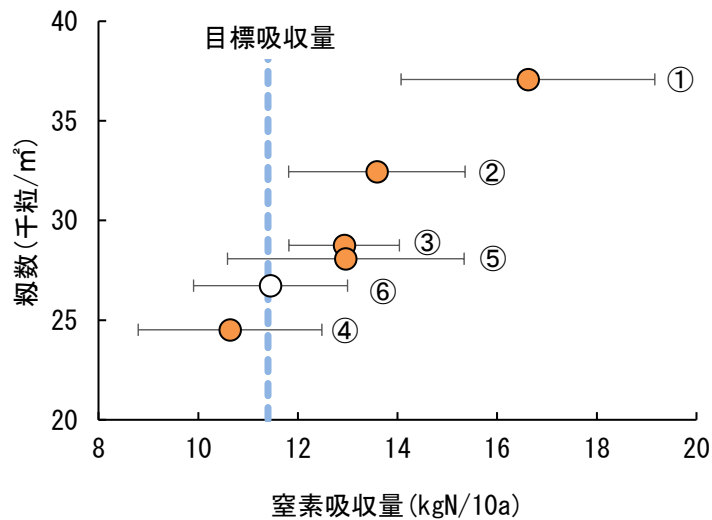
図Ⅲ－８ 生育初期の土壌中アンモニア態窒素と水稻の茎数・穂数の関係

注 1) 6月10日に測定（平均葉齢5.7）。 2) 6月22日～24日に調査（平均葉齢8.2）。

イ 水稻の窒素吸収量と収量、品質

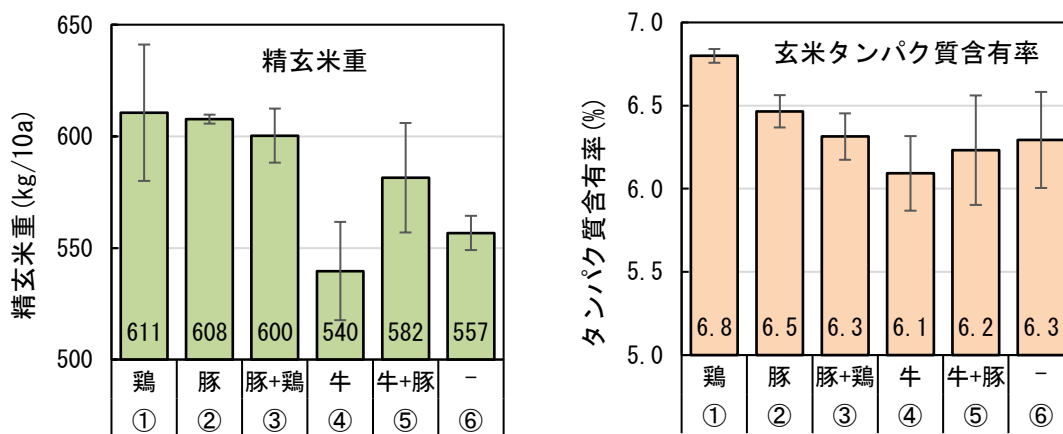
「あきたこまち」の目標収量を570kg/10aとすると、一作期の理想的な窒素吸収量は11.0（県南）～11.8（県北）kgN/10a程度である。今回の試験で、堆肥無施用の⑥や牛ふん主体の④の場合、窒素吸収量はほぼ目標値なみだが、年次によって下回ることもあった。⑤は窒素代替量が少ない割に窒素吸収量が多いが、年次によるフレが大きく、目標を下回る年次もあった。これに対し、窒素代替量の多い①～③の堆肥は安定して目標値を上回った。また、窒素吸収量に応じて、籾数が増加する傾向にある（図Ⅲ－9）。

窒素代替量の多い①は、⑥の無堆肥より多収だが、年次による変動が大きく、玄米のタンパク質含有率も高い傾向であった。①は総籾数が他区より多いが、登熟歩合が低く、精玄米重は多くなかった。このことから、①は窒素吸収量がやや過大であったと考えられる。牛ふん主体の④は、タンパク質含有率はやや低い収量は堆肥無施用の⑥と同じかやや低かった。これは、窒素吸収量が少なく、籾数が十分にとれなかったため考えられた。牛ふんと豚ふんの混合堆肥である⑤は、窒素代替量が少なく、収量の変動が大きい傾向であった。一方、②と③は収量が安定的に高く、タンパク質含有率もおおむね6.5以内で⑥の無堆肥区と同等であった（図Ⅲ－10、表Ⅲ－5）。



図Ⅲ－９ 水稻の窒素吸収量と粒数の関係

注 1) 2008～2010年の平均。横棒は標準偏差。2) 目標吸収量は「秋田県稲作指導指針（2017年）」より引用。



図Ⅲ－10 水稻の精玄米重と玄米タンパク質含有率

注 1) 篩目1.9mm。水分15%換算。データは2008～2010年の平均（エラーバーは標準偏差）。

表Ⅲ－５ 窒素代替量の異なる堆肥の収量及び収量構成要素と玄米品質、成熟期の形質

試験区 No.	略号 ¹⁾	堆肥		収量構成要素					4)		5)
		主原料	窒素 代替量	穂数	一穂 粒数	総粒数	登熟 歩合	2) 千粒重	外観 品質	稈長	
①	A	鶏	5.4	515	72.2	37.1	76.9	22.9	4.0	91.4	2.7
②	D	豚	3.8	447	72.5	32.4	82.2	22.8	2.7	88.8	1.7
③	E	豚+鶏	2.5	411	70.5	28.8	81.8	23.1	3.0	88.3	2.0
④	F	牛	0.0	366	67.5	24.5	87.8	23.5	2.7	80.6	0.7
⑤	J	牛+豚	0.6	397	71.4	28.1	86.6	23.3	2.7	83.8	1.3
⑥		無たい肥		391	69.5	26.7	86.9	23.7	2.7	80.5	0.7

注 1) Ⅲ－１の略号に対応。 2) 玄米は篩目1.9mmで調整、水分15%換算。 3) ケルダール法により求めた窒素濃度に換算係数5.95を乗じた。 4) 穀物検定協会による 1（1等の上）～9（3等の下）の9段階評価。 5) 0（無倒伏）～5（完全倒伏）の6段階評価。

ウ 堆肥の窒素代替量の目安は3 kgN/10a程度

以上の試験で示したように、窒素代替量に応じて土壌のアンモニア態窒素に違いが生じ、これが水稻の穂数確保に寄与することが明らかとなった。本県のような寒冷地では、水稻の安定生産のために穂数の確保が重要なので、窒素代替量の多い堆肥の利用は有効な手段である。しかし、窒素代替量が最も多い①では収量が安定せず、タンパク質含有率も高かったことから、窒素代替量が多いほど水稻生産に有利ということではない。このような堆肥は、施用量そのものを削減する必要がある。一方、窒素代替量がほぼゼロに近い④では、施用しても増収効果は期待できないので、土づくり資材的な堆肥と考えるべきであろう。ただし、このような堆肥でも毎年連用を続けることで、地力を高める効果は十分期待できる。

今回の試験で、安定的に収量が高く品質も良好であったのは②と③であった。以上の結果から、コメの収量と品質を維持しつつ堆肥を活用するために、窒素代替量として3 kgN/10a程度が一応の目安になる。

(3) 堆肥を用いた水稻の実証栽培

2016年に秋田市雄和の水田ほ場（多湿黒ボク土）において、肥効調節型肥料と堆肥の組み合わせで試験を行った。品種は「あきたこまち」を用いた。供試肥料および試験区の構成は表Ⅲ－6、表Ⅲ－7のとおりで、各区側条施肥、全量基肥とした。試験結果の概要は下記のとおりである。

ア 速効性の窒素を半分含む化肥Aは移植時から窒素が溶出したが、LPS60のみの化肥Bは6月下旬まで窒素の溶出量が少なく、7月から8月上旬にかけて大部分が溶出するパターンを示した（図Ⅲ－11）。

イ 堆肥を施用することで、土壌のアンモニア態窒素が移植から約1ヶ月間、堆肥を施用しない試験区より2 mgN/100gほど高く推移した（図Ⅲ－12）。

ウ 慣行区と比べ、実証区はいずれも茎数が少なめに推移した。特に、LPS60だけを用いた実証B1区、B2区は少なく、中でも施肥量の少ないB2区はより少なく推移した。一方、葉色は、慣行区と実証区が6月下旬から8月上旬にかけて低下傾向にあるのに対し、実証B1区、B2区は相対的に葉色の変動が小さく、8月上旬でも高く維持された（図Ⅲ－13）。

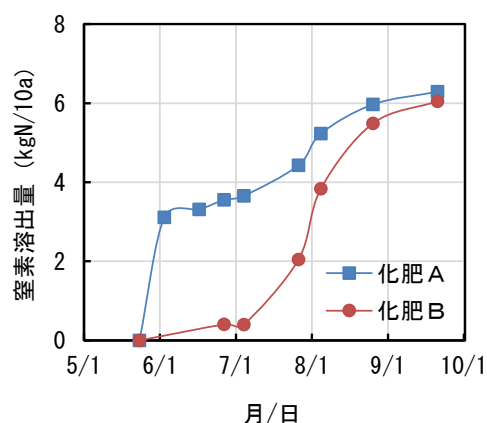
エ 実証区の精玄米重は、いずれも慣行区と同等以上となった。実証B1区とB2区は、実証A区や対照区と比べ穂数は少なくなったが、一穂粒数が多くなることで粒数を確保した。実証B1区、B2区は実証A区と比べタンパク質含有率がやや高いが、千粒重が大きく外観品質が優れた（表Ⅲ－8）。

表Ⅲ－６ 供試肥料の成分

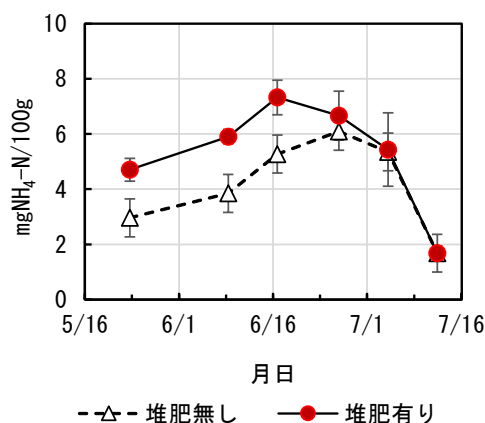
肥料	化肥 A	化肥 B
保証成分 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O %)	15-8-8	41-0-0
窒素の構成 (%)		
速効性	6.3	-
LP40	2.0	-
LPS60	6.7	41.0

表Ⅲ－７ 試験区の構成

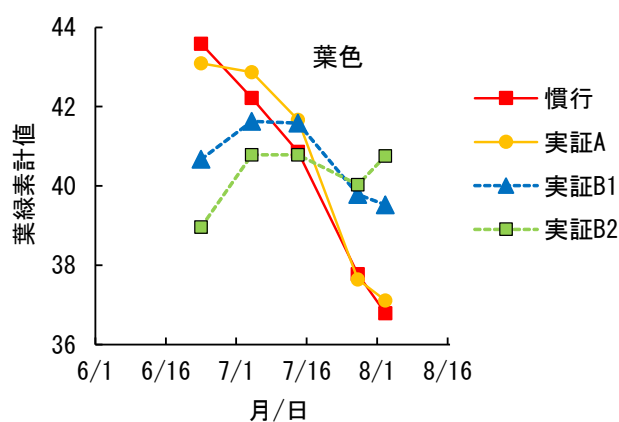
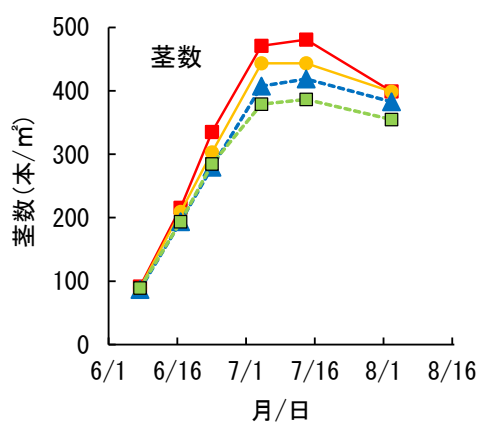
試験区	堆肥 施用量 (kg/10a)	窒素 代替量① (kgN/10a)	供試 肥料	施肥量 ② (kgN/10a)	全体 ①+②
慣行	0	0	化肥 A	8.0	8.0
実証A	500	3	"	6.5	9.5
実証B1	500	3	化肥 B	6.5	9.5
実証B2	500	3	"	5.0	8.0



図Ⅲ－11 供試肥料の窒素溶出率の推移
注 1) 肥料のほ場埋設により溶出率を測定。
施肥量6.5kgN/10a。



図Ⅲ－12 作土のアンモニア態窒素の推移
注 1) 土壌は条間から採取。
2) エラーバーは標準偏差。



図Ⅲ－13 水稻の茎数および葉色の推移

表Ⅲ－８ 水稻の収量、収量構成要素及び玄米品質

試験区	収量構成要素						玄米品質	
	精玄米 ¹⁾	穂数	一穂 粒数	総粒数	登熟 歩合	千粒重 ¹⁾	外観 ²⁾ 品質	タンパク ^{1,3)} 質含有率
	(g/㎡)							
慣行	590	394	72.2	28.4	90.1	23.4	2.5	6.6
実証A	611	394	74.8	29.5	88.4	22.9	2.7	6.4
実証B1	638	380	77.7	29.5	89.1	23.9	2.0	6.6
実証B2	640	358	79.6	28.5	91.2	24.2	2.0	6.9

注 1) 水分15%換算。

2) 穀物検定協会による 1 (1等の上) ~ 9 (3等の下) の9段階評価。

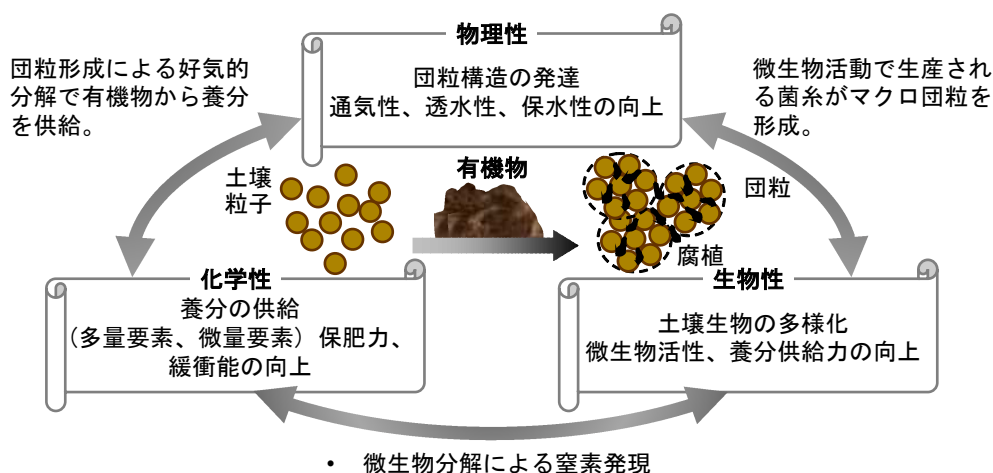
3) ケルダール法により求めた窒素含有率に換算係数5.95を乗じて算出した。

4 野菜・花きにおける堆肥利用

(1) 野菜・花きにおける堆肥施用の効果

本県の野菜作は園芸メガ団地に代表されるように、転換畑での栽培が増加している。水田から畑に転換するには、根が容易に伸長でき、養水分・酸素が過不足なく供給できる土であり、土壌の物理的な性質の改善が第一に求められる。

堆肥の施用によって、水はけ（透水性）や水もち（保水性）といった土壌の物理性が改善されるほか、土壌の化学性も改善される。また、土壌環境を上手に改善すれば、微生物活動が活性化されて有機物の分解が進み、有害な病原菌の繁殖を抑えられ、土壌は野菜生産の基盤として健全に機能する（図Ⅲ－14）。

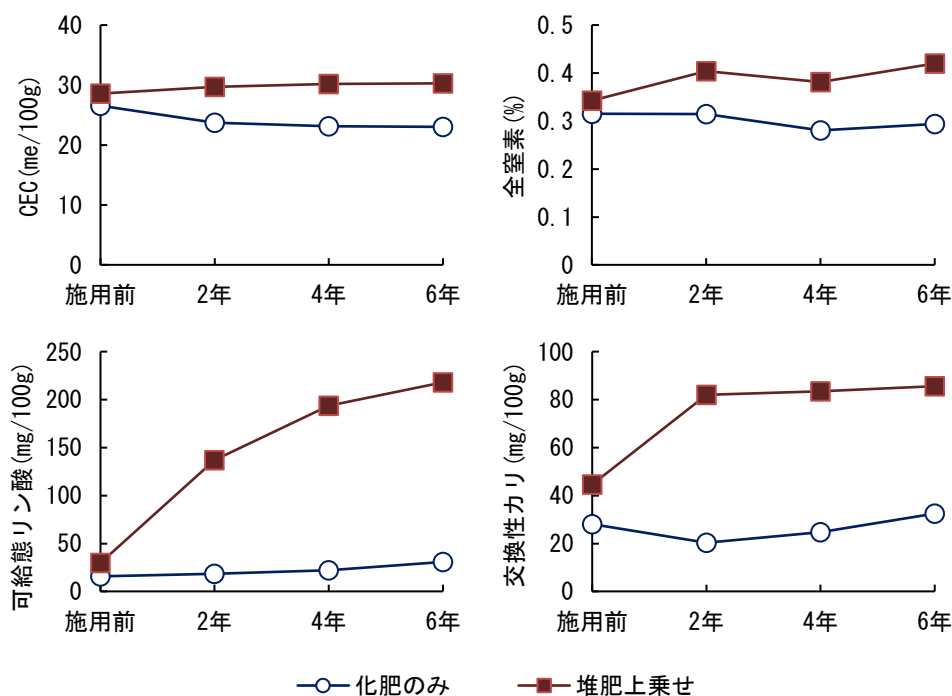


図Ⅲ－14 有機物施用と土壌の物理性・化学性・生物性に及ぼす効果

(2) 連用時の土壌理化学性の変化と留意点

堆肥は化学肥料と比べて濃度が低いものの、窒素、リン酸、カリといった作物生育に必要な要素の他、鉄やホウ素、マンガンといった微量元素が含まれている。堆肥と化学肥料が異なる点は、肥料効果の発現が緩効的であり、作物に吸収されなかった成分が土壌に累積していく。特に野菜作では、水稻よりも多量施用かつ連用されるため、養分蓄積に注意する。

水田は場で水稻から野菜に転換した場合の作土の養分状態の推移を見ると、化学肥料に豚ふん堆肥 2 t/10a を上乗せ連用した場合は、保肥力（CEC）や地力窒素（全窒素）が水稻作時よりも微増する。さらに可給態リン酸や交換性カリは著しく増加し、2 年目以降は減肥基準で設定した維持水準を超過した（図Ⅲ－15）。作物に利用されない余剰分をできるだけ少なくする適正な施肥は、環境負荷の低減に配慮した土づくりや施肥と同義であり、将来にわたって持続的に農業を行うために必要不可欠である。



図Ⅲ－15 堆肥の有無が転換畑の土壌化学性に及ぼす影響

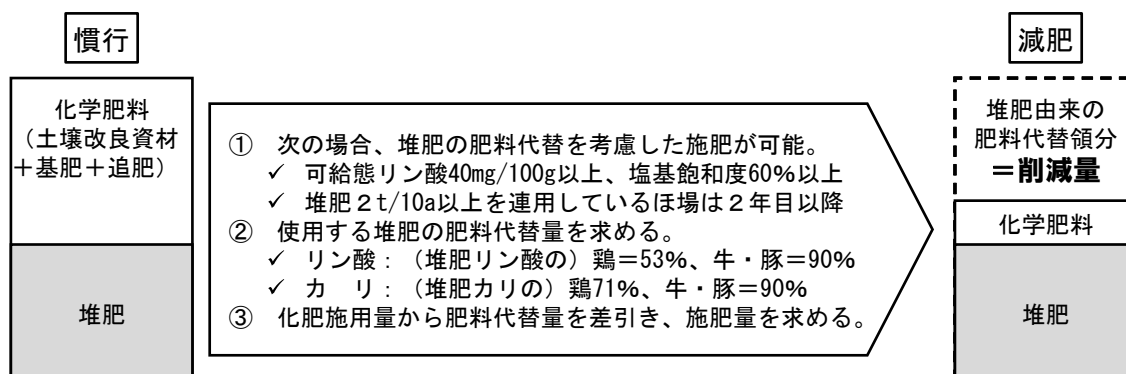
注1) 堆肥上乘せでは毎年2t/10aの豚糞堆肥を散布

注2) 褐色低地土（農業試験場内ほ場）、1～4年目：キャベツ、5～8年目：スイートコーン

(3) 野菜での堆肥施用の考え方（施肥設計）

土壌への過剰な養分蓄積を抑制しつつ、農地の生産力の維持・増進を図り、生産物の量や質を低下させない、堆肥の養分を活用した減肥栽培が求められる。

「Ⅲの2 堆肥等有機物の活用による肥料代替性（p14）」には、県内で流通している堆肥1tに含まれる肥料成分が示されており、この肥料成分を化学肥料代替として利用することが、堆肥を利用した減肥の考え方となる（図Ⅲ－16）。



図Ⅲ－16 堆肥の化肥代替量を考慮した減肥の考え方

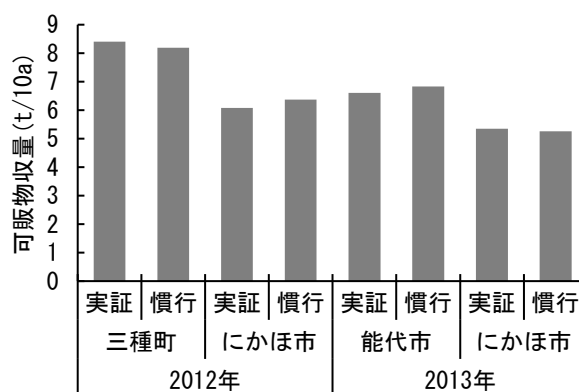
(4) キャベツでの堆肥利用

水田転換畑の秋冬採りキャベツに対して堆肥を利用した減肥試験を行った。この地区の堆肥散布量は、牛ふんと豚ふんが4～5 t/10aと県の慣行量よりも多く散布されていた。これより、堆肥に含まれるリン酸の代替量は化肥の慣行散布量を上回ることから、実証区の化肥のリン酸は無施肥とした。また、カリは、化肥の慣行散布量と代替量の差から、実証区の化肥カリを設定した。一方、鶏ふん堆肥は散布量が少ないこと、肥料代替率が低いことから、堆肥のみではリン酸とカリの全量を代替することはできなかった（表Ⅲ－9）。

この現地実証では、生育期間中に実証区と慣行区に生育の違いは見られず、キャベツの可販物収量、結球重、球高、球径とも実証区と慣行区はほぼ同等であった（図Ⅲ－17）。

表Ⅲ－9 実証地区の堆肥成分と化肥代替量、慣行施肥に対する化肥代替量の割合

試験 年次	地区	供試 堆肥	施用量 t/10a	堆肥の成分 %	堆肥中の 代替量 kg/10a			化肥 標準施肥量 kg/10a			実証区の 化肥量 kg/10a		
					窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
2012	三種町	牛ふん	5.0	0.5-0.6-0.9	—	25	42	30	25	25	30	0	0
		にかほ市 豚ふん	4.0	0.4-0.8-0.3	—	28	11	25	25	26	25	0	0
2013	能代市	鶏ふん	0.36	3.3-3.7-4.3	4	7	12	27	41	27	25	17	17
		にかほ市 豚ふん	4.0	0.4-0.8-0.3	—	28	11	26	25	26	26	0	15



図Ⅲ－17 実証試験のキャベツの収量

(5) ネギでの堆肥利用

キャベツ同様、水田畑転換ほ場において秋冬採り作型ネギで実証試験を行った。流通しているネギの専用肥料は緩効性窒素肥料を含み、リン酸とカリ成分が低い基肥一発型肥料が主流となっている。現地では堆肥と土壤改良資材のリン酸肥料、ネギ専用基肥一発肥料を合わせる体系が多くみられる。そこで、堆肥の化肥代替のリン酸を土壤改良資材のリン酸とみなし、リン酸改良資材の有無が秋冬ネギの生育・収量に及ぼす影響を検証した。実証地区の堆肥散布量は、牛ふんと牛豚ふんが2 t/10a散布されていた（表Ⅲ－10）。

実証試験の結果、どの地区でも目標収量の3700kg/10aを上回った。また、収穫時の

ネギの調整重、分岐長、葉鞘茎には差がなく、出荷規格の割合でも処理の差は認められなかった（表Ⅲ－11）。

表Ⅲ－10 実証地区の堆肥成分と化肥代替量、慣行施肥に対する化肥代替量の割合

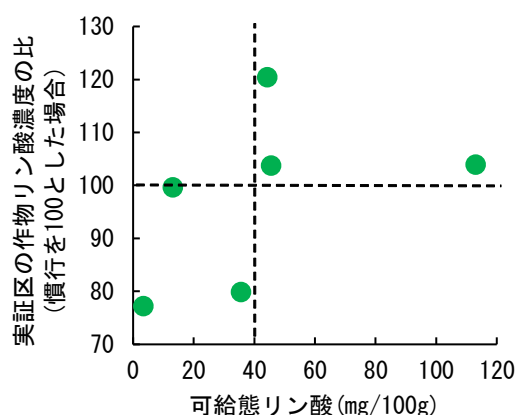
試験 年次	地区	供試 堆肥	施用量 t/10a	堆肥の成分 %	堆肥中の 代替量 kg/10a			化肥 標準施肥量 kg/10a			実証区の 化肥量 kg/10a		
					窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
2014	能代市	鶏ふん	0.15	3.7-4.7-4.3	—	4	5	30	14	14	30	8	8
	湯沢市	牛ふん	2.0	0.6-0.7-1.1	—	13	19	27	45	42	27	25	12
2015	秋田市	牛ふん	2.0	0.6-0.7-1.1	—	13	19	25	25	9	25	9	9
	横手市	牛豚ふん	2.0	2.4-4.3-3.9	—	77	70	25	21	9	25	9	9

表Ⅲ－11 ネギの収量と出荷規格の割合

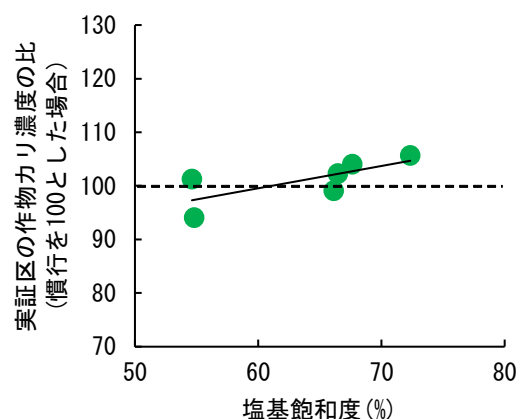
試験 年	地区	試験区	調製重 g/本	収量 kg/10a	出荷規格割合%			
					2L	L	M	S以下
2014	能代市	実証	203	5758	67	30	3	0
		慣行	200	5973	66	25	9	0
	湯沢市	実証	150	5474	38	50	3	9
		慣行	165	6277	37	43	11	9
2015	秋田市	実証	162	5979	38	49	4	9
		慣行	152	5945	26	56	13	5
	横手市	実証	214	7711	83	17	0	0
		慣行	217	7596	83	17	0	0

（6）堆肥を利用した減肥栽培の留意点

牛ふん、豚ふん堆肥に含まれているリン酸とカリの80～90%は、肥効が遅いク溶性であり、堆肥だけで初期生育を確保するには困難な場合がある。例えば、キャベツやネギの場合、土壌の可給態リン酸が40mg/100g以下、または、塩基飽和度が61%以下では、堆肥の化肥代替を考慮した減肥栽培が慣行施肥栽培よりも、生育初期の作物中のリン酸およびカリ濃度が小さい場合が見られた（図Ⅲ－18、図Ⅲ－19）。



図Ⅲ－18 土壌のリン酸濃度と定植1月後の作物体のリン酸濃度



図Ⅲ－19 土壌の塩基飽和度と定植1月後の作物体のカリ濃度

野菜畑の土づくりの目標は、可給態リン酸を10～40mg/100g、塩基飽和度を60～80％としている。したがって、畑転換初年目の野菜栽培で、堆肥の化学肥料代替を利用する場合は、堆肥の成分はもちろん、土壌の養分状態にも十分配慮したうえで、化学肥料をうまく併用することが重要である。

5 果樹における堆肥利用

(1) 果樹の施肥基準

一般に果樹では、窒素成分を中心に施肥量が多すぎると果実品質の低下や土壌環境の悪化につながる場合が多い。品質のよい果実を一定収量持続的に生産するには、土壌条件や樹種の特性に合わせて適正量を施用することが大切である。

県内の主要な果樹であるリンゴ、ブドウ、ニホンナシの施肥基準は表Ⅲ－12のとおりであり施肥量も施肥時期もそれぞれ樹種毎に異なっている。また、果樹では、毎年の木の状態（樹勢）や果実の品質等をみながら基準量を半減したり、場合によっては施用しないこともある。

表Ⅲ－12 リンゴ、ブドウ、ニホンナシの施肥基準

	土壌	施肥量(kg/10a)			施肥時期と割合(%)
		窒素	リン酸	カリ	
リンゴ	県北黒ボク土	10	5	7	4月*(60～70%) 9月下～10月上(30～40%)
	県南黒ボク土	8	4	6	
	灰色低地土				
	褐色森林土	10	5	7	
	水田転換	6	3	5	
ブドウ 中粒品種	砂質系土壌	15	6	12	9月(60～80%) 4月*(20%) 6月(0～20%)
	砂質系以外の土壌	10	4	7	
ブドウ 大粒品種	砂質系土壌	10	4	7	3月～4月*(40～60%) 5月中～6月**(0～40%) 9月(20%)
	砂質系以外の土壌	6	2～3	4～5	
ニホンナシ	砂質系土壌	18	7～8	15	
	砂質系以外の土壌	15	6	12	

※ 消雪後できるだけ早く施用

※※40%追肥する場合には2回に分けて施用

(2) 堆肥の利用による化学肥料の削減

果樹では、堆肥は地力の維持向上や苗木植え付け時の植穴改良を目的に施用され、地域で入手できる様々なものが利用される。堆肥の利用は生産力の向上と生産環境の持続性の両立をめざす「みどりの食料システム戦略」の上から、また、喫緊の課題である化学肥料高騰への対応としても重要であるが、肥料と同様に過剰な施用は土壌環境の悪化や品質低下につながるので注意しなければならない。

一般に、果樹の苗木や幼木等根域の浅い木では、即効性肥料（化成肥料）と緩効性肥料（有機質肥料等）といった肥効の違いで、生育に差がみられることがあるが、成木は根域が深く、草生栽培など肥効が間接的なため、窒素量が同じであれば樹体生育や収量に大きな違いが現れない。よって果樹は、施肥当年の肥料利用率は他作物に比べ低く、施肥による生育のコントロールが難しい。

堆肥中の窒素成分は化成肥料に比べて緩効的に作用する成分が多く含まれており、施肥当年に吸収利用されなくても翌年以降に徐々に分解されて吸収利用される。堆肥

を連年で使用する場合は、窒素成分は含有量を基本に施肥設計する。

これまでリンゴ「ふじ」、ブドウ「巨峰」、ニホンナシ「幸水」を対象に、県内果樹産地で入手できる堆肥と化成肥料の組み合わせで、年間の施肥窒素量の50%以上を堆肥由来窒素成分（肥効率は換算しないで全窒素含量を基に算出）で代替したときの収量や品質を調べ、持続的に果実生産できる堆肥の代替割合を検討した。その結果、各樹種とも化成肥料だけを使用した慣行的な施肥体系に対して窒素成分で50%を代替しても影響はなかった。

以下にその試験事例を紹介する。

（３）リンゴでの事例

ア 堆肥による土壌改良と化成肥料の代替施肥

鹿角地域で製造されている豚ふん堆肥を定植前の土壌改良や、その後の施肥に活用した場合の樹体生育や収量、果実品質への影響、土壌の窒素肥沃度や化学性の変化について検討した。

果樹試験場鹿角分場（現かづの果樹センター、鹿角市花輪、黒ボク土）のリンゴ栽培跡地ほ場に、2003年4月に、「ふじ」／M.9ナガノの1年生苗木を定植し、試験区の構成（表Ⅲ－13、14）に従って2009年まで施肥処理を継続した。

表Ⅲ－13 試験区の構成

試験区	改植時の堆肥投入 ^z	定植後の肥料
堆肥施肥区	豚ふん堆肥 8 t / 10a	豚ふん堆肥
減化学肥料区	豚ふん堆肥 8 t / 10a	豚ふん堆肥＋化成肥料 ^y
化学肥料区	豚ふん堆肥 8 t / 10a	化成肥料
慣行区	無し	化成肥料

^z 2002年11月投入、投入後は慣行区も含めた全ての試験区で深耕
堆肥成分組成N：2%、P₂O₅：6%、K₂O：2%（乾物%）、C/N：7.1、水分：33%
定植後に肥料として使用した堆肥も同じ

^y 施肥窒素量の半量施用
化成肥料の成分量は、N：20%、P₂O₅：8%、K₂O：14%

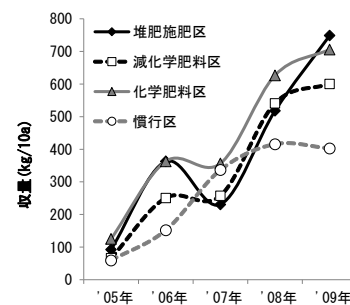
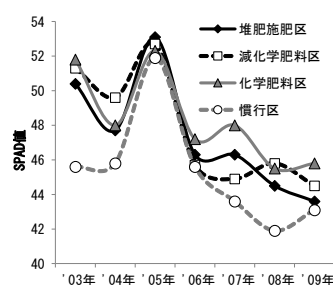
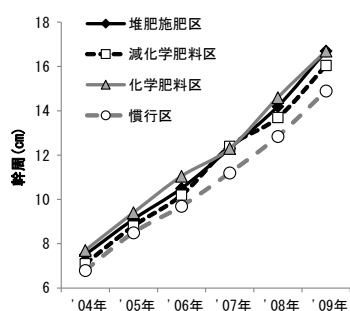
表Ⅲ－14 定植後の施肥窒素量

年次	2003～2004年	2005～2006年	2006～2007年		2008～2009年	
	春肥	春肥	春肥	秋肥	春肥	秋肥
施肥窒素量 (kgN/10a)	2	4	4	2	7	3

（ア）樹体生育、収量

生育は、改植時に堆肥を投入した堆肥施肥区、減化学肥料区、化学肥料区は、堆肥を投入しなかった慣行区に比較して優れた。堆肥施肥区、減化学肥料区、化学肥料区間に明らかな差はなく樹体生育に及ぼす影響はなかった。また、堆肥を使用したことによる新梢の遅伸びや二次伸長は観察されなかった。

慣行区は幹周の肥大が劣り、全体的に短果枝が多く、葉数も少なく、葉色が薄いなど生育が劣り細型の樹姿となった（図Ⅲ－20、21）。収量は、樹体の成長量を反映し慣行区が最も少なくなった（図Ⅲ－22）。



図Ⅲ－20 幹周の年次別変化

図Ⅲ－21 葉色の年次別変化

図Ⅲ－22 収量の年次推移

(イ) 果実品質

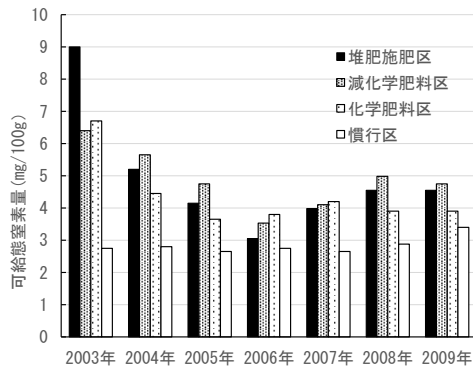
果実品質は慣行区の果重がやや小さい傾向にあった以外は、試験区間で明らかな差はなく、堆肥を使用したことによる着色不良や糖度低下、成熟遅延などの影響もみられなかった（表Ⅲ－15）。

表Ⅲ－15 収穫果の果実品質

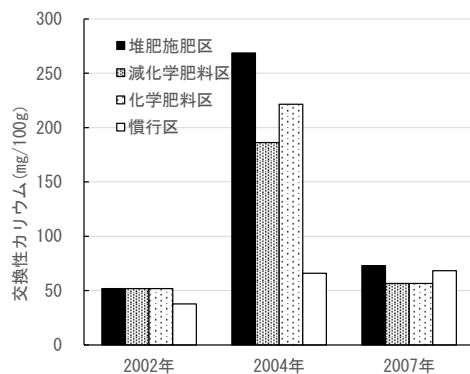
年次	試験区	果重 (g)	着色割合 (%)	硬度 (lbs)	糖度 (Brix%)	リンゴ酸 (g/100ml)	みつ入り (0-5)	デンプン (0-4)
2006年	堆肥施肥区	299	90	16.7	15.3	0.45	2.1	0.6
	減化学肥料区	304	90	17.1	15.5	0.51	1.9	0.5
	化学肥料区	311	85	16.5	16.1	0.45	1.4	0.6
	慣行区	280	85	17.8	15.4	0.43	1.9	0.7
2007年	堆肥施肥区	252	86	15.5	15.4	0.36	1.7	1.0
	減化学肥料区	270	87	16.1	15.7	0.39	1.9	0.6
	化学肥料区	270	88	15.0	15.6	0.38	1.4	0.9
	慣行区	277	91	15.0	15.6	0.37	2.2	0.9
2008年	堆肥施肥区	356	92	15.8	16.4	0.43	1.4	0.7
	減化学肥料区	367	87	16.4	16.4	0.42	1.9	0.8
	化学肥料区	363	93	15.9	16.2	0.43	1.5	0.6
	慣行区	328	88	16.1	16.2	0.43	1.4	0.7
2009年	堆肥施肥区	345	81	15.9	16.4	0.53	2.0	0.4
	減化学肥料区	358	75	16.0	16.4	0.52	2.5	0.6
	化学肥料区	343	80	15.8	16.4	0.52	2.2	0.6
	慣行区	328	77	16.4	16.5	0.50	2.3	0.6

(ウ) 土壌窒素

改植時に堆肥を投入した堆肥施肥区、減化学肥料区、化学肥料区は、定植前に堆肥を投入しなかった慣行区よりも、地力窒素の指標となる可給態窒素量が増加し（図Ⅲ－23）、その効果は通常の施肥条件下で7年程度継続した。



図Ⅲ－23 可給態窒素量の変化
(4～11月平均、採取深0～20cm)

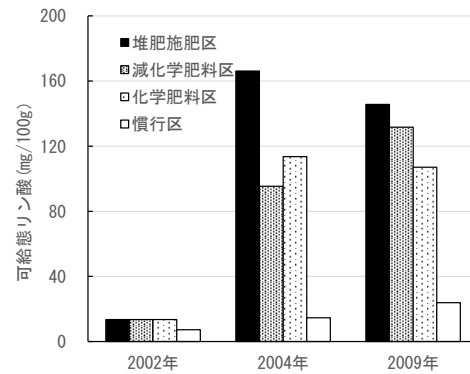


図Ⅲ－24 交換性カリウムの変化
(採取深0～20cm)

(エ) 土壌の化学性

土壌中の交換性カリウム量は、堆肥投入前に比べて堆肥を投入した堆肥施肥区、減化学肥料区、化学肥料区で投入2年後では非常に高いレベルにあったが、5年後には慣行区とほぼ同レベルに低下した(図Ⅲ－24)。

一方、有効態リン酸量は、堆肥投入から7年経過しても高いレベルで推移しており、ほとんど減少していなかった(図Ⅲ－25)。なお、交換性カルシウム、マグネシウム量は、堆肥の投入による含量の大きな変化はみられなかった(データ略)。



図Ⅲ－25 可給態リン酸の変化
(採取深0～20cm)

イ 堆肥による化成肥料の代替

県南部横手市内で製造されている家畜ふん堆肥で、リンゴでの慣行施肥で使用される化成肥料の50%または80%の窒素成分を代替した場合(表Ⅲ－16)の樹体生育、収量、果実品質への影響を調査した。

(kgN/10a)

表Ⅲ－16 施肥時期と施肥窒素量

試験区	春施肥		秋施肥		年間合計	
	化成由来	堆肥由来	化成由来	堆肥由来	化成由来	堆肥由来
化成100%区	5.6	—	2.4	—	8.0	—
50%代替区	1.6	4.0	2.4	—	4.0	4.0
80%代替区	—	5.6	1.6	0.8	1.6	6.4

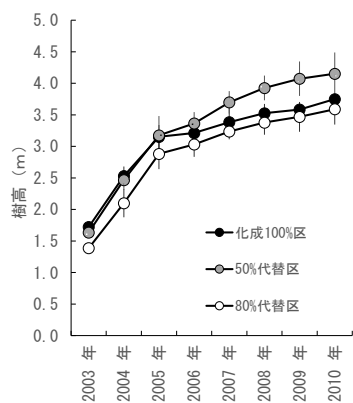
堆肥 家畜ふん(豚ふん、鶏ふん)29%、モミガラ、廃オガ、戻し堆肥計71%

(成分 水分46.2%、C/N12.6、乾物TN3.0%、 P_2O_5 7.2%、 K_2O 3.2%)

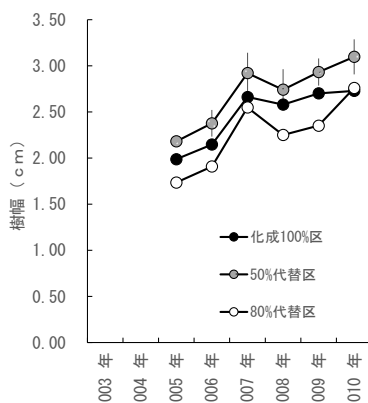
化成肥料 尿素複合燐加安(保証成分 N20%、 P_2O_5 8%、 K_2O 14%)

(ア) 樹体生育、収量

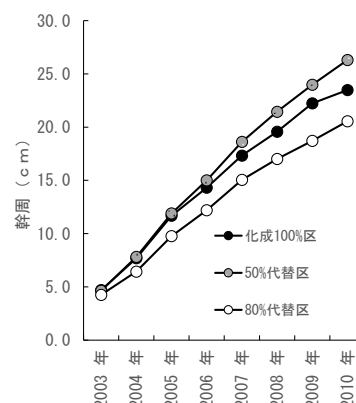
定植時から7年後の9年生までの樹高、樹幅、幹周の推移は、慣行の化成100%区に比較し、50%代替区はほぼ同等の生育を示したが、80%代替区は劣る傾向にあった（図Ⅲ－26、27、28）。特に、幹周は2年生から差がみられ、4年生以降は明らかに80%代替区の生育が劣る結果になった。



図Ⅲ－26 樹高の推移



図Ⅲ－27 樹幅の推移

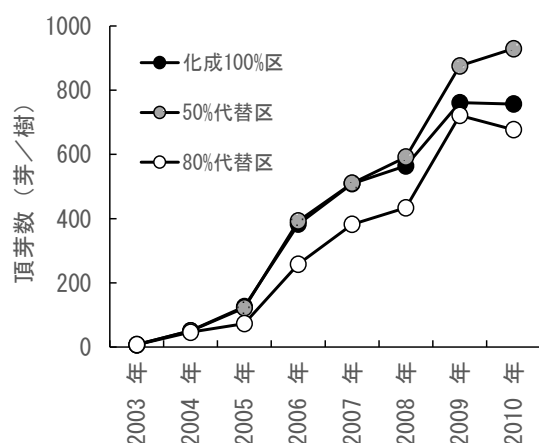


図Ⅲ－28 幹周の推移

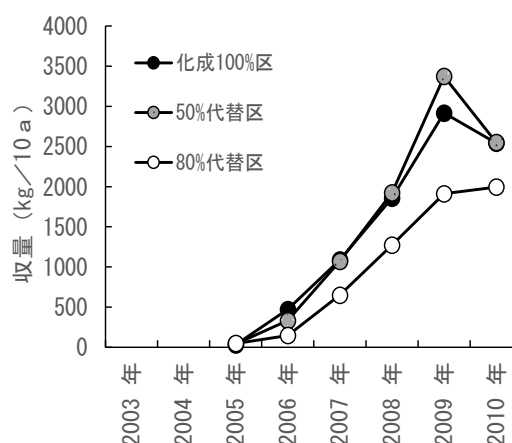
調査樹数：2003～2004年は各区9樹、2005年以降は各区6樹

定植年から毎年11～12月に計測

頂芽数は、4年生から80%代替区が他より少なく、収量も初結実以降、化成100%区と50%代替区に比べて低いレベルで推移した（図Ⅲ－29、30）。4年生の初結実から9年生までの累積収量は80%代替区が他に比べ60%程度にとどまった。80%代替区では幼木期の生育がやや劣ったことで、頂芽数の増加が少なく、着果量、収量レベルが低く推移した。



図Ⅲ－29 頂芽数の推移



図Ⅲ－30 収量の推移

(イ) 果実品質

果実品質は80%代替区の果実がやや小さい傾向にあった以外は、試験区間で明らかな差はなく、堆肥を使用したことによる着色不良や糖度低下、成熟遅延などの影響もみられなかった（表Ⅲ－17）。

表Ⅲ－17 収穫果の果実品質

試験年	試験区	果重 (g)	着色割合 (%)	硬度 (lbs)	糖度 (Brix%)	リンゴ酸 (g/100ml)	みつ入り (0-5)	デンプン (0-4)
2006年	化成100%区	359	84	16.1	15.6	0.36	2.0	0.9
	50%代替区	360	85	15.7	15.5	0.34	2.2	0.9
	80%代替区	343	87	15.8	15.2	0.33	1.7	1.0
2007年	化成100%区	343	94	15.2	15.6	0.40	2.5	2.1
	50%代替区	353	89	15.0	15.3	0.38	2.6	2.0
	80%代替区	324	95	15.4	15.2	0.36	2.4	1.9
2008年	化成100%区	391	97	15.9	15.0	0.36	0.6	0.6
	50%代替区	410	96	15.4	15.0	0.36	0.7	0.6
	80%代替区	341	98	16.1	15.4	0.40	0.5	0.5
2009年	化成100%区	373	89	14.8	15.5	0.42	0.9	0.5
	50%代替区	377	92	14.8	15.5	0.40	1.0	0.5
	80%代替区	349	91	15.3	15.9	0.45	0.6	0.3
2010年	化成100%区	328	96	15.5	16.0	0.47	1.5	1.4
	50%代替区	326	98	15.4	15.9	0.48	2.1	0.9
	80%代替区	283	96	14.8	15.7	0.47	1.3	0.8

(4) ブドウでの事例

県南部で栽培が盛んなブドウでは、施肥量が少ない大粒種を対象に化成肥料の代わりに横手市内で製造されている家畜ふん堆肥だけを施肥し、樹体生育、収量、果実品質への影響を検討した。

果樹試験場内のほ場(横手市平鹿町、黒ボク土)に、2007年5月に「巨峰」／テレキ5Cの1年生苗木を定植し、試験区の内容に従って2011年から2014年(9年生)まで施肥処理を継続した(表Ⅲ－18)。

表Ⅲ－18 窒素施肥量と施肥時期

(kgN/10a)

試験区	2011年	2012年		2013年		2014年	
	10月	4月	9月	4月	9月	4月	9月
化成100%区	4.0	1.2	4.8	1.2	4.8	1.2	4.8
堆肥100%区	4.0	1.2	4.8	1.2	4.8	1.2	4.8
無施肥区	0	0	0	0	0	0	0

化成100%区：苦土・ほう素入り尿素複合燐加安

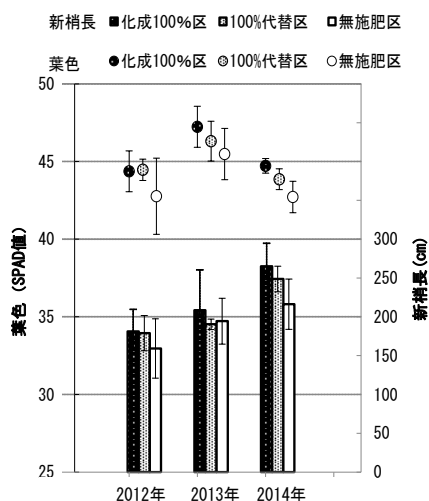
(T-N20%、P₂O₅8%、K₂O14%)

100%代替区：豚ふん・鶏ふん・牛ふん・生ごみ・モミ殻が原料の堆肥

(現物当たりT-N2.5%、P₂O₅4.2%、K₂O3.4%)

(ア) 樹体生育

生育を示す新梢長は化成100%区より100%代替区、無施用区が短く、葉色は8年生以降、化成100%区より100%代替区さらに無施肥区で淡くなり、窒素の肥効



を反映する傾向にあった（図Ⅲ－31）。また、枝の登熟率は、化成100%区、100%代替区が6割程度に対して、無施肥区では年により5割を下回り、優良な結果母枝を確保する上でやや問題となる年がみられた（表Ⅲ－19）。

表Ⅲ－19 「巨峰」の枝の登熟率

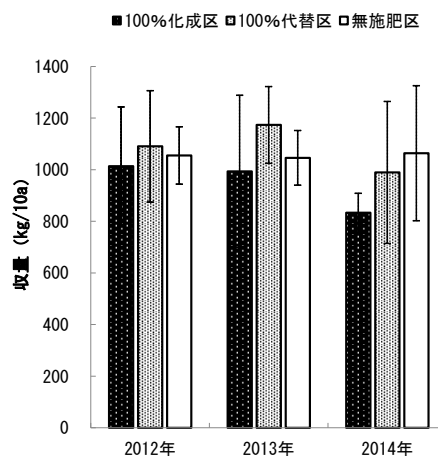
試験区	(%)		
	2012年	2013年	2014年
化成100%区	67.1 ± 9.3	69.4 ± 24.0	91.0 ± 8.4
100%代替区	68.7 ± 7.8	60.9 ± 23.6	79.5 ± 5.4
窒素無施用区	49.7 ± 10.6	59.3 ± 18.4	67.0 ± 14.9

値は平均値±標準偏差

図Ⅲ－31 「巨峰」の新梢長および葉色

(イ) 果実品質および収量

果実品質のうち、1粒重と果房重は100%代替区や無施肥区が化成100%区より小さい傾向にあったが、目標とする大きさであった（表Ⅲ－20）。また、収量には差が無く、生産性に問題はなかった（図Ⅲ－32）。その他の果実品質も差は無く、2014年は100%代替区で糖度が高くなった。



図Ⅲ－32 「巨峰」の収量

表Ⅲ－20 「巨峰」の収穫盛期の果実品質

年次	試験区	果房重 (g)	果皮色 ^z (c.c)	着粒数 (個)	1粒重 (g)	糖度 (Brix%)	酒石酸 (mg/100ml)
2012年	化成100%区	469 ± 41	7.5 ± 0.2	34	13.8 ± 1.1	18.8 ± 0.5	0.47 ± 0.02
	100%代替区	448 ± 56	7.8 ± 0.6	33	13.3 ± 0.4	18.8 ± 0.1	0.49 ± 0.01
	無施肥区	435 ± 28	7.5 ± 0.3	31	13.7 ± 0.2	18.7 ± 0.3	0.48 ± 0.01
2013年	化成100%区	467 ± 15	7.3 ± 0.3	30	15.1 ± 0.2	18.2 ± 0.6	0.51 ± 0.05
	100%代替区	440 ± 19	7.2 ± 0.2	30	14.2 ± 0.7	18.3 ± 0.3	0.51 ± 0.01
	無施肥区	455 ± 34	7.2 ± 0.5	31	14.4 ± 0.7	18.2 ± 0.4	0.51 ± 0.01
2014年	化成100%区	533 ± 22	6.5 ± 0.4	36	14.6 ± 0.6	17.7 ± 0.7	0.53 ± 0.03
	100%代替区	511 ± 25	6.7 ± 0.0	37	13.6 ± 0.2	18.4 ± 0.5	0.51 ± 0.02
	無施肥区	510 ± 27	6.9 ± 0.5	36	13.7 ± 0.5	17.6 ± 0.7	0.55 ± 0.03

^z 農林水産省果樹試験場基準果実カラーチャートブドウ紫・黒色系（指数：0～12）

値は、平均値±標準偏差

(5) ニホンナシでの事例

年間施肥量の多いニホンナシでは、化成肥料の代わりに鶏ふん堆肥で施肥窒素の半量又は全量を代替して施肥し、生育、収量、品質への影響を検討した。

果樹試験場天王分場内ほ場（潟上市天王、砂丘未熟土）に植栽されている「幸水」／マメナシ8年生樹を用いて、2012年から2016年まで試験区の内容に従って施肥処理を継続した（表Ⅲ－21）。

表Ⅲ－21 「幸水」の窒素施肥量と施肥時期

試験区	使用資材	施肥量 (kgN/10a)	施用資材の割合 (%)	
			春肥	秋肥
化成100%区	果樹化成	18	60	40
50%代替区	尿素	9	60	40
	堆肥	9	60	40
100%代替区	堆肥	18	60	40

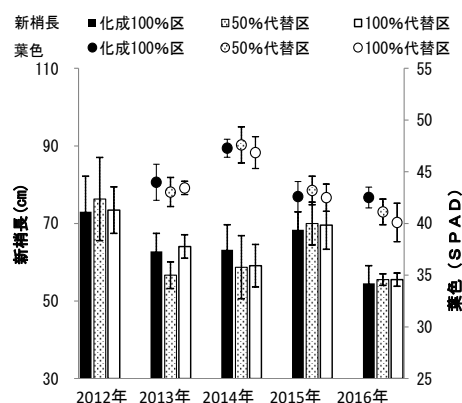
化成100%区：苦土・ほう素入り尿素複合燐加安（N：20%、P₂O₅：8%、K₂O：14%）

50%代替区：尿素（N：46%）、鶏ふん堆肥

100%代替区：鶏ふん堆肥（現物当たりT-N：4.05%、P₂O₅：6.38%、K₂O：3.67%）

(ア) 樹体生育

新梢長は、化成100%区、50%代替区、100%代替区の間で各年とも差はみられなかった。葉色は処理開始5年目の100%代替区でややSPAD値が低く葉色が淡い傾向であったが、大きな差はみられなかった（図Ⅲ－33）。



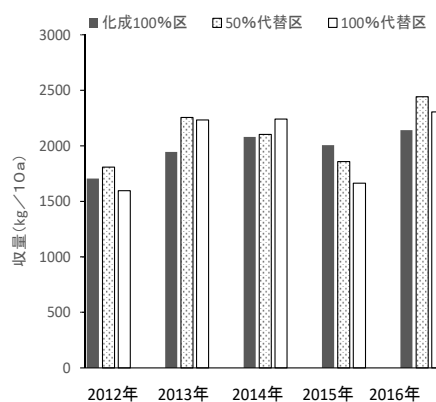
図Ⅲ－33 「幸水」の新梢長および葉色

(イ) 果実品質および収量

果実品質は、果重、地色、硬度、糖度、リンゴ酸含量いずれも処理による差は各年ともみられなかった（表Ⅲ－22）。また、収量も差がなかった（図Ⅲ－34）。

表Ⅲ－22 「幸水」の収穫盛期の果実品質

年次	試験区	果重 (g)	地色 ¹⁾ (c.c)	硬度 (lbs)	糖度 (%)	リンゴ酸 (g/100ml)
2012年	化成100%区	460.0	3.5	5.7	13.7	0.116
	50%代替区	463.5	3.3	5.4	13.4	0.121
	100%代替区	473.4	3.5	5.5	13.4	0.114
2013年	化成100%区	405.4	3.6	6.2	13.3	0.083
	50%代替区	400.2	3.2	5.9	13.1	0.084
	100%代替区	428.6	3.2	5.7	12.7	0.088
2014年	化成100%区	445.5	3.7	5.8	13.1	0.052
	50%代替区	447.2	3.6	5.8	13.0	0.051
	100%代替区	430.4	3.7	5.5	12.8	0.050
2015年	化成100%区	415.4	2.8	5.5	12.7	0.062
	50%代替区	409.2	2.5	5.5	12.9	0.062
	100%代替区	435.7	2.5	5.6	12.6	0.065
2016年	化成100%区	395.2	3.6	4.7	13.2	0.073
	50%代替区	407.4	3.5	4.9	13.5	0.074
	100%代替区	399.9	3.5	4.8	13.4	0.075



図Ⅲ－34 「幸水」の収量

(6) 堆肥利用のコスト計算

化学肥料、尿素、堆肥（現在県内で入手可能な3種類の堆肥）の成分含量をもとに各資材の窒素1kgあたりの単価を試算し、さらに窒素1kgあたりの資材中のカリ（K₂O）含量、リン酸（P₂O₅）含量を示した（表Ⅲ－23）。窒素1kgあたりの単価は、豚ふん堆肥、尿素、豚ふん・鶏ふん・モミガラ堆肥、鶏ふん堆肥の順に安く、慣行の高度化成肥料の2/3～1/2になる。

表Ⅲ－23 各資材の成分量と単価

資材名	梱包単位 (kg)	成分含有量(%)			価格 (円)	窒素1kgあたり		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		単価 (円)	P ₂ O ₅ 含量 (kg)	K ₂ O含量 (kg)
果樹用高度化成肥料	20	20	8	14	4795	1199	0.4	0.7
尿素	20	46	0	0	3692	401	0	0
豚ふん・鶏ふん・モミガラ堆肥*	350	2.0	3.5	2.7	3500	500	1.8	1.4
鶏ふん堆肥	15	3.9	3.3	2.9	450	763	0.8	0.7
豚ふん堆肥	15	3.5	11.3	5.0	200	381	3.2	1.4

* フレコン（350kg）での購入の場合

果樹用高度化成肥料及び尿素は、県南JAの令和4年度上半期販売価格。豚ふん・鶏ふん・モミガラ堆肥は、県南部の製造資材、鶏ふん堆肥と豚ふん堆肥は県北部の製造資材の販売価格。

年間窒素施肥量の50%以上を堆肥由来窒素成分で代替した場合の資材費を求めると表Ⅲ－24のようになる。年間窒素施肥量の50%以上を地域の堆肥を利用して施用する場合、家畜ふんを含む堆肥は果樹化成と異なり窒素量に対してリン酸、カリの割合が多いものがほとんどである。このため、窒素単肥の尿素を使用することでリン酸、カリの施肥量を抑え、資材費を抑えることが可能になる。同時に、年間窒素施肥量の100%を堆肥由来窒素成分で代替えた場合には、リン酸、カリの施肥量が施肥基準量を大きく上回る資材もあるため、注意が必要である。

表Ⅲ－24 堆肥などでの化成肥料の代替による資材費の低減

	試験区	資材毎の窒素施肥量 (kg N/10a)					P ₂ O ₅ 施肥量 (kg)	K ₂ O 施肥量 (kg)	年間 資材費 (円)
		高度 化成	尿素	豚・鶏ふん 堆肥	鶏ふん 堆肥	豚ふん 堆肥			
リンゴ	化成100%区	8					3.2	5.6	9,590
	50%代替区								
	豚・鶏ふんの場合		4	4			7.0	5.4	3,605
ブドウ	豚ふんの場合		4	4			3.4	2.9	4,659
	化成100%区	6					2.4	4.2	7,193
	100%代替区								
ナシ	豚・鶏ふんの場合			6			10.5	8.1	3,000
	化成100%区	18					7.2	12.6	21,578
	50%代替区								
	鶏ふんの場合		9		9		7.6	6.5	10,482
	豚ふんの場合		9			9	29.1	12.9	7,040
	100%代替区								
	鶏ふんの場合				18		15.2	13.1	13,740
	豚ふんの場合*					18	58.1	25.7	6,857

*豚ふん堆肥で100%代替の場合リン酸、カリともに施肥基準量を大きく上回る

堆肥施用に限らず、土壌中のカリ成分が多くなると土壌養分バランスが崩れやすいため、苦土石灰などの補充も同時に行う必要がある。また、健全な土壌状態を保つためには、3～5年に一度土壌診断で土壌中の養分バランスを確認する。