秋田県

堆肥利活用マニュアル

～　持続的な農業生産のために　～

平成 29 年 6 月

秋田県農林水産部

目次

I　秋田県における堆肥生産の概要と利用上の留意点 2
　1 堆肥の生産量 2
　2 堆肥の成分と肥料代替性 3
II　水稲作における堆肥利用 7
　1 水稲作における施肥の現状と堆肥の活用について 7
　2 窒素代替量の異なる堆肥の施用効果 7
　3 堆肥を用いた水稲の実証栽培 11
III　野菜における堆肥利用 17
　1 野菜作での堆肥施用の考え方（施肥設計） 17
　2 連用時の土壌変化と留意点 18
　3 キャベツでの堆肥利用 19
　4 ネギでの堆肥利用 20
　5 堆肥を利用した減肥栽培の注意点 21
IV　果樹における堆肥利用 22
　1 果樹での施肥 22
　2 果樹での堆肥施用の考え方 22
　3 リンゴ 23
　4 ブドウ 29
　5 ニホンナシ 31
　6 堆肥利用のコスト試算 33
V　牧草における堆肥利用 35
　1 採草地の施肥概要 35
　2 牧草での堆肥施用の考え方 35
　3 オーチャードグラス草地での実証事例 37
　4 リードカナリーグラス草地での実証事例 41
　5 牧草地における堆肥施用のコスト試算 45
附表 47
参考文献 49

本マニュアルについて

平成 11 年に制定された「食料・農業・農村基本法」に基づき、農業の持続的な発展を図ることを目的とした農業環境３法（家畜排せつ物法、持続農業法、肥料取締改正法）が同年７月に公布されました。これらにより、ふん尿処理の適正化が義務づけられ規制が強化されるとともに、堆肥の適切な活用と化学肥料や農薬の低減が推進されてきました。この背景には、有機農産物など安全な農産物に対する消費者の強い志向と関心の高まりがあり、今後も家畜ふん尿処理の適正化と利用促進が重要と考えます。

そのため本マニュアルでは、県内各地で産出される家畜ふん尿を主原料とする堆肥が土づくり・作物生産に適正に利用されるよう、堆肥の利活用に関するポイントを作物別に整理しました。

なお、本マニュアルは、秋田県農業試験場、果樹試験場、畜産試験場が共同で取り組んだ次の研究課題の成果を中心に取りまとめたものです。

- 地域内有機質資源を活用した持続的農業生産技術の確立
  （平成 19 年～23 年）
- 地域内有機質資源の肥料成分のフル活用による持続的農業生産技術の推進（平成 24 年～28 年）

Ⅰ　秋田県における堆肥生産の概要と利用上の留意点

1　堆肥の生産量

本県では各地で堆肥化施設の設置が進み、積雪寒冷地ではありますが比較的容易に堆肥が生産されるようになりました。次表に示すとおり、牛、豚を中心に、県全体で約６万５千ｔの堆肥生産能力があります。

本県における地域別・畜種別の堆肥生産能力

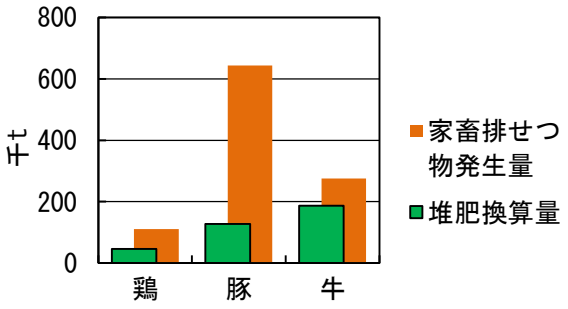
（単位：t）

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

＊ 秋田県稲作指導指針（2017 年）より作表。詳細は 49 頁の附表に示す。

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）と推計されています。

このうち、約４割（412 千ｔ）が浄化処理、約６割（618 千ｔ）が農業利用に仕向けられています。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、全量が耕地（15 万 ha）に還元されています。



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

家畜飼養頭数については、2025 年度までに乳用牛、肉用牛で約 13,000 頭、豚で 50,000 頭の増頭が見込まれており、それに伴う家畜排せつ物量が 267 千ｔ増加することで、堆肥生産量も 84 千ｔの増加が推計されています。

大規模な堆肥化施設の様子

2 堆肥の成分と肥料代替性

（1）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す。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ありません。一般に、鶏ふんや豚ぷ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ります。

家畜ふん堆肥現物１ｔ当たりの肥料成分量

主原料	堆肥センター		炭素率	現物１ｔ当たりの肥料成分量（kg/t）				
	略号	所在地	（%）	窒素 (N)	リン酸 (P_2O_5)	カリ (K_2O)	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）。

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ます。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す。

（２）堆肥の肥料代替量とは？

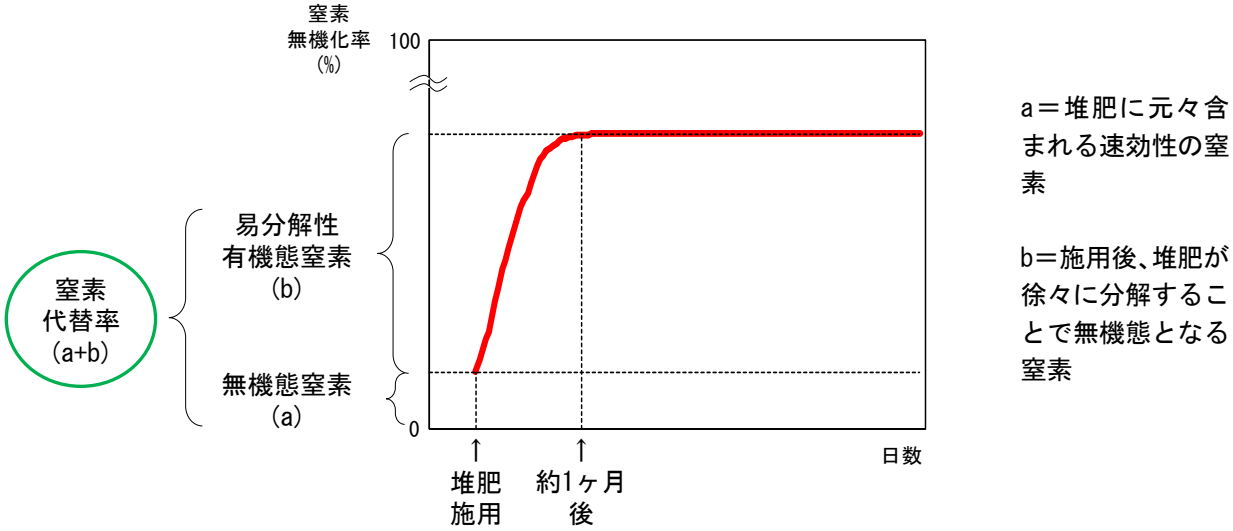
堆肥に含まれる窒素（N）、リン酸（P_2O_5）、カリ（K_2O）等の肥料成分は、その全てが作物に吸収可能なわけではありません。各肥料成分量に対して、作物が吸収できる量の割合を肥料代替率と言い、これに各肥料成分の含有量を掛け合わせたものを肥料代替量と定義します。各作物の施肥設計に際して、この肥料代替量の分だけ化学肥料を減らすことが可能です。

ア　窒素の肥料代替量

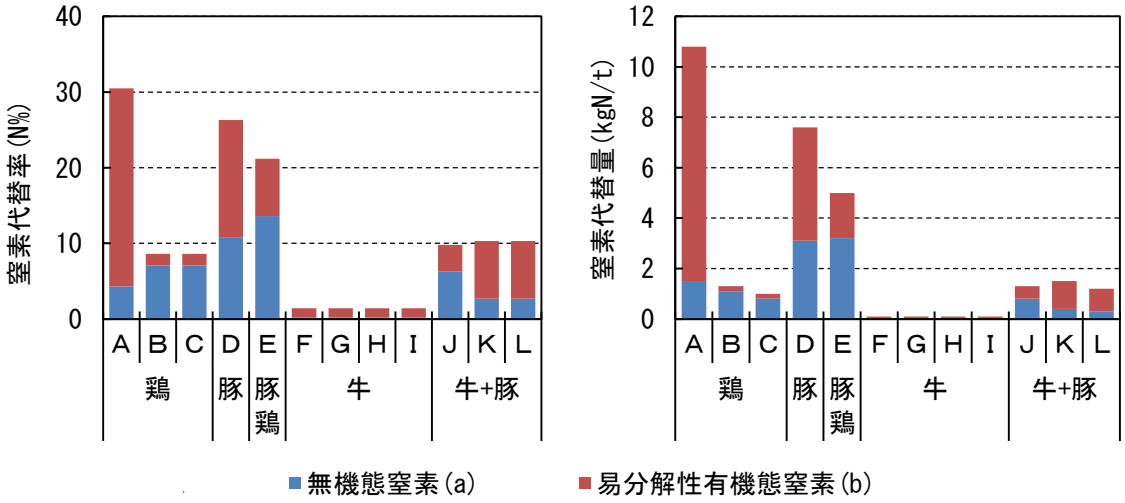
窒素は、肥料成分の中で作物生育にもっとも強く影響する成分です。堆肥をうまく活用するには、堆肥に含まれる窒素の効き方を考慮する必要があります。

一般に堆肥に含まれる窒素は、全てが作物に吸収可能なわけではなく、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壌に蓄積する部分とに分けることができます。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ます。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）となります。

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りますが、おおむね１ヶ月程度で無機化率が一定となります。



家畜ふん堆肥の窒素無機化のイメージと窒素代替率



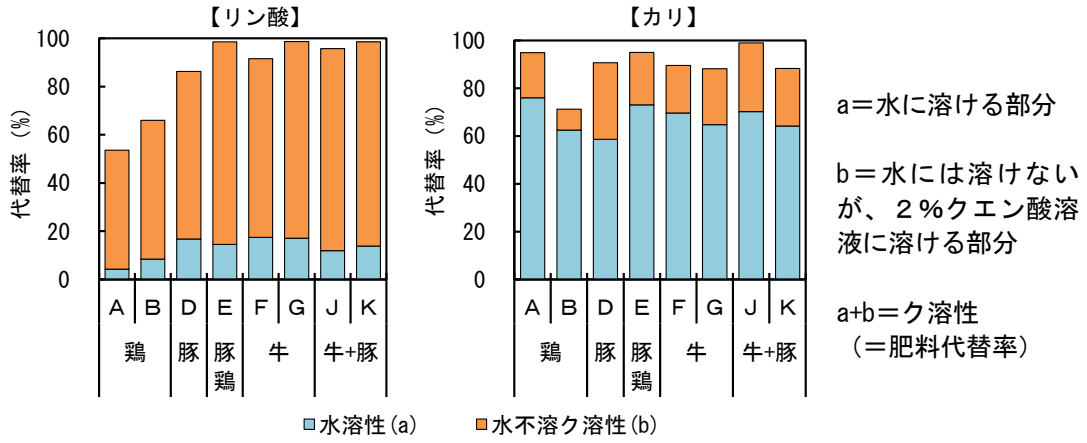
堆肥の窒素代替率（左）と現物１ｔ当たりの窒素代替量（右）

窒素の肥料代替率は、主原料となる畜種や添加する副資材によって大きく変動します。例えば、堆肥Ａは鶏ふんを主体とする堆肥ですが、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とも高くなっています。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りますので、施用したら速やかに耕起して土壌と混和することが大切です。

なお、堆肥中の肥料代替分以外の窒素は、いったん土壌に取り込まれますが、地力窒素として次年度以降に徐々に効いてくることが知られています。

イ　リン酸、カリ

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ありません。一般に、水に溶けやすい部分（水溶性）が速効的ですが、２％クエン酸溶液に溶けやすい部分（ク溶性）は土壌中で徐々に有効化してくることが分かっています。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ました。



家畜ふん堆肥のリン酸・カリの肥料代替率

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い数値となっています。また、窒素と異なり、畜種による代替率の違いはそれほどありません。

水溶性リン酸の割合は数%から20%程度となっています。水溶性リン酸は、堆肥の施用後速やかに水に溶けますが、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ります。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ます。

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ます。

ウ　県内の主要な堆肥の肥料代替率

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、次表のようになります。堆肥１ｔ当たりの肥料代替量は堆肥によって大きく異なりますが、総じて豚ぷん、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ります。

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、作目によっては収量や品質の低下が生じたり、病害虫の発生が助長されたりする懸念もあります。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ります。

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_2O_5)	カリ(K_2O)	窒素(N)	リン酸(P_2O_5)	カリ(K_2O)
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合量である。

２）リン酸(P_2O_5)、カリ(K_2O)の肥料代替率は、堆肥中の全リン酸、全カリ量に占める２%クエン酸可溶のリン酸、カリ量の比率のことである。

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。

II 水稲作における堆肥利用

1 水稲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って、収量より品質が重視されるようになってきました。また、圃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ります。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ます。

一般に、600kg/10a の玄米収量を得るために、水稲は窒素を 10a 当たり 11～12kg ほど吸収します。秋田県の水田圃場では、水稲が吸収する窒素のうち７～８kg ほどがいわゆる「地力窒素」から供給されますので、差し引きした４～５kg を肥料で効率よく与えなくてはなりません。近年普及の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ります。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、水稲が一作期に必要とする窒素を基肥一回で施肥できるように設計されています。

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ありません。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す。

第Ⅰ章で述べたように、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ります。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が多く、水稲作においても、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」の生産が可能です。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ますので、水稲作での堆肥の利活用をぜひ検討してほしいと思います。

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りますので、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す。そこで、この章ではまず、堆肥に含まれる窒素が水稲の生育、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します。次に、堆肥の窒素代替量を活用した水稲栽培について、現地の実例を交えながら紹介します。

2 窒素代替量の異なる堆肥の施用効果

ここではまず、第Ⅰ章で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稲の生育・収量等に及ぼす影響について検討した結果を紹介します。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 に統一して試験しました。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 に揃えています。

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

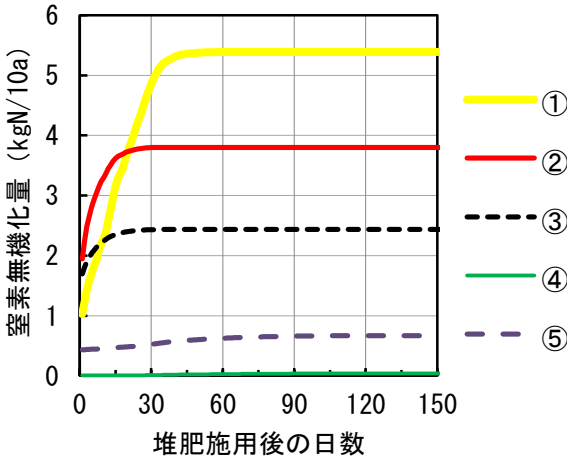
試験区 No.	略号[1]	たい肥[2] 主原料	現物施用量 (kg/10a)	肥料代替量 (kg/10a)[3] 窒素 N	リン酸 P_2O_5	カリ K_2O	備考（各区共通）
①	A	鶏	500*	5.4	13.9	19.4	・供試品種：「あきたこまち」 ・基肥：育苗箱全量施肥（N400-100） ・施肥量：4kgN/10a（全量基肥） ・栽植密度：坪80株（4本/株） ・移植は5月20日頃（中苗）
②	D	豚	500	3.8	32.9	15.4	
③	E	豚＋鶏	500	2.5	19.8	9.5	
④	F	牛	500	0.0	2.4	5.4	
⑤	J	牛＋豚	500	0.6	9.8	12.3	
⑥	無たい肥		－	－	－	－	

注１）第Ⅰ章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。

（１）堆肥の窒素代替量と土壌のアンモニア態窒素、水稲生育との相互関係

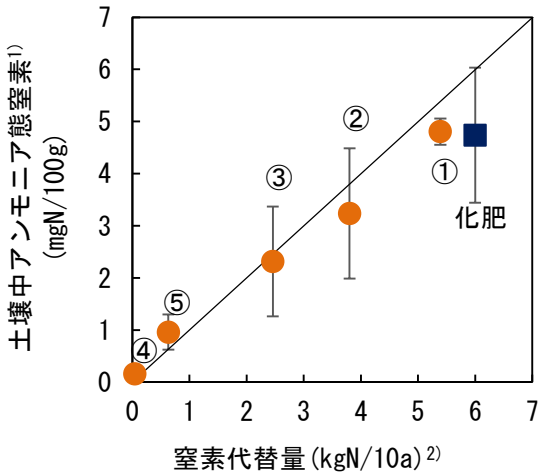
各試験区で供試した堆肥の窒素代替量は、①＞②＞③＞⑤＞④の順となっています。これらの水田土壌内における窒素無機化パターンを実験的に求めてみると、最も無機化量の多い①でもほぼ１ヶ月でピークに達することが分かりました。つまり、４月下旬から５月上旬頃に堆肥を施用すると、水稲の分げつが出始める６月上旬頃（水稲の葉齢が５葉期を過ぎた頃）に、土壌のアンモニア態窒素濃度を高める効果が期待できます。

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の関係にあることが確認できました。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にあります。



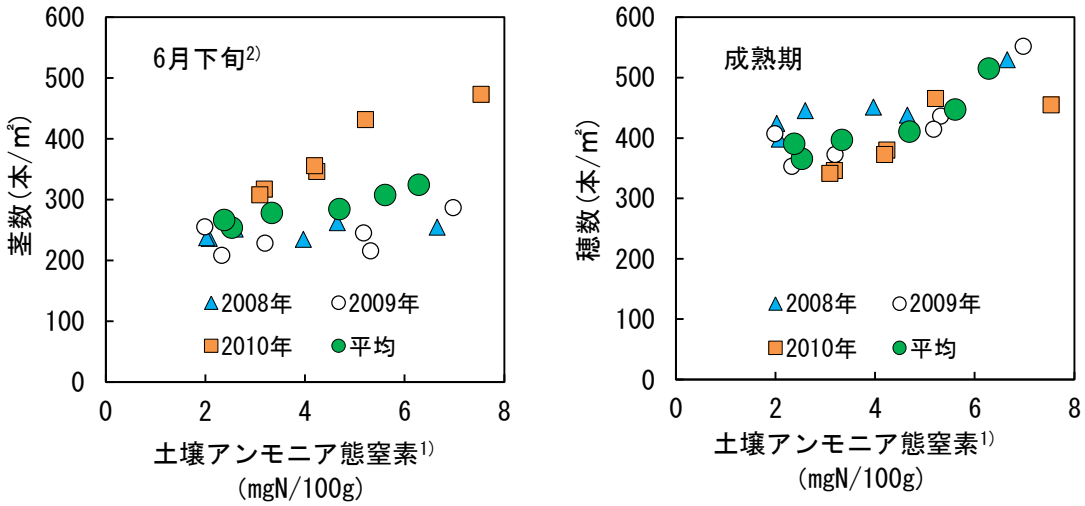
家畜ふん堆肥を 500kg/10a 施用した時の
窒素無機化パターン

注）2014 年５月１日～９月 28 日の秋田農試圃場の地温でシミュレートした。



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（縦棒は標準偏差）。
注２）化学肥料は硫安の施用量（６kgN/10a）。

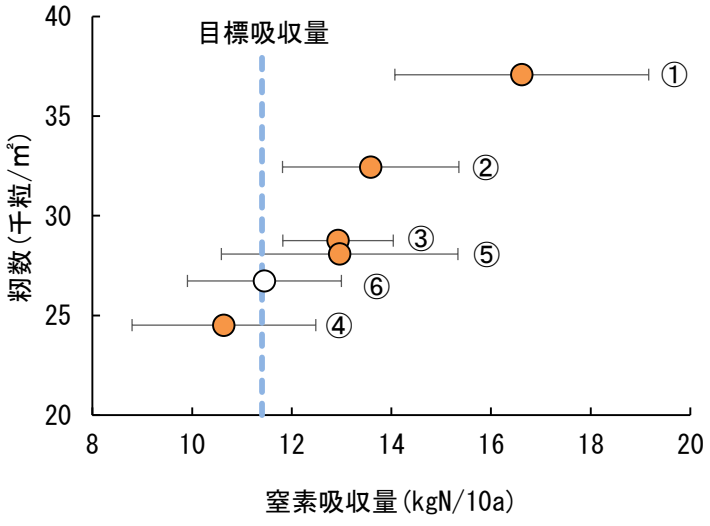


生育初期の土壌中アンモニア態窒素と水稲の茎数・穂数の関係

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）。

（２）水稲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 程度です。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ですが、年次によって下回ることもありました。⑤は窒素代替量が少ない割に窒素吸収量が多いのですが、年次によるフレが大きく、目標を下回る年次もありました。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りました。また、窒素吸収量に応じて、籾数が増加する傾向にあります。



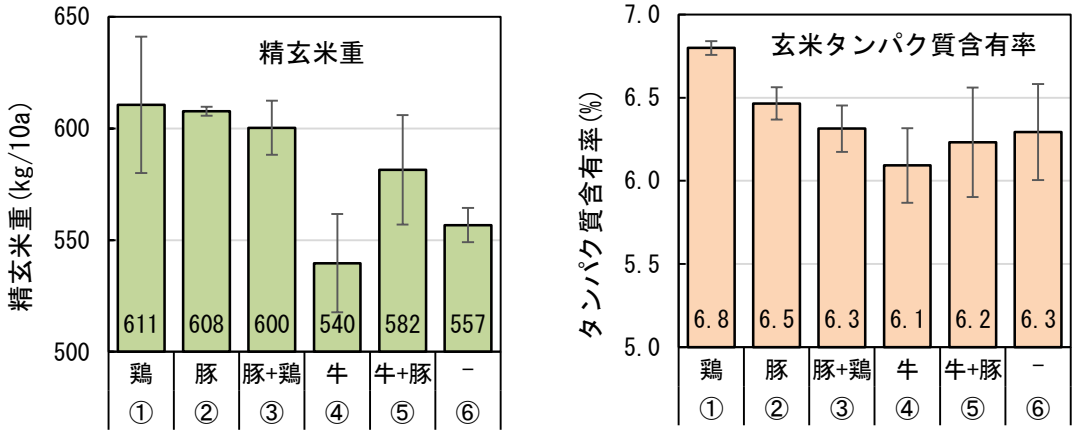
水稲の窒素吸収量と籾数の関係

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。

窒素代替量の多い①は、⑥の無堆肥より多収です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にありました。①は総籾数が他区より多いのですが、登熟歩合が低く、精玄米重は多くありませんでした。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ま

す。

牛ふん主体の④は、タンパク質含有率はやや低いのですが収量は堆肥無施用の⑥と同じかやや低いくらいでした。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ました。牛ふんと豚ぷ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にありました。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した。



水稲の精玄米重と玄米タンパク質含有率

注）篩目 1.9㎜。水分 15%換算。データは 2008～2010 年の平均（縦棒は標準偏差）。

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 主原料	堆肥 窒素代替量 (kgN/10a)	収量構成要素 穂数 (本/㎡)	収量構成要素 一穂籾数 (粒/穂)	収量構成要素 総籾数 (千粒/㎡)	収量構成要素 登熟歩合 (%)	収量構成要素 千粒重[2] (g/千粒)	外観品質[4]	稈長 (cm)	倒伏程度[5]
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）第Ⅰ章の略号に対応。　２）玄米は篩目 1.9㎜ 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。

（３）堆肥の窒素代替量の目安は３kgN/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、これが水稲の穂数確保に寄与することが明らかとなりました。本県のような寒冷地では、水稲の安定生産のために穂数の確保が重要ですので、窒素代替量の多い堆肥の利用は有効な手段であると言えます。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稲生産に有利ということではありません。このような堆肥は、施用量そのものを削減する必要があります。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ませんので、土づくり資材的な堆肥と考えるべきでしょう。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ます。

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でした。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３kgN/10a 程度が一応の目安になることがわかります。

３ 堆肥を用いた水稲の実証栽培

ここでは、豚ぷん主体の堆肥を用いて、窒素代替量を３kgN/10a に設定した実証栽培について紹介します。一つは、化学肥料の窒素を４kgN/10a に抑えた水稲の特別栽培、二つ目はシグモイド型肥料の側条施肥に堆肥を組み合わせて減肥した事例です。

（１）水稲の特別栽培

美郷町で「あきたこまち」を用い、２年間試験を行いました。実証区は特別栽培です。土壌タイプは「細粒グライ土」で、実証区には堆肥の連用年数の異なる調査区を設けました。

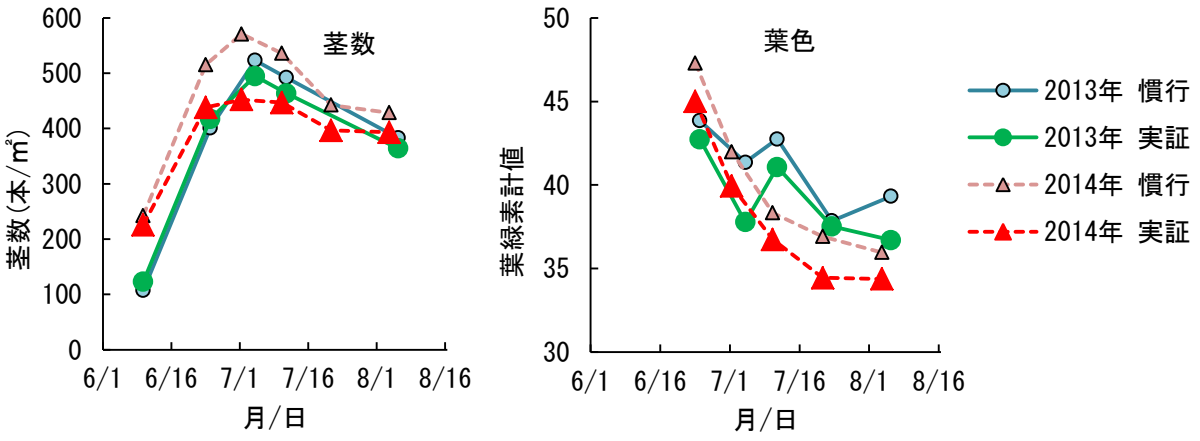
美郷町で行った実証試験の概要

試験年次	試験区	堆肥施用量 (kg/10a)	窒素代替量① (kgN/10a)	施肥量② (kgN/10a) 基肥[1)]	施肥量② (kgN/10a) 追肥[2)]	①＋② (kgN/10a)
H25	慣行	0	0	6.8	1.0	7.8
	実証	500	3	4.0	0.0	7.0
H26	慣行	0	0	7.5	0.0	7.5
	実証	500	3	4.0	0.0	7.0

注１）被覆尿素入り配合肥料。N-P_2O_5-K_2O=15-８-８％、窒素の構成は速効性：LP40：LPS60＝6.3：2.0：6.7。
２）７月 26 日に硫安を追肥した。

試験の結果の概要は次のとおりです。

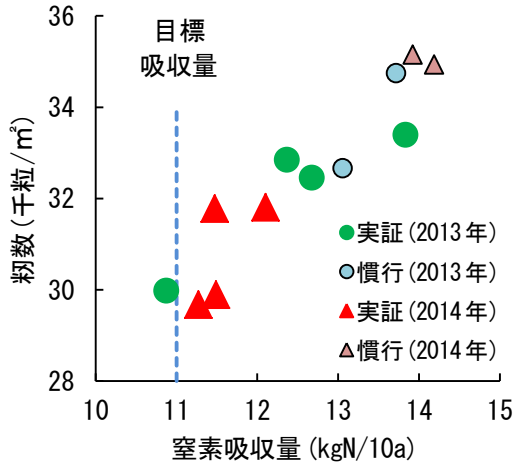
ア　水稲の生育経過によると、２カ年とも、慣行区と比べ実証区の茎数は同等かやや少なく、葉色はやや低めの推移を示す傾向でした。



水稲の茎数及び葉色の推移

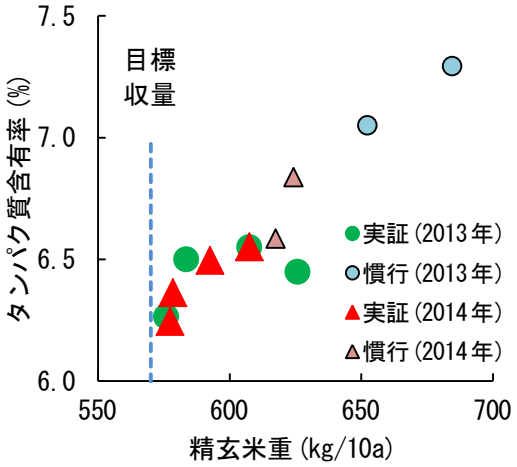
イ　実証区の窒素吸収量は２カ年とも慣行区より少なめですが、県南で目標とされる窒素吸収量を概ね上回りました。また、実証・慣行に関わらず、窒素吸収量に応じて籾数が増加する傾向でした。

ウ　慣行区は実証区より多収ですが、収量に応じて玄米のタンパク質含有率が高くなる傾向でした。実証区は、目標収量（570kg/10a）を維持しつつ、タンパク質含有率が概ね 6.2～6.6%の範囲でした。



窒素吸収量と籾数の関係

注）目標吸収量は「稲作指導指針（2017 年、秋田県農林水産部）」より引用。



精玄米重と玄米タンパク質含有率の関係

注）目標収量は「稲作指導指針（2017 年、秋田県農林水産部）」より引用。

エ　堆肥の連用年数が１～３年の調査区を設け、収穫跡の土壌養分を調べました。堆肥を施用した実証区において、リン酸と交換態石灰・苦土の量がやや多い傾向にありますが、連用による養分の蓄積はありませんでした。

オ　以上のことから、実証区は慣行区と比べ茎数が少なめ、葉色が淡い傾向となりますが、目標とする収量を得るのに必要な窒素を吸収することが可能で、玄米のタンパク質含有率も低めでした。

堆肥の連用による土壌化学性への影響（2014 年、美郷町）

試験区	堆肥の連用年数	pH (H_2O)	全炭素 (C)	全窒素 (N)	可給態窒素 (N)	可給態リン酸 (P_2O_5)	交換態塩基 石灰 (CaO)	苦土 (MgO)	カリ (K_2O)
			(%)		(mg/100g)				
慣行	―	5.8	4.6	0.35	23.0	24.8	311	51	18
実証	1	5.9	5.0	0.37	23.9	31.8	334	57	16
〃	2	5.9	4.7	0.35	23.0	28.5	332	59	18
〃	3	5.9	4.7	0.35	23.1	30.5	339	63	18

（２）堆肥とシグモイド型肥料との組み合わせ

試験場所は秋田市雄和で、「あきたこまち」を用いました。試験年次は 2016 年です。ここでは、前述の美郷町で用いた肥料の他に、シグモイド型肥料の「LPS60」も用いて、溶出の異なる肥料

と堆肥の組み合わせで試験しました。土壌は「多湿黒ボク土」です。試験区の構成は次表のとおりで、各区側条施肥、全量基肥としました。

秋田市雄和で行った実証試験の概要

供試肥料の成分

肥料	化肥Ａ	化肥Ｂ
保証成分 (N-P_2O_5-K_2O %)	15-8-8	41-0-0
窒素の構成(%)		
速効性	6.3	-
LP40	2.0	-
LPS60	6.7	41.0

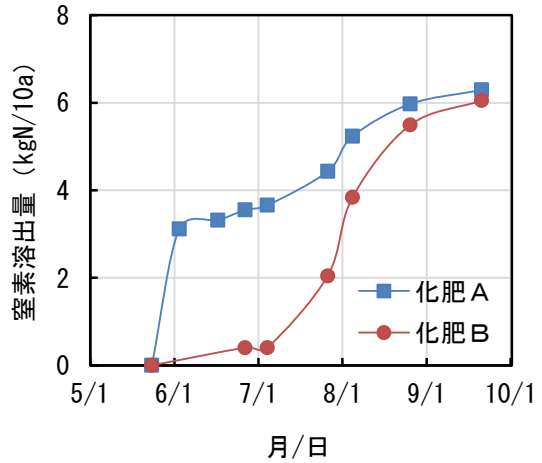
試験区の構成

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 (kgN/10a)
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

試験結果の概要は次のとおりです。

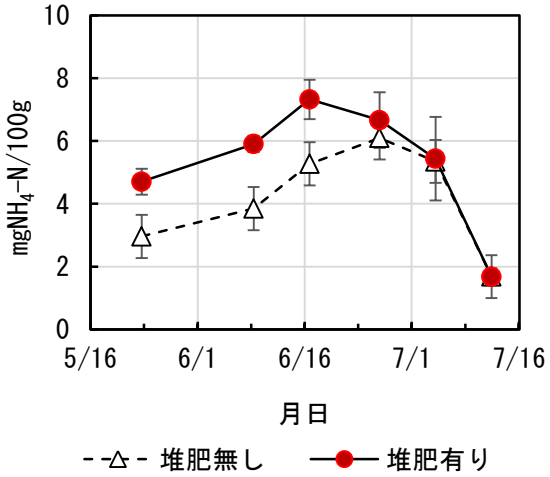
ア　速効性の窒素を半分含む化肥Ａは移植時から窒素が溶出していますが、LPS60 のみの化肥Ｂは６月下旬まで窒素の溶出量が少なく、７月から８月上旬にかけて大部分が溶出するパターンを示しました。

イ　化肥Ｂだけだと、水稲の生育初期における窒素供給量が不足します。しかし、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２mgN/100g ほど高く推移しており、肥料だけでは不足する窒素をある程度補うことが可能です。



供試肥料の窒素溶出量の推移

注）肥料のほ場埋設により溶出率を測定。施肥量 6.5kgN/10a。



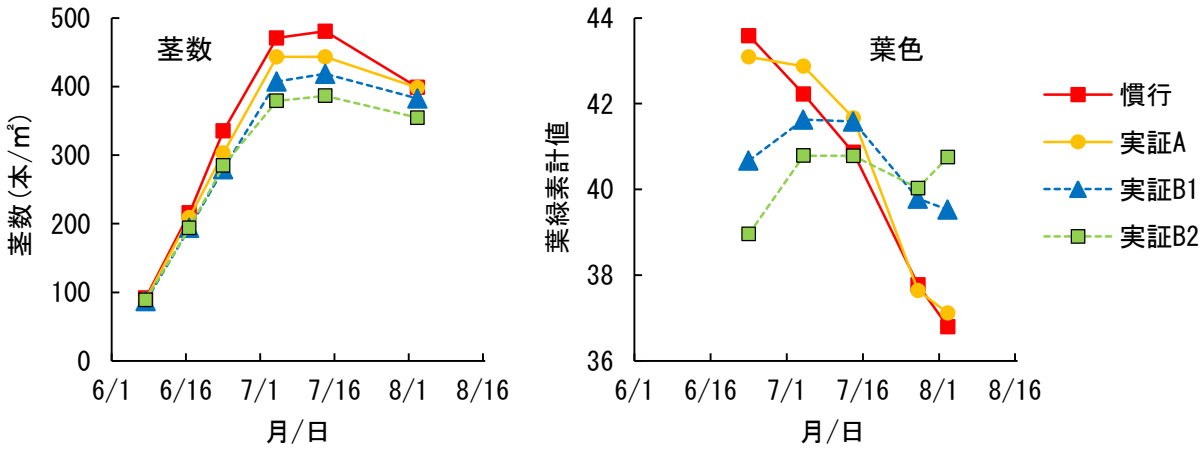
作土のアンモニア態窒素の推移

注）土壌は条間から採取。縦棒は標準偏差。

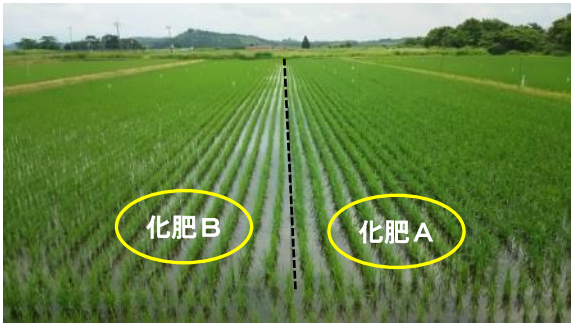
ウ　慣行区と比べ、実証区はいずれも茎数が少なめに推移します。特に、LPS60 だけを用いた実証 B1 区、B2 区は少なく、中でも施肥量の少ない B2 区はより少なめとなります。一方、葉色は、慣行区と実証区が６月下旬から８月上旬にかけて低下傾向にあるのに対し、実証 B1 区、B2 区は相対的に葉色の変動が小さく、８月上旬でも高く維持されていました。

エ　実証区では、無堆肥でも窒素吸収量が目標を概ね上回りましたが、対照区に比べ籾数はやや少なめでした。堆肥を施用することで、窒素吸収量が増加しつつ籾数も増加する傾向にあり、

対照区と遜色無い籾数が得られました。



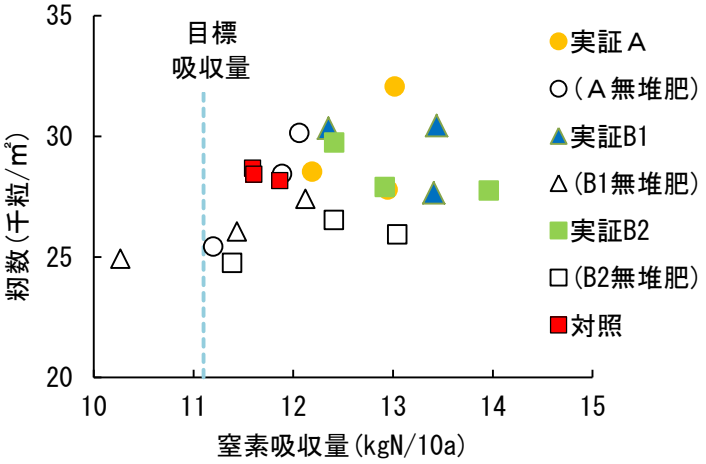
水稲の茎数及び葉色の推移



（6 月 24 日撮影）

（7 月 27 日撮影）

水稲の生育の様子



窒素吸収量と籾数の関係

注）目標吸収量は「秋田県稲作指導指針（2017 年）」より引用。

オ　実証区の精玄米重は、いずれも慣行区に劣りませんでした。実証 B1 区と B2 区は、実証A区や対照区と比べ穂数は少なめですが、一穂籾数が多くなることで籾数を確保できました。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ですが、千粒重が大きく外観品質

が優る傾向でした。

水稲の収量、収量構成要素及び玄米品質

試験区	精玄米[1)]重	収量構成要素					玄米品質	
		穂数	一穂籾数	総籾数	登熟歩合	千粒重[1)]	外観[2)]品質	タンパク[1,3)]質含有率
	(g/㎡)	(本/㎡)	(粒/穂)	(千粒/㎡)	(%)	(g/千粒)		(%)
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。

（３）資材費の試算

以上２つの実証試験で用いた肥料の価格は、現物１kg 当たりの単価は化肥Ｂの方が７割ほど高いですが、窒素の保証成分が高濃度ですので、窒素１kg 当たりの単価で比較すると化肥Ｂは化肥Ａの３分の２ほどになります。したがって、施肥窒素量が同一であれば、化肥Ｂを用いた方が肥料費は安く済みます。

化肥Ａ、化肥Ｂのキロ単価

肥料	包装単位	価格(円)*		同左比	保証成分	窒素含量	窒素1kg当り単価	同左比
	(kg/袋)	1袋当り ①	現物1kg当り		(N%)	(kgN/袋) ②	(円/kgN) ①/②	
化肥Ａ	20	3,186	159	(100)	15	3.0	1,062	(100)
化肥Ｂ	10	2,727	273	171	41	4.1	665	63

＊ H28 の農業試験場での納入価格。

秋田市雄和の試算結果のように、堆肥の施用量を 500kg/10a、施肥窒素量 6.5kgN/10a（慣行比 1.5kgN/10a の減肥）とすると、実証Ａは慣行より割高となりました。化肥Ａに堆肥を組み合わせる場合、施肥量を約 2.5kgN/10a 以上減肥しないと、慣行より肥料費が割高となってしまいます。

市販されている基肥一発型の肥料は、一般に速効性窒素と緩効性窒素がほぼ半分ずつ含まれています。こうすることで、生育初期の茎数確保と、生育中期の追肥が基肥一回で済むように設計されています。

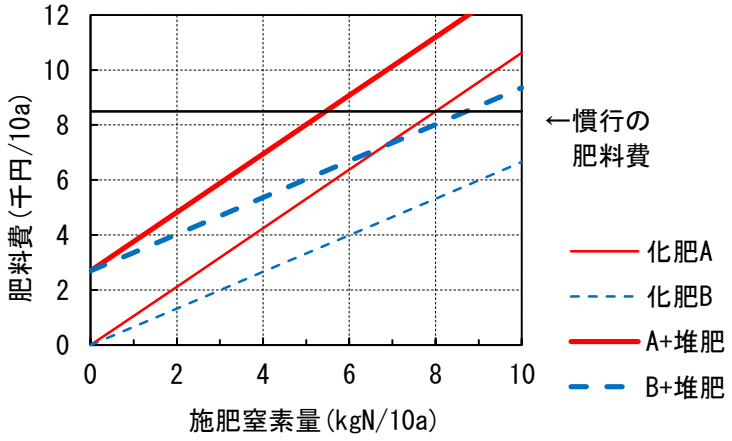
しかし、これまでの試験から明らかになったように、堆肥を施用すると、窒素代替量に応じて速効性の窒素肥料を施用した場合と同様の効果が得られます。したがって、堆肥を用いた他に基肥一発型の肥料を使う場合は、速効的な窒素成分の配合割合が少なくても問題ありません。例えば、今回の試験で示したような LPS60 の単独施用、あるいは苗箱施肥なども可能です。

基肥一発型ではなく分施体系の場合は、基肥は堆肥の窒素代替量で不足する分を施肥し、追肥は生育診断にしたがって行います。

実証試験における 10a 当り肥料費の試算

場所	年次	試験区	堆肥 施用量 (kg)	堆肥 費用* (円)	基肥 種類	基肥 施肥量 (kgN)	基肥 費用* (円)	追肥 施肥量 (kgN)	追肥 費用* (円)	合計 (円)	同左比
美郷町	2013	慣行	0	0	化肥Ａ	6.8	7,222	1.0	231	7,453	(100)
		実証Ａ	500	2,700	〃	4.0	4,248	0.0	0	6,948	93
	2014	慣行	0	0	化肥Ａ	7.5	7,965	0.0	0	7,965	(100)
		実証Ａ	500	2,700	〃	4.0	4,248	0.0	0	6,948	87
秋田市	2016	慣行	0	0	化肥Ａ	8.0	8,496	0.0	0	8,496	(100)
		実証Ａ	500	2,700	〃	6.5	6,903	0.0	0	9,603	113
		実証B1	500	2,700	化肥Ｂ	6.5	4,323	0.0	0	7,023	83
		実証B2	500	2,700	〃	5.0	3,326	0.0	0	6,026	71

＊　堆肥 5,400 円/t、化肥Ａ 3,186 円/20kg、化肥Ｂ 2,727 円/10kg、追肥（硫安）972 円/20kg として試算。価格は 2016 年度の農業試験場での納入価格。



肥料の種類と施肥量及び堆肥の
有無による肥料費の変化

注１）慣行の肥料費を 8,496 円（施肥量８kgN/10a）とした。
２）堆肥は 500kg/10a の施用量で 2,700 円とした。

以上のことから、水稲作における堆肥施用のポイントを整理すると、次のようになります。

○　堆肥の種類：窒素代替量の多い堆肥（豚ぷん、鶏ふん主体）、土づくり資材的な堆肥（牛ふん主体）のいずれかを選択。

○　堆肥の施用量：窒素代替量の多い堆肥は、代替量３kgN を基本としつつ、必要に応じて増減する。

○　化学肥料の施用量：慣行の施肥窒素量から堆肥の窒素代替量を減肥する。

○　化学肥料の種類：窒素１kg 当たりの単価と施肥窒素量から肥料費を算出する。堆肥に要する費用より安くできることが望ましい。

堆肥施用により経営的なメリットがあるかどうか、一概には言えません。肥料費の節減になる可能性はありますが、堆肥を散布する手間と経費が発生します。一方で、堆肥から持ち込まれるリン酸、カリ等の成分は、土壌改良資材を代替する効果があります。また、堆肥を活用することで、コメの販売価格にプラスアルファがあるかもしれません。

これらを勘案したうえで、可能な範囲で堆肥の活用について検討してください。

III 野菜における堆肥利用

1 野菜作での堆肥施用の考え方（施肥設計）

秋田県の野菜作は、転換畑での栽培が増加しています。水田から畑に転換する場合に必要とされるのは、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ます。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、また、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します。

そこで、土壌を総合的に改善するために、野菜作では積極的に堆肥が施用されています。施用量は対象とする野菜品目や堆肥の種類によって多少はありますが、大体１～４t/10a が投入されているのが現状です。

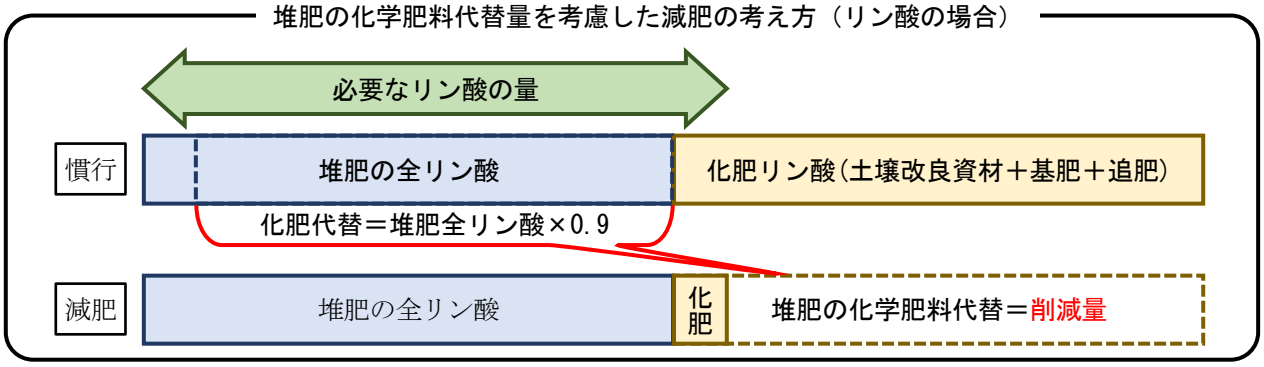
野菜の堆肥等施肥量の目安

	土づくりに関する技術	使用の目安
果菜類	土壌診断に基づいた適切な有機質資材（堆肥、堆厩肥等）の使用	２～４t／10a（但し、さや類１～２t／10a）
	緑肥作物の栽培、鋤こみ	１t／10a
葉菜類	土壌診断に基づいた適切な有機質資材（堆肥、堆厩肥等）の使用	１～２t／10a
	緑肥作物の栽培、鋤こみ	0.5～１t／10a
根菜類	土壌診断に基づいた適切な有機質資材（堆肥、堆厩肥等）の使用	１～２t／10a（前作に使用）
	緑肥作物の栽培、鋤こみ	0.5～１t／10a（前作に使用）

「秋田県持続性の高い農業生産方式の導入に関する指針（2013 年）」から引用

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要素が含まれています。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ことにあります。特に野菜作では、水稲よりも多量施用かつ連用されるため、養分蓄積に注意が必要です。

このため、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必要になります。「２ 堆肥の成分と肥料代替性」（p.2）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います。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です。

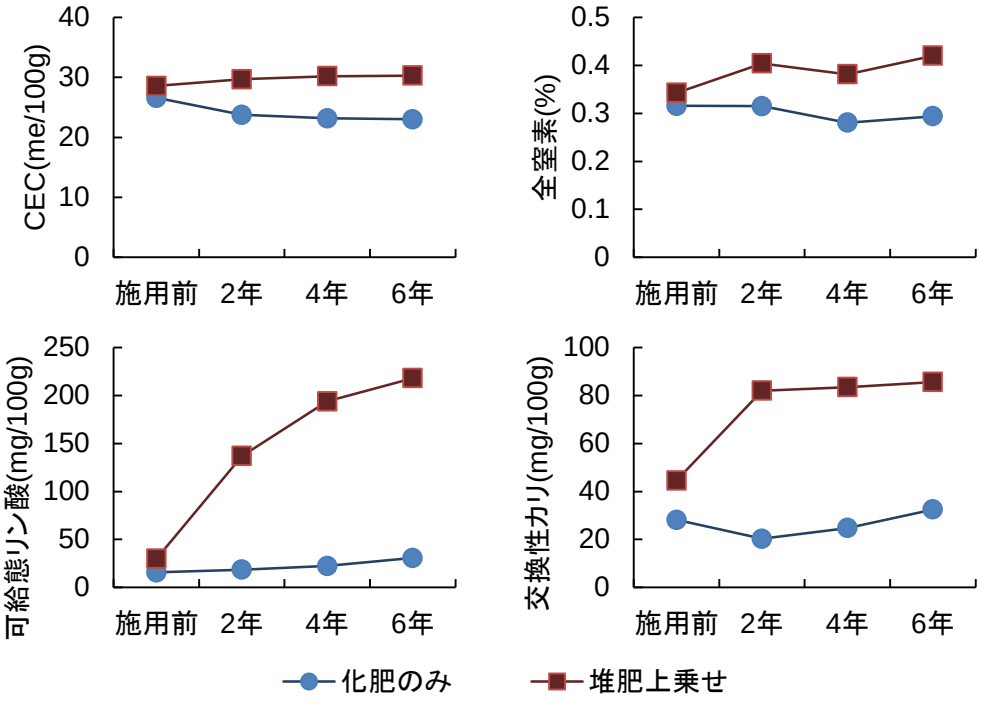


2 連用時の土壌変化と留意点

堆肥の施用によって、水はけ（透水性）や水持ち（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ます。

例えば、転換畑で化学肥料のみを施用した場合、保肥力（CEC）や地力窒素（全窒素）は経年的に減少していきますが、豚ぷん堆肥２t/10a を６年間連用（堆肥上乗せ）した土壌では増加します。さらに、堆肥上乗せでは可給態リン酸や交換性カリも著しく増加します。

持続的に農業を行うためには、環境と調和した生産活動が必要不可欠です。環境に優しい土づくりは、環境と調和のとれた農業生産活動の基盤となる技術として位置づけられており、また、施肥については、環境負荷の低減に配慮して作物に利用されない余剰分をできるだけ少なくすることが求められています。



堆肥の有無が転換畑の土壌化学性に及ぼす影響

注１）堆肥上乗せで、化学肥料＋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

★土壌の塩基置換容量（CEC）

CEC はカリや石灰、苦土といった養分を保持する能力の程度を表します。土づくりの目標値として 15me/100g 以上に改善することが求められています。CEC を大きくすることで次のような効果があります

- ✓ 化学肥料の多量施用に対しても、濃度障害を軽減。
- ✓ 土壌中のアルミニウムと結合して、活性アルミニウムの作物への有害作用を軽減。
- ✓ 火山灰土壌のリン酸吸収係数を漸減させ、有効態リン酸が増加。
- ✓ pH に対する緩衝能を向上させ、土壌の酸性化やアルカリ化を抑制。

3 キャベツでの堆肥利用

県内の業務・加工用キャベツ産地である能代市、三種町とにかほ市で実証試験を行いました。各実証地区の土壌タイプは県北地域が黒ボク土、由利地域が灰色低地土の転換畑で、キャベツは主に秋冬作型です。

実証地区のキャベツ栽培の概要

年次	地区	市町村	土壌群	品種	定植日	収穫日	栽植様式（条間×株間）	前作
2012	12①	三種町	黒ボク土	あさしお	8月6日	10月26日	60cm×30cm	キャベツ
	12②	にかほ市	灰色低地土	YR彩藍	8月4日	10月18日	70cm×38cm	未作付
2013	13①	能代市	黒ボク土	愛輝	5月29日	8月2日	70cm×35cm	キャベツ
	13②	にかほ市	灰色低地土	あさしお	8月7日	10月28日	70cm×38cm	キャベツ

実証地区での堆肥散布量は、牛ふんと豚ぷんは 4,000～5,000kg/10a と慣行量よりも多く散布されていました。このため、堆肥に含まれるリン酸の代替量は 25～28kg P_2O_5/10a であり、化肥の慣行散布量を上回ることから、実証区の化肥リン酸は無施肥としました。また、カリの代替量は 11～42kg K_2O/10a で、化肥の慣行散布量との差から、実証区の化肥カリを追加しました。

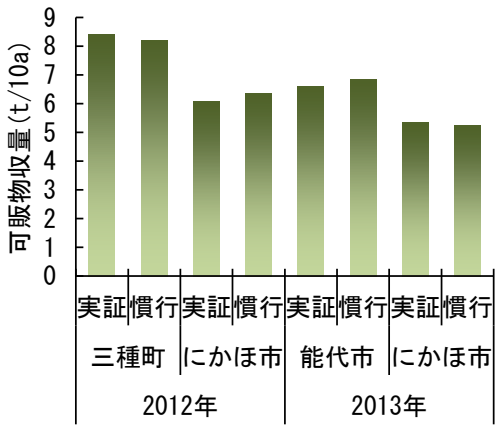
実証地区の堆肥成分と化肥代替量、慣行施肥に対する化肥代替量の割合

地区	供試堆肥	施用量 (kg/10a)	成分(%) チッソ-リン酸-カリ	化肥代替量[1] (kg/10a)			化肥(kg/10a) 実証			化肥(kg/10a) 慣行			代替の割合[2] (%)		
				チッソ	リン酸	カリ	チッソ	リン酸	カリ	チッソ	リン酸	カリ	チッソ	リン酸	カリ
12①	牛糞	5000	0.5-0.6-0.9	―	25	42	30	0	0	30	25	25	―	100	168
12②	豚糞	4000	0.4-0.8-0.3	―	28	11	25	0	0	25	25	26	―	112	42
13①	鶏糞	360	3.3-3.7-4.3	4	7	12	25	17	17	27	41	27	15	17	44
13②	豚糞	4000	0.4-0.8-0.3	―	28	11	26	0	15	26	25	26	―	112	42

1）化肥代替量は「秋田県減肥マニュアル（2011 年）」に基づき、リン酸（P_2O_5）は牛ふんと豚ぷんが 90%、鶏ふんが 53%とした（対全リン酸）。カリ（K_2O）は牛ふんと豚ぷんが 90%、鶏ふんが 71%とした（対全カリ）。
2）代替の割合は慣行の化肥量に対する堆肥の化肥代替量の割合。

このように減肥をしたところ、生育期間中に実証区と慣行区の違いは見られませんでした（写真）。また、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した。

実証試験のキャベツの生育状況
（左：実証、右：慣行、能代市）



実証試験のキャベツの収量

4 ネギでの堆肥利用

キャベツ同様、県内の畑転換ほ場において、ネギの実証試験を行いました。土壌タイプは能代市が黒ボク土、湯沢市が灰色低地土、秋田市と横手市がグライ土で、ネギは秋冬作型を対象としています。

実証地区のキャベツ栽培の概要

年次	地区	市町村	土壌群	品種	定植日	収穫日	栽植様式（条間×株間）	前作
2014	14①	能代市	黒ボク土	夏扇パワー	5月9日	10月31日	90cm×3cm	ネギ
	14②	湯沢市	灰色低地土	夏扇パワー	5月20日	10月30日	90cm×3cm	ネギ
2015	15①	秋田市	グライ土	夏扇パワー	6月7日	11月22日	100cm×2.7cm	ほ場整備
	15②	横手市	グライ土	夏扇パワー	6月12日	11月12日	100cm×2.8cm	ネギ

実証地区での堆肥散布量は、牛ふんと牛豚ぷんは 2,000kg/10a と慣行量が散布されていました。最近のネギの専用肥料は、緩効性窒素肥料が含まれ、リン酸とカリ成分含量が低い基肥一発型肥料が流通しており、これと土壌改良資材としてリン酸肥料、堆肥を合わせる体系が多くみられます。そこで、堆肥の化学肥料代替のリン酸を土壌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ました。

実証地区の堆肥成分と化学肥料代替量、慣行施肥に対する化学肥料代替量の割合

地区	供試堆肥	施用量（kg/10a）	成分（%） チッソ-リン酸-カリ	化肥代替量[1)]（kg/10a）			化肥（kg/10a）						代替の割合[2)]（%）		
							実証			慣行					
				チッソ	リン酸	カリ	チッソ	リン酸	カリ	チッソ	リン酸	カリ	チッソ	リン酸	カリ
14①	鶏糞	150	3.7-4.7-4.3	—	4	5	30	8	8	30	14	14	—	29	36
14②	牛糞	2000	0.6-0.7-1.1	—	13	19	27	25	12	27	45	42	—	29	45
15①	牛糞	2000	0.6-0.7-1.1	—	13	19	25	9	9	25	25	9	—	52	211
15②	牛豚糞	2000	2.4-4.3-3.9	—	77	70	25	9	9	25	21	9	—	367	778

1）化肥代替量は「秋田県減肥マニュアル（2011 年）」に基づき、リン酸（P_2O_5）は牛糞と豚糞が 90%、鶏糞が 53%とした（対全リン酸）。カリ（K_2O）は牛糞と豚糞が 90%、鶏糞が 71%とした（対全カリ）。
2）代替の割合は慣行の化肥量に対する堆肥の化肥代替量の割合。

収穫時のネギの調整重、分岐長、葉鞘茎に差がなく、出荷規格の割合でも処理の差は認められませんでした。また、どの地区でも目標収量の 3,700kg/10a を上回りました。

写真　収穫時のネギの様子
（左：実証区、右：慣行区、横手市）

表　ネギの収量と出荷規格の割合

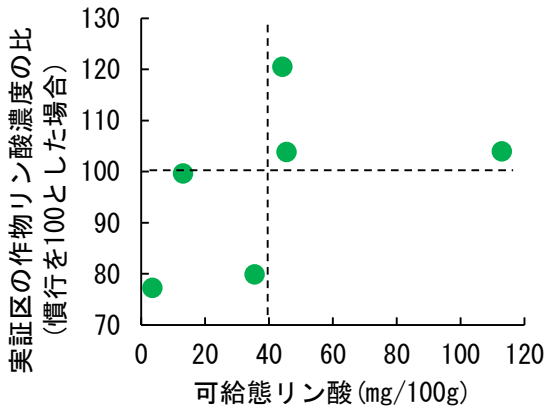
地区	試験区	調製重（g/本）	収量（kg/10a）	出荷規格割合（%）			
				2L	L	M	S以下
14①	実証	203	5758	67	30	3	0
	慣行	200	5973	66	25	9	0
14②	実証	150	5474	38	50	3	9
	慣行	165	6277	37	43	11	9
15①	実証	162	5979	38	49	4	9
	慣行	152	5945	26	56	13	5
15②	実証	214	7711	83	17	0	0
	慣行	217	7596	83	17	0	0

1）出荷規格は 2L=180g 以上、L=180～120g、M=120～90g、S 以下＝90g 以下。

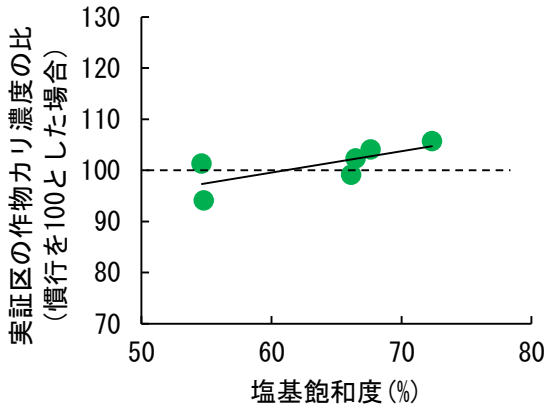
5 堆肥を利用した減肥栽培の注意点

堆肥には肥料成分が含まれていますが、これは作物が要求する養分と必ずしも一致しているわけではありません。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ります。

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、堆肥の化学肥料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ました。

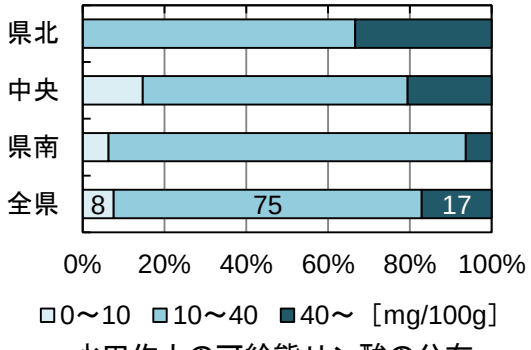


土壌のリン酸濃度と
定植１月後の作物体のリン酸濃度



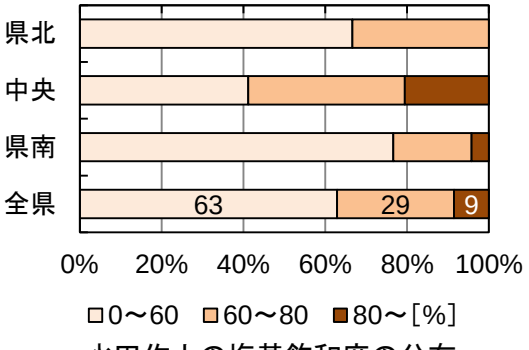
土壌の塩基飽和度と
定植１月後の作物体のカリ濃度

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%としています。一方、県内水田の作土では、可給態リン酸 40mg/100g 以下の割合は全県で 83%、また、塩基飽和度 60%以下の割合は全県で 63%を占めています。



水田作土の可給態リン酸の分布

注）土壌機能モニタリング調査結果より
（全県 105 地点、2004～2008 年）



水田作土の塩基飽和度の分布

注）土壌機能モニタリング調査結果より
（全県 105 地点、2004～2008 年）

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す。

Ⅳ 果樹における堆肥利用

1 果樹での施肥

永年生の果樹は、土壌や立地、気象条件の影響を強く受け、さらに、せん定や着果管理などの栽培条件の影響も加わり施肥の反応が判然としない場合が多くみられます。また、深根性で土壌養分に対する依存度が高いため、土壌肥沃度を一定レベルに維持することが求められます。

一般に果樹では、施肥量が多すぎると果実品質の低下につながる場合が多く、品質のよい果実を収量を確保しながら生産するためには、土壌条件や樹種の特性に合わせ適正量を施用する必要があり、施肥基準が設定されています。

県内で主要な果樹であるリンゴ、ブドウ、ニホンナシでは、それぞれ標準となる施肥量も施肥時期も異なります。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施肥量を調節することもよく行われており、実際には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ります。

秋田県における施肥基準

樹種	施肥量（kg／10a）			施肥時期と割合（　）内
	窒素	リン酸	カリ	
リンゴ	６～１２	３～６	５～１０	４月（60～70%）、９月下旬～10月上旬（30～40%）
ニホンナシ	１５～１８	６～８	１２～１５	３月～４月（60%）、５月中旬～６月上旬（0～20%）、９月（20～40%）
ブドウ大粒品種	６	２～３	４～５	９月（60～80%）、４月（20%）、６月（０～20%）

2 果樹での堆肥施用の考え方

果樹では、堆肥は地力維持や苗木植え付け時の植え穴の改良を目的に施用されることが多く、地域で入手できる様々な堆肥が利用されているようです。近年、家畜排泄物等の循環利用を図る観点から、堆肥等地域有機質資源を果樹栽培でも有効に活用していくことが求められています。また、環境保全型農業への取り組みや安全・安心な農作物に対する消費者・実需者ニーズを受け、県内果樹産地でもエコファーマー認定や減農薬・減化学肥料の特別栽培への取り組みもみられています。

果樹では、土壌表面に草を生やしながら園地を管理する草生栽培が多く、施肥成分は下草の生育に伴う吸収と刈り倒しによる表土への還元を通して、養分循環と地力維持に大きな役割を果たしています。このため、果樹の養分吸収は地力依存性が大きく、施肥当年の肥料利用率は他の作物に比べて低い例が多くみられます。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）といった肥料（肥効）の違いで、生育に差がみられることがありますが、成木になると施肥成分量、特に、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ることはあまりありません。

そこで、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ました。

リンゴでは主産地である県北鹿角市と県南横手市においてわい化栽培「ふじ」で、ニホンナシで

は主要産地の沿岸中央部で主力品種「幸水」で、ブドウでは県南横手市で大粒系品種「巨峰」で検討をおこないました。

3 リンゴ

（1）県北部

県北部では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ました。

果樹試験場鹿角分場（鹿角市花輪、黒ボク土）のリンゴ栽培跡地圃場に、2003 年４月に、ふじ／M.９ナガノの１年生苗木を栽植距離５×３ｍで定植し、試験区の構成に従って 2009 年まで施肥処理を継続しました。

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８ｔ/10a	豚ふん堆肥[Y]
減化学肥料区	豚ふん堆肥８ｔ/10a	豚ふん堆肥＋化学肥料[X]（施肥窒素量の半量ずつ施用）
化学肥料区	豚ふん堆肥８ｔ/10a	化学肥料
慣行区	無し	化学肥料

施肥窒素量 (kgN/10a)

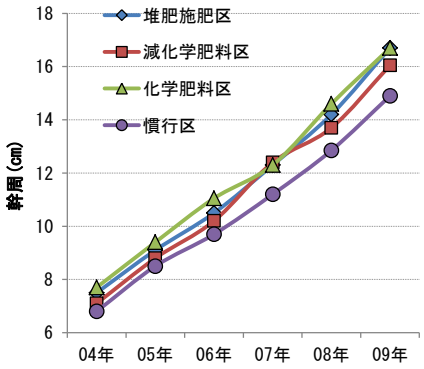
試験年	春肥	秋肥	合計
2003～2004年	2	0	2
2005年	4	0	4
2006～2007年	4	2	6
2008～2009年	7	3	10

[Z] 2002 年 11 月に投入した内容。[Y] 成分組成はＮ：２％、P_2O_5：６％、K_2O：２％（乾物％）、Ｃ／Ｎ：7.1、水分：33％。定植後の肥料で使用した豚ふん堆肥も同じ。生産地は小坂町。堆肥投入後は慣行区も含めた全ての試験区で深耕した。
[X] 化学肥料の成分量は、Ｎ：20%、P_2O_5：８％、K_2O：14%。

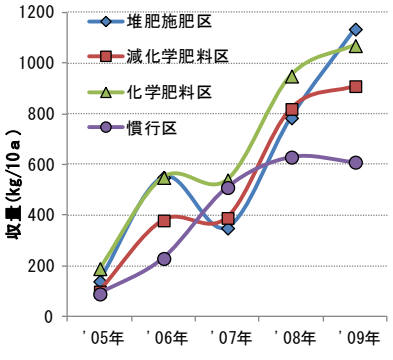
ア　樹体生育、収量

改植時に豚ふん堆肥を投入した堆肥施肥区、減化学肥料区、化学肥料区は、 改植時に豚ふん堆肥を投入しなかった慣行区に比較して生育が優れました。堆肥施肥区、減化学肥料区、化学肥料区間には明らかな差はなく、樹体生育に及ぼす施肥の影響はありませんでした。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ませんでした。

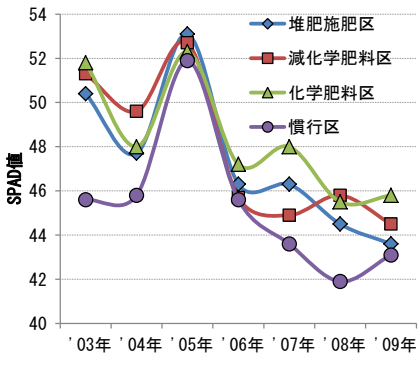
慣行区は幹周の肥大が劣り、全体的に短果枝が多く葉数が少ない、葉色が薄いなど生育が劣り細型の樹姿となりました。収量も樹体の成長量を反映し慣行区が低くなりました。



幹周の年次別変化（11 月）



収量の年次別変化（11 月）



葉色の年次別変化（7月）

10ａあたり 100 本で計算

イ　果実品質

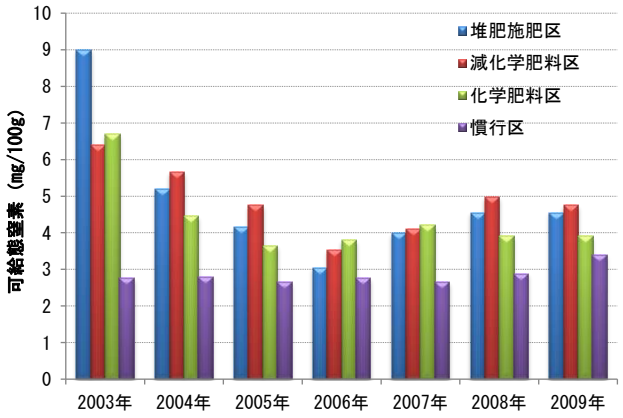
果実品質は慣行区の果重がやや軽い傾向にあった以外は、試験区間で明らかな差はなく、堆肥を使用したことによる着色不良や糖度低下、成熟遅延などの影響もみられませんでした。

年次別果実品質

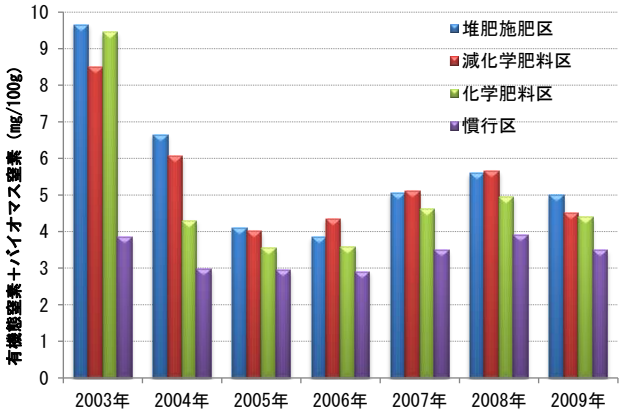
年次	試験区	果重 (g)	着色割合 (%)	硬度 (lbs)	糖度 (Brix%)	リンゴ酸 (g/100ml)	みつ入り (0-4)	デンプン (0-5)
2006年	堆肥施肥区	299	90	16.7	15.3	0.45	2.1	0.6
	減化学肥料区	304	90	17.1	15.5	0.51	1.9	0.5
	化学肥料区	311	85	16.5	16.1	0.45	1.4	0.6
	慣行区	280	85	17.8	15.4	0.43	1.9	0.7
2007年	堆肥施肥区	252	86	15.5	15.4	0.36	1.7	1.0
	減化学肥料区	270	87	16.1	15.7	0.39	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

慣行区と堆肥施肥区、減化学肥料区、化学肥料区との間で生育差がみられたのは、苗木定植前の堆肥投入で地力窒素量に差が生じたことが原因と考えられました。そこで、地力窒素量の一般的な指標である可給態窒素量と、地力窒素の供給源と考えられている有機態窒素量及び土壌バイオマス窒素量（土壌微生物が持っている窒素量）を調べました。



可給態窒素量の変化
（４～11月平均、深さ０～20cm）



有機態窒素量及び土壌バイオマス窒素量の変化（４～11月平均、深さ０～20cm）

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、可給態窒素量、有機態窒素量および土壌バイオマス窒素量が多く、堆肥投

入後７年を経てもその差は認められました。なお、堆肥施肥区、減化学肥料区、化学肥料区の間では、可給態窒素量に差はみられませんでしたが、有機態窒素量及び土壌バイオマス窒素量は2004 年以降は化学肥料区が少ない傾向にありました。

これらのことから、土壌改良で堆肥を利用すると地力窒素量が増加し、その効果は通常の施肥条件下で７年程度継続することがわかりました。

エ　土壌の化学性

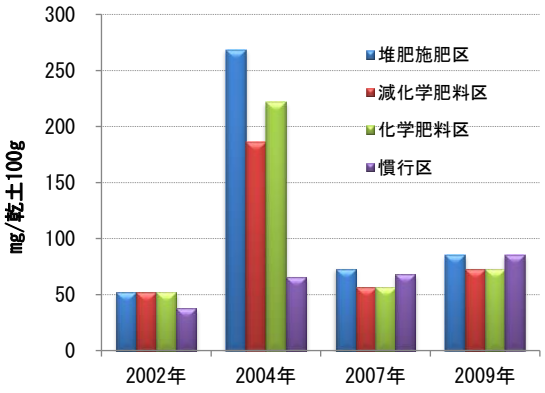
定植前に堆肥を投入したり、施肥に堆肥を利用した場合、土壌中の交換性カルシウム、マグネシウム、カリウム、有効態リン酸がどのように変化するかを調べました。

2002 年のデータは定植前（堆肥投入前）の 11 月のデータで、他の年は毎年４月１日に採取した土壌（採取深０～20cm）のデータです。

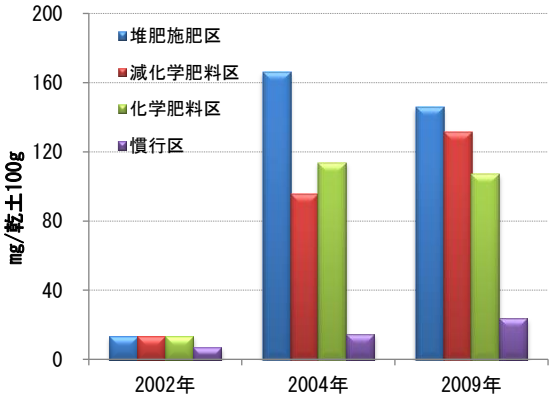
交換性カリウム量は、堆肥を投入した堆肥施肥区、減化学肥料区、化学肥料区では投入後２年目の 2004 年では非常に高いレベルになりましたが、５年後の 2007 年には慣行区とほぼ同レベルに低下しました。

一方、有効態リン酸量は堆肥投入後から 2009 年まで継続して高いレベルで推移しており、７年程度ではほとんど減少しないことがわかりました。

なお、交換性カルシウム、マグネシウム量では、堆肥の投入による含量の大きな変化はみられませんでした。



交換性カリウム量の変化



有効態リン酸の変化

オ　まとめと留意点

(ｱ) リンゴわい化栽培では、苗木定植前に豚ふん堆肥を投入して土壌改良すると、地力窒素量が増加し樹体の生育が良好になります。

(ｲ) 堆肥の投入で地力窒素量が高まった圃場では、その後の化学肥料による施肥を豚ふん堆肥に代替しても生育、収量、品質に影響はなく、減化学肥料栽培が可能です。

(ｳ) 豚ふん堆肥を投入して土壌改良すると土壌の交換性カリウムは、一時的に高濃度で保持されるため、塩基バランスを適正に保持し生理障害の発生を防止するために、カルシウムやマグネシウムも補給することが必要です。

(ｴ) 豚ふん、堆肥投入による土壌改良から７年目までは有効態リン酸がほぼ同レベルで維持され７年程度はリン酸の減肥が可能と考えられます。

（２）県南部

県南部では、リンゴ栽培で一般に使用される化成肥料の 50%または 80%を横手市内で製造されている家畜ふん堆肥で代替する施肥方法について、樹体生育、収量、果実品質への影響、また、環境負荷程度を評価するため土壌浸透水の硝酸性窒素量を検討しました。

果樹試験場内 10 号圃（横手市平鹿町、黒ボク土）に、ふじ／ＪＭ７の１年生苗木（2002 年接ぎ木）を 2003 年４月に列間４ｍ×株間３ｍで定植し、その後 2010 年（９年生）まで試験区の内容に従って、肥培管理を継続して調査しました。

施肥時期と施肥窒素量

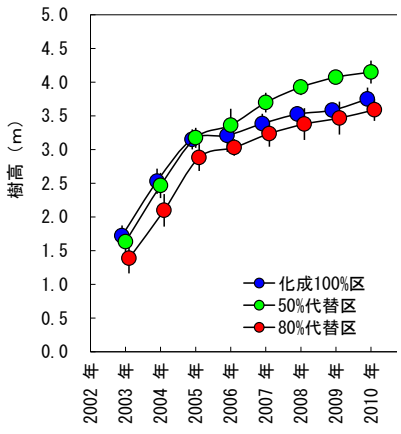
(kgN/10a)

試験区	春施肥		秋施肥	
	化成	堆肥	化成	堆肥
化成100%区	5.6	―	2.4	―
50%代替区	1.6	4	2.4	―
80%代替区	―	5.6	1.6	0.8

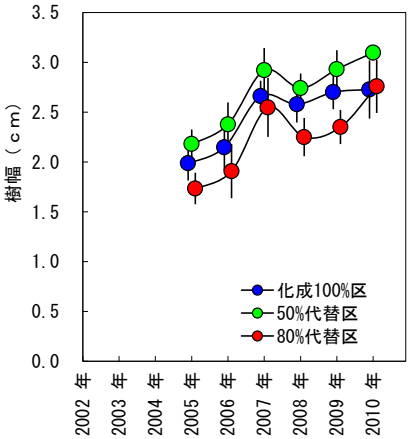
堆　　肥　豚ぷん及び鶏ふん 29%、モミガラ、廃オガ、戻し堆肥計 71%
（水分 46.2%、C/N 12.6、乾物 TN 3.0%、P_2O_5 7.2%、K_2O 3.2%）
化成肥料　尿素複合燐加安（N 20%、P_2O_5 ８%、K_2O 14%）
春施肥は４月、秋施肥は９月下旬～10 月中旬

ア　樹体生育、収量

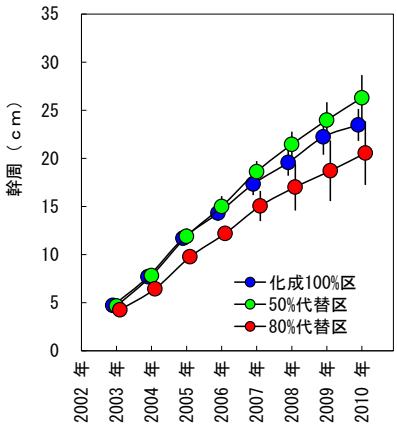
2003 年の定植時から 2010 年までの樹高、樹幅、幹周の推移では、慣行の化成 100%区に比較し、50%代替区はほぼ同等の生育を示しましたが、80%代替区は劣る傾向にありました。特に、幹周は２年生から差がみられ、４年生（2004 年）以降は明らかに 80%代替区の生育が劣る結果となっています。



樹高の推移



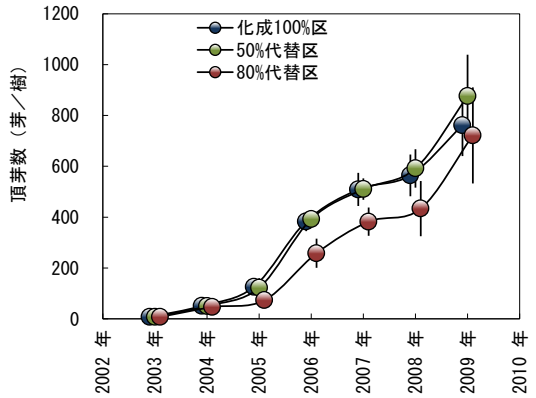
樹幅の推移



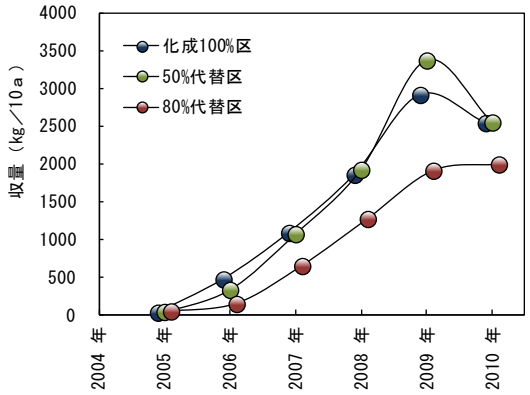
幹周の推移

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､2005 年（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ました。2005 年から 2009 年までの累積収量は 80%代替区が他に比べ 60%程度にとどまりました。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、収量レベルが低くなったと考えられます。



頂芽数の推移



収量の推移

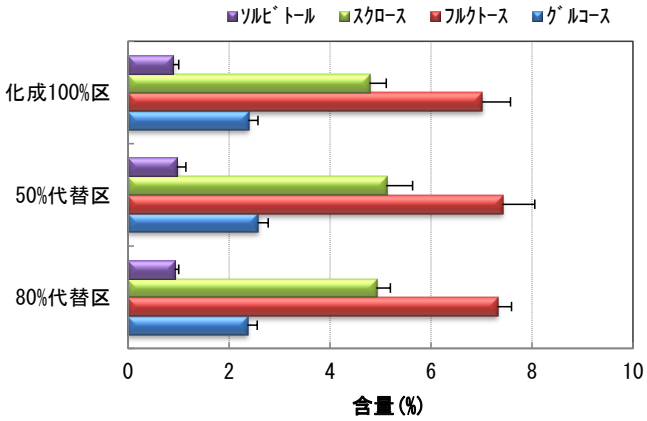
10ａあたり 83 本で計算

イ　品質調査

初成りの 2005 年を除く５か年の果実品質調査では、果重は化成 100%区、50%代替区が 330～400g に対して、80%代替区は 280～350g で小さい傾向がみられました。一方、着色、果肉硬度、糖度、リンゴ酸含量には区間で差はなく、また、果汁中の糖組成や含量にも差は認められませんでした。

収穫果の果実品質の比較

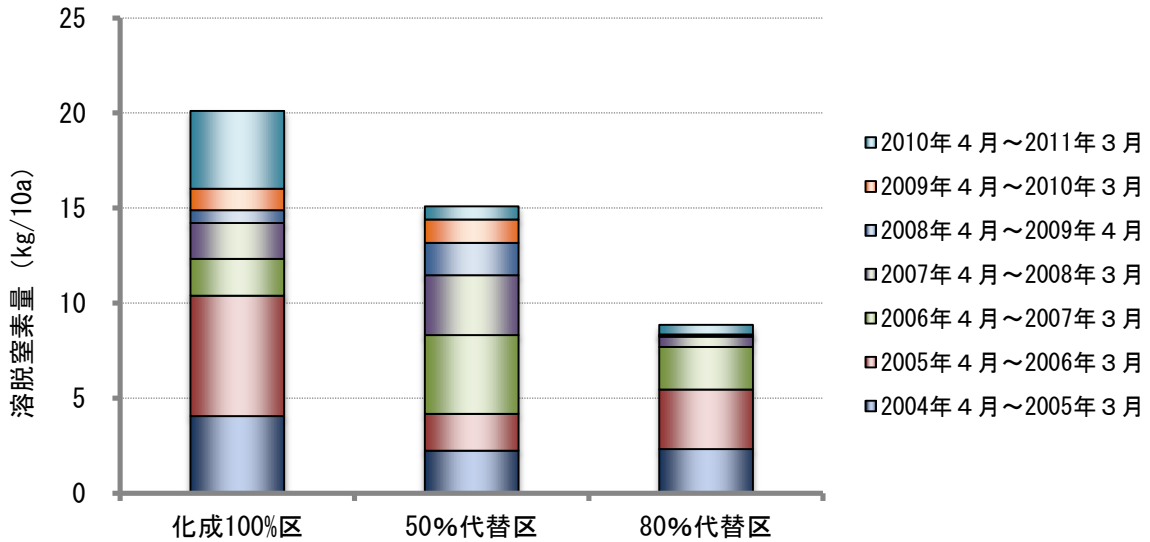
試験年	試験区	果重（g）	着色割合（%）	硬度（lbs）	糖度（Brix%）	リンゴ酸（g/100g）	みつ入り（0-5）	デンプン（0-4）
2006年	化成100%区	359	84	16.1	15.6	0.36	2.0	0.9
	50%代替区	360	85	15.7	15.5	0.34	2.2	0.9
	80%代替区	343	87	15.8	15.2	0.33	1.7	1.0
2007年	化成100%区	343	94	15.2	15.6	0.40	2.5	2.1
	50%代替区	353	89	15.0	15.3	0.38	2.6	2.0
	80%代替区	324	95	15.4	15.2	0.36	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



果汁中の糖成分含量

ウ　硝酸性窒素の環境負荷程度

2004 年４月から 2011 年３月までの累積の硝酸性窒素の溶脱量（地下１ｍ以下への浸透）は、化成 100%区≧50%代替区＞80%代替区の順で、堆肥代替区では化成 100%区に比べて少ない結果となりました。時期別に比較すると 12 月から４月までの冬期間の溶脱量が多い傾向にありましたが、浸透水中の硝酸性窒素濃度は、調査期間を通じて各区ともほぼ 10mgN／L 以下で、2007 年以降、80%代替区は、化成 100%区、50%代替区より低い濃度で経過しました。



地表面下１ｍにおける溶脱窒素量

エ　まとめ

(ｱ) リンゴわい化栽培では、慣行の化成肥料の施肥に対して地域内堆肥（豚ぷん、鶏ふん、モミガラ等を原料とした堆肥）で年間施肥窒素の 50%を代替しても、樹体生育、収量、果実品質には影響がなく、減化学肥料栽培が可能です。

(ｲ) 慣行の化成肥料の施肥に対して施肥窒素の 80%を代替した場合には、定植後の初期生育が劣り、着果数、収量の増加割合が低く、また、収穫果の果重は小さくなる傾向にあります。

(ｳ) 施肥窒素の 50%を堆肥で代替した場合は、硝酸性窒素の溶脱量がやや減少し環境負荷を低減して栽培が可能と判断されます。

4 ブドウ

県南部で栽培の多いブドウでは、一般に使用される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する方法について、施肥量が少ない大粒種を対象に樹体生育、収量、果実品質への影響、また、環境負荷程度を評価するため土壌浸透水の硝酸性窒素量を検討しました。

果樹試験場内の圃場(横手市平鹿町、黒ボク土)に、巨峰／テレキ５C の１年生苗木を 2007 年５月に植栽距離６ｍ×12ｍで定植し、試験区の内容に従って 2014 年まで施肥処理を継続しました。

窒素施肥量と施肥時期

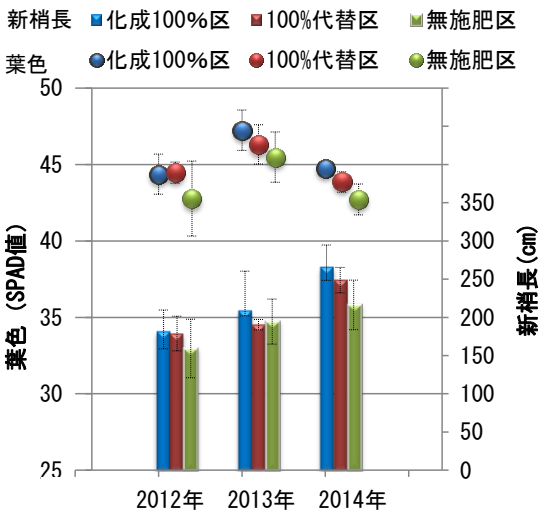
（kgN/10ａ）

年次	2011年	2012年		2013年		2014年	
施用時期	10月	4月	10月	4月	９月	4月	９月
窒素施用量(T-N)	4.0	1.2	4.8	1.2	4.8	1.2	4.8

化成100％区：苦土・ほう素入り尿素複合燐加安
(T-N20%、$P_2O_5$8%、K_2O14%)
100％代替区：豚ふん・鶏ふん・牛ふん・生ごみ・モミ殻が原料の堆肥
(現物当たり T-N2.5%、$P_2O_5$4.2%、K_2O3.4%)

（１）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 2013 年以降、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りました。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ました。



「巨峰」の新梢長および葉色

新梢長は７月中旬、葉色は７月下～8 月初旬に計測
(各区３樹の平均)

（２）果実品質および収量

果実品質のうち、100％代替区や無施肥区の１粒重と果房重は化成 100％区より小さい傾向にありましたが、目標とする大きさで収量にも差が無く、生産性には問題はありませんでした。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りました。

「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
登熟率は新梢長に対する登熟した枝の長さの割合

「巨峰」の収穫盛期の果実品質

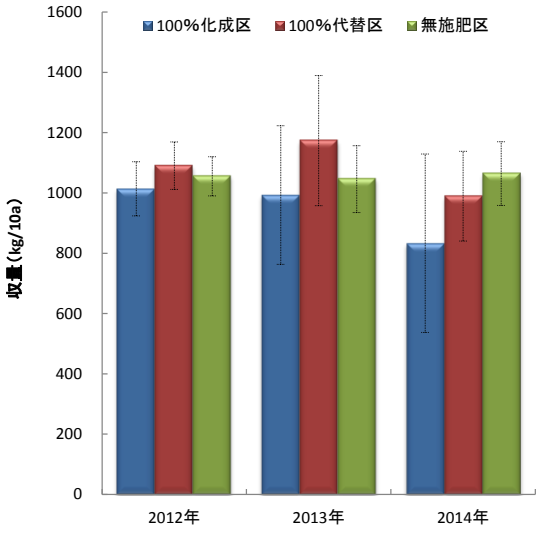
年次	試験区	果房重 (g)	果皮色[z] (c.c)	着粒数 (個)	１粒重 (g)	糖度 (Brix%)	酒石酸 (mg/100ml)
2012年	化成100%区	469 ±41	7.5 ±0.2	34	13.8 ±1.1	18.8 ±0.5	0.47 ±0.02
	100%代替区	448 ±56	7.8 ±0.6	33	13.3 ±0.4	18.8 ±0.1	0.49 ±0.01
	無施肥区	435 ±28	7.5 ±0.3	31	13.7 ±0.2	18.7 ±0.3	0.48 ±0.01
2013年	化成100%区	467 ±15	7.3 ±0.3	30	15.1 ±0.2	18.2 ±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）

（３）窒素の環境負荷程度

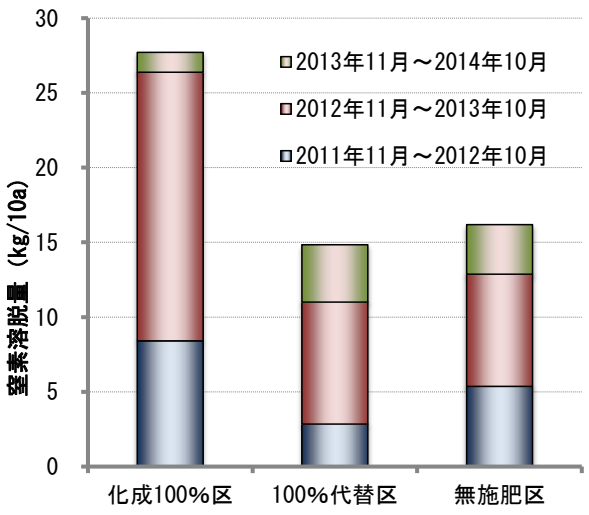
環境負荷を示す窒素溶脱量は、深さ１ｍにまで達した浸透水を採取し、硝酸性窒素（NO_3-N）濃度を測定し、10ａ当たりの溶脱量を求めました。全調査期間を通して冬期の硝酸性窒素濃度が高く、化成100%区では10mgN／Lを超えることもありました。

生育期に利用されなかった窒素成分は主に冬に溶脱してくるものと考えられました。2011 年 11 月～2014 年 10 月の 10a 当たりの窒素溶脱量は、100%代替区では土壌窒素由来によるものと考えられる無施肥区とほぼ同量の 15kg 程度に対して、化成 100%区の溶脱量は 28kg 程度で、土壌由来に加えほぼ２年間の施肥窒素量に相当する量が溶脱していました。一方、堆肥の施用による窒素溶脱の負荷はほとんどありませんでした。



「巨峰」の収量

（各区３樹の平均）



地表面下１ｍにおける溶脱窒素量

（４）まとめ

ア　県南部のブドウ「巨峰」栽培においては、化学肥料で施用する年間窒素成分の全量を地域内堆肥（豚ぷん、鶏ふん、モミガラ等を原料とした堆肥）で代替して施用しても樹体生育、収量、

果実品質には大きな影響は認められません。

イ　豚ぷんや鶏ふんを原料にした堆肥を有機肥料的に活用することにより、環境負荷を与えることなく、安定した果実生産が可能であると判断されます。

５ ニホンナシ

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する方法について、生育、収量、品質、さらに環境への影響として土壌浸透水の硝酸性窒素量を検討しました。

果樹試験場天王分場内圃場（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（成木植栽距離７ｍ×７ｍ）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ました。

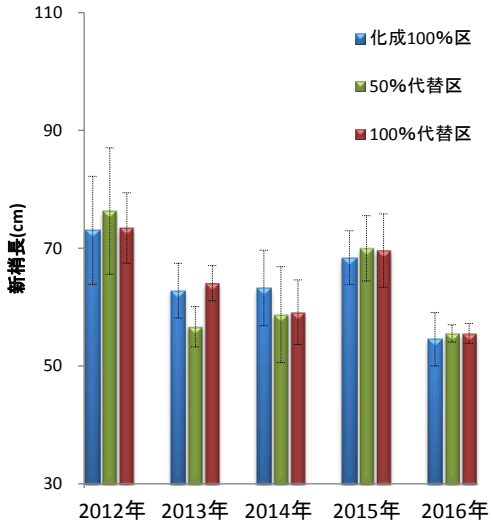
窒素施肥量と施肥時期

試験区	使用資材	施肥量	施用資材の割合（%）	
			春肥	秋肥
		（Nkg/10a）	（3月下～４）	（9月中下）
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%、P_2O_5：８%、K_2O：14%）
50%代替区：尿素（N：46%）
100%代替区：鶏ふん堆肥（現物当たり T-N：4.05%、P_2O_5：6.38%、K_2O：3.67%）

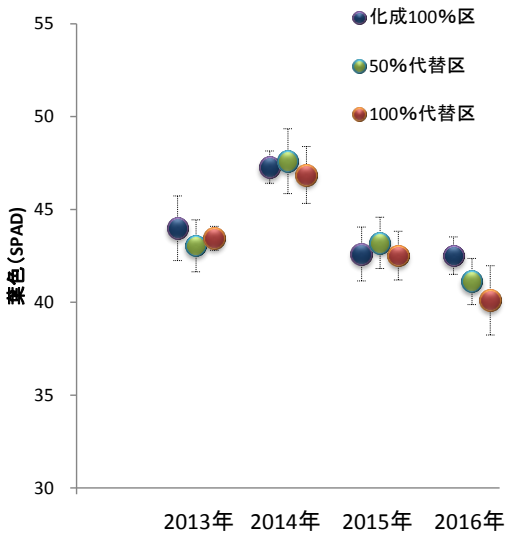
（１）樹体生育

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ませでした。葉色は処理開始５年目で 100%代替区でややＳＰＡＤ値が低く葉色が淡い傾向にありましたが、大きな違いはみられませんでした。



「幸水」の新梢長

各区６樹の平均、７月下旬に計測



「幸水」の葉色

各区６樹の平均、７月下旬に計測

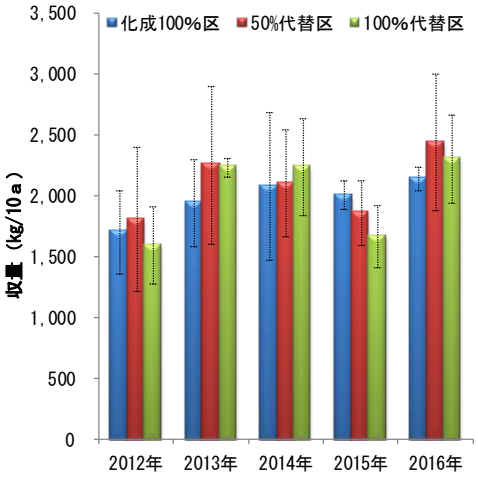
（２）果実品質および収量

果実品質は、果重はいずれの年も処理による差は認められず、どの区でも高単価が期待できる大きさの果実が収穫できました。この他に地色、硬度、糖度、リンゴ酸含量いずれも差はみられず、また、収量にも差がありませんでした。

「幸水」の収穫盛期の果実品質

年次	試験区	果重 (g)	地色[y] (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

y　農林水産省果樹試験場基準ニホンナシ地色カラーチャート

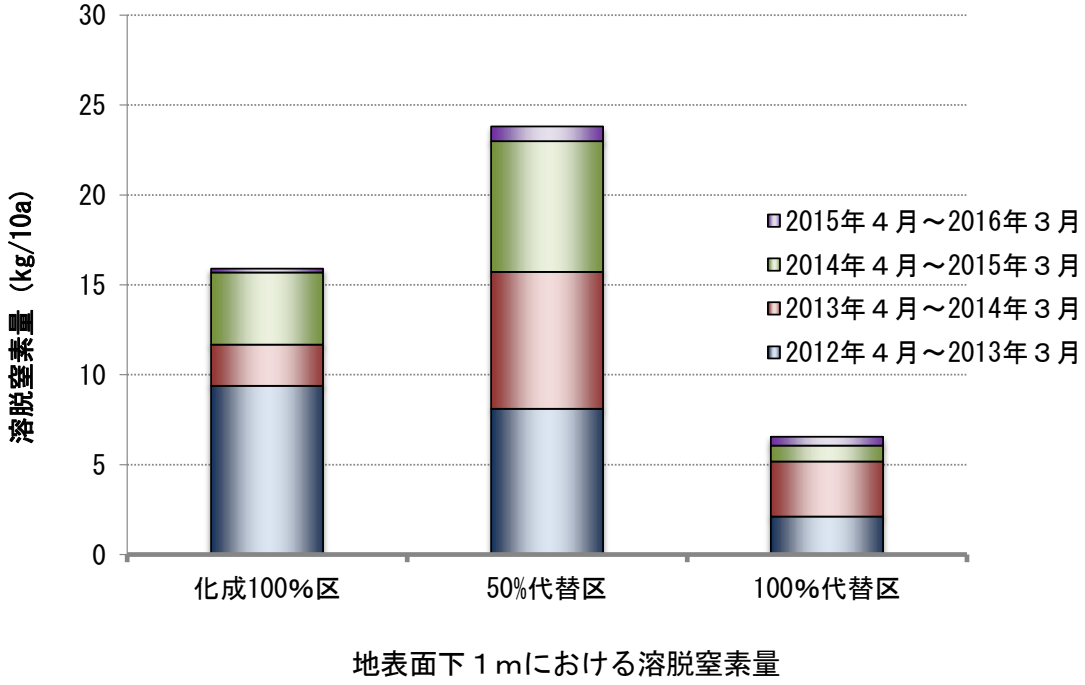


「幸水」の収穫量

10a あたり 81 本で計算

（３）窒素の環境負荷程度

深さ１ｍで採取した浸透水中の硝酸性窒素濃度は施肥後に高まる傾向がみられ、化成 100%区、50%代替区では 10mgN／L を超えることもありました。2012 年４月から 2015 年３月までの累積窒素溶脱量は、50%代替区＞化成 100%区＞100%代替区の順となり、50%代替区区では化成 100%区に比べて多くなりましたが、100%代替区では化成 100%区に比べて半分以下となりました。



地表面下１ｍにおける溶脱窒素量

（4）まとめ

ア　沿岸中央部の砂丘地土壌のニホンナシ「幸水」では、化学肥料で施用する年間窒素成分の半量以上を鶏ふん堆肥で代替しても樹体生育、収量、果実品質に大きな影響は認められません。

イ　砂丘地土壌におけるニホンナシの栽培で年間施肥窒素量の 50%以上を鶏ふん堆肥と尿素の組み合わせで代替することにより、生産コストを低減し収量および品質を維持できます。

6　堆肥利用のコスト試算

代替試験で使用した化成肥料､堆肥の成分量をもとに各資材の窒素１kg あたりの単価を求めました。また、窒素１kg あたりの資材中のカリ（K20）含量、リン酸（P205）含量も求めています。窒素１kg あたりの単価は、窒素単成分の尿素が最も安く、豚ふん、鶏ふん、モミガラ堆肥（以下豚・鶏ふん堆肥）では慣行の高度化成肥料の 2/3、鶏ふん堆肥では慣行の 1/2 になります。

資材の成分量と単価

資材名	成分含有量(%)			梱包単位	価格	窒素１kgあたり		
	N	P_2O_5	K_2O	(kg)	(円)	単価(円)	P_2O_5含量(kg)	K_2O含量(kg)
果樹用高度化成肥料	20	14	8	20	2,815	704	0.7	0.4
尿素	46			20	1,733	188		
豚ぷん・鶏ふん・モミガラ堆肥	2.5	4.2	3.4	350	3,780	432	1.7	1.4
鶏ふん堆肥	4.1	6.4	3.7	15	210	341	1.6	0.9

果樹用高度化成肥料及び尿素は、試験期間中の購入価格

豚ふん・鶏ふん・モミガラ堆肥は、平成 29 年４月現在の販売価格

鶏ふん堆肥は、試験期間中の購入価格

施肥窒素成分の 50%以上を堆肥由来成分で代替したリンゴ、ブドウ、ニホンナシの試験区について、それぞれ資材費を求めました。

リンゴ「ふじ」わい化栽培では、年間窒素施肥量の 50%を地域の堆肥で代替する施肥管理の場合、慣行の 81%の資材費になります。ブドウ栽培では、年間窒素施肥量の全量を地域の堆肥で代替する場合、慣行の 61%に、ニホンナシでは、年間窒素施肥量の 100%を鶏ふん堆肥で代替することにより慣行の 49%の資材費になります。

代替試験の 10a 当り肥料費及びリン酸及びカリ施肥量

		資材毎の窒素施肥量（kgN/10a）				P_2O_5施肥量	K_2O施肥量	年間資材費
	試験区	高度化成	尿素	豚・鶏ふん堆肥	鶏ふん堆肥	(kg)	(kg)	(円)
リンゴ	化成100%区	8				5.6	3.2	5,632
	50%代替区	4		4		9.6	7.2	4,544
ブドウ	化成100%区	6				4.2	2.4	4,224
	100%代替区			6		10.2	8.4	2,592
ナシ	化成100%区	18				12.6	7.2	12,672
	50%代替区		9		9	14.4	8.1	4,768
	100%代替区				18	28.8	16.2	6,146

家畜ふんを含む堆肥は窒素含量に対してリン酸、カリ含量が多く、窒素施肥量が同じ場合、慣行の化成肥料よりもリン酸、カリが多く施肥されることになります。このため、化成肥料を高度化成肥料から尿素に変更することでリン酸、カリの施肥量を抑え、標準施肥量（21 ページ：秋田県における施肥基準）程度にでき、資材費を抑えることができます。ニホンナシの試験では年間窒素施肥量の 50%を鶏ふん堆肥で代替し、堆肥中のリン酸含量、カリ含量が多いことから、化成肥料を高度化成肥料から尿素にすることにより慣行の 38%の資材費になりました。

リンゴの試験では、50%代替区でリン酸施肥量が基準量を大きく上回りましたが、高度化成肥料から尿素にすることにより、リン酸施肥量も基準量並に低減することが可能になります。

堆肥利用時の肥料の違いによるリンゴの施肥量と資材費

		資材毎の窒素施肥量（kgN/10a）			P_2O_5施肥量	K_2O施肥量	年間資材費
		高度化成	尿素	豚・鶏ふん堆肥	(kg)	(kg)	(円)
慣行	化成100%区	8			5.6	3.2	5,632
	50%代替区	4		4	9.6	7.2	4,544
	50%代替区		4	4	6.8	5.6	2,480

堆肥は化学肥料に比べて窒素量に対してリン酸、カリなどの成分が多く含まれており、連年施用する場合には、リン酸やカリ成分が土壌中に増加してくることも予想されます。このため、堆肥の利用時には、窒素成分だけでなく、リン酸やカリ成分を含めた施肥設計が必要となります。

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る事があるため、苦土石灰などのミネラル分の補充も同時に行う必要があります。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しましょう。

Ⅴ　牧草における堆肥利用

1　採草地の施肥概要

草地ではマメ科牧草によって空気中の窒素が固定されるほかは、土壌以外からの養分の天然供給はほとんど望めません。特に採草地では利用に伴って土壌養分が収奪されるため、土壌中の養分は確実に低下し、それに伴い施肥をしない採草地の牧草の生育は急速に低下します。

そのため、造成後の年数を経た草地において目標とする収量を安定的に確保するためには、牧草の生育に必要な養分を化学肥料、家畜ふん尿等で施用することが不可欠です。

施肥された成分が効率的に利用されるためには、土壌、気象等の環境条件に対応した収量目標を設定し、それに必要な養分量を把握するとともに、土壌診断を利用して、適正な養分供給量を施用することが必要です。

（1）基準施肥量

秋田県において、採草地の植生を維持し、長く草地を利用するためには、刈取り回数３回/年で、収量約 5,500kg/10a といわれています。この収量を確保するための施肥量は以下の表のとおりです。

採草地における施肥基準

目標生草収量 (kg/10a)	施肥量 (kg/10a)		
	窒素	リン酸	カリウム
5,500	18～20	9～10	18～20
	配分 ３回刈り（早春50　１番刈り後30　２番刈り後20）		

（2）牧草中のミネラルバランス

[K]/[Ca+Mg]（当量比）が 2.2 以上になると、起立不能等の要因となるグラステタニー（マグネシウム欠乏症）の発生リスクが高まるといわれています。

イネ科牧草はカリウムの吸肥性が高いため、カリウムが過剰に施肥されていると、マグネシウムの吸収が抑制される傾向にあるため、カリウムの施用割合に注意が必要です。

また、イネ科牧草は概して Mg が低いので、マメ科牧草の導入等で草質を改善するとともに、牧草以外の給与飼料も併せてミネラルバランスを考える必要があります。

2　牧草での堆肥施用の考え方

2004 年に家畜排せつ物法が完全施行され、家畜排せつ物の資源としての利用促進が求められています。また、近年の化学肥料原料価格の高騰等により、施肥経費を節減するためには家畜ふん尿の利活用が必要です。

（１）家畜ふん尿の肥効率

家畜ふん尿を化学肥料に代替する場合、ふん尿の肥料成分含有率に肥効率を乗じて、化学肥料に換算する必要があります。ふん尿中の肥料養分含量に以下の基準肥効率を乗じて化学肥料に換算することができます。

草地に施用したふん尿を化学肥料に換算する基準肥効率（北海道立畜産試験場、2004 年）

種類	窒素		リン		カリ	
	当年	２年目	当年	２年目	当年	２年目
堆肥	0.2	0.1	0.2	0.1	0.7	0.1
スラリー	0.4	－	0.4	－	0.8	－
尿	0.8	－	－	－	0.8	－

※最終番草利用後の施用における当年とは施用翌年を示す

（２）ミネラルバランスの留意点

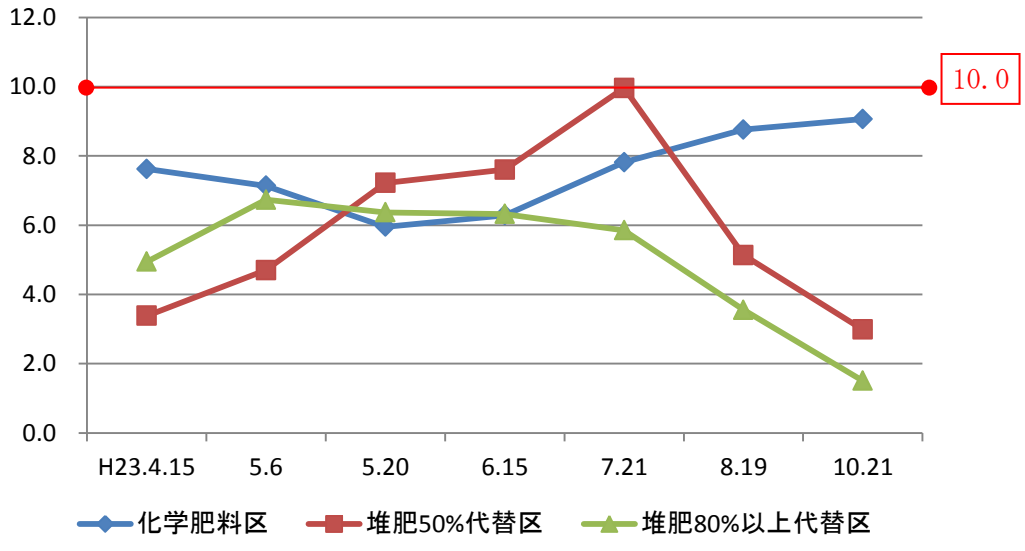
前述したとおり、イネ科牧草はカリウムの吸肥性が高く、カリウムが過剰施肥されている場合[K]/[Ca+Mg]（当量比）が悪化する恐れがあります。

牛ふん尿にはカリウムがその他の成分より多く含有されており、窒素の必要量を満たす場合にカリが過剰になりやすいため、組み合わせる化学肥料はカリウムが含まれていないものを使用する等、カリウムが過剰にならないよう配慮が必要です。

（３）牧草地における堆肥利用が環境に与える影響

2010～2011 年の２か年にオーチャードグラス単播草地において化学肥料と堆肥の組み合わせ利用が環境に与える影響を確認するため、土壌浸透水の硝酸態窒素濃度について調査しました。

土壌浸透水の硝酸態窒素濃度は化学肥料区、堆肥代替区とも季節による変動は認められましたが、水道水の環境基準である 10.0mg/L 以下であったため、環境に与える負荷は低いと考えられます。



土壌浸透水中の硝酸態窒素濃度（mg/L）

3 オーチャードグラス草地での実証事例

オーチャードグラス（OG）主体の採草地において、化学肥料の一部を家畜ふん堆肥で代替し、不足する窒素分を窒素単体肥料によって補う実証試験を実施しました。

（1）施肥概要

試験区として堆肥と窒素単体肥料である尿素の組み合わせ区を設け、化学肥料 100%の慣行区と比較しました。

OG 草地における実証地の施肥設計

	慣行区	試験区
化学肥料（N:P:K＝20:10:10）	50kg/10a	―
牛ふん主体堆肥（N:P:K＝0.14:2:2）	―	2,500kg/10a
尿素（N=46）	―	23kg/10a

早春に N10kg、１番草収穫後に N4kg となるように配分して投入した。

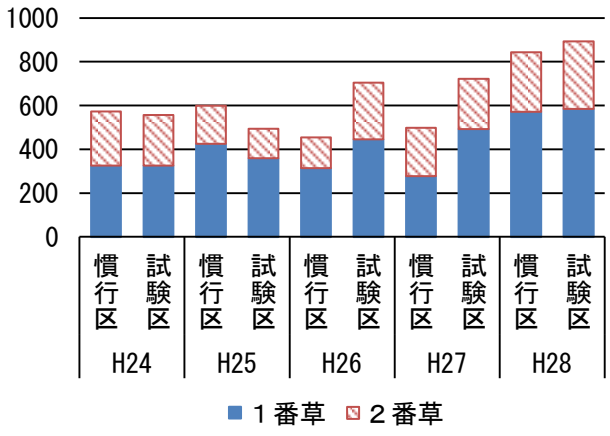
施肥５年目（2016 年）は土壌中のミネラルの蓄積と、草地への堆肥の残存量を考慮し、化学肥料と同等の窒素量で、尿素のみを施肥しました。

（2）収量

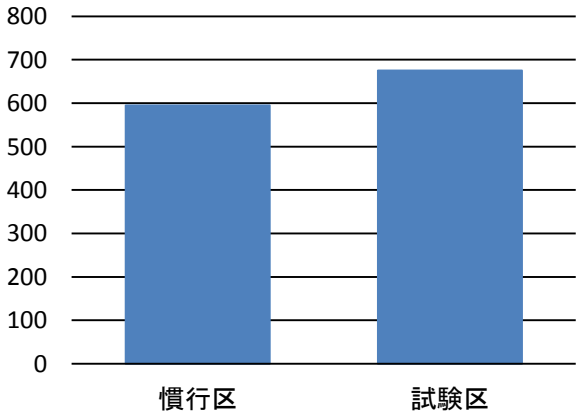
オーチャードグラス草地における乾物収量は、施用開始２年目までは慣行区が収量では上回っていましたが、３年目からは逆転する傾向がみられました。

堆肥は化学肥料と比較して肥効が緩やかであり、土壌に蓄積された堆肥中の養分が緩やかに効くためであると考えられます。

試験５年間での平均収量は試験区の方が多くなりました。



OG 草地の乾物収量（kg/10a）



５年間の平均乾物収量（kg/10a）

試験５年目は気象条件に恵まれ、慣行区・試験区ともに高収量でしたが、特に試験区では草勢も強く、草丈も長く生育しました。

試験２年目の試験区 OG

試験５年目の試験区 OG

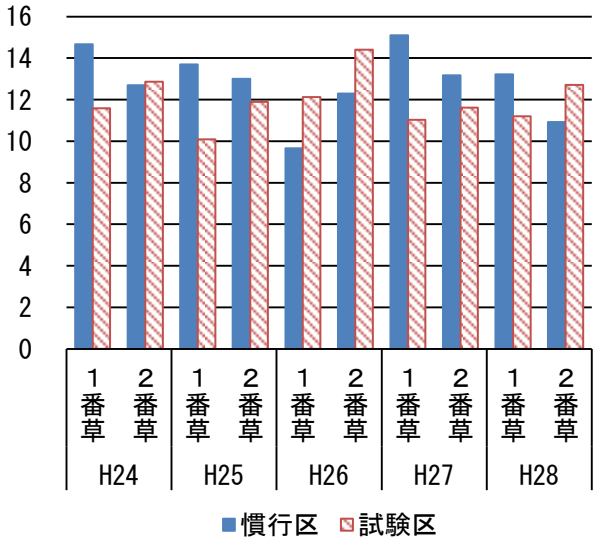
（３）栄養成分

ア　粗タンパク質及び TDN（可消化養分総量）

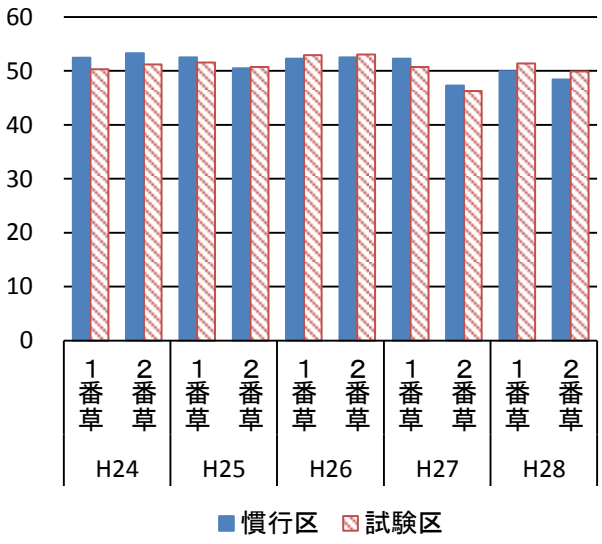
実証地で生産された牧草の栄養成分について、粗タンパク質含量は組み合わせ区より、慣行の化学肥料のみの方が高い傾向がみられました。

TDN（可消化養分総量）は年次による若干の変動が認められましたが、５年間の平均 TDN で両区間に差はありませんでした。

TDN は家畜が消化吸収できる養分の総量を指し、飼料のエネルギー価の指標となるものです。



OG 牧草中の粗タンパク質含量（%）

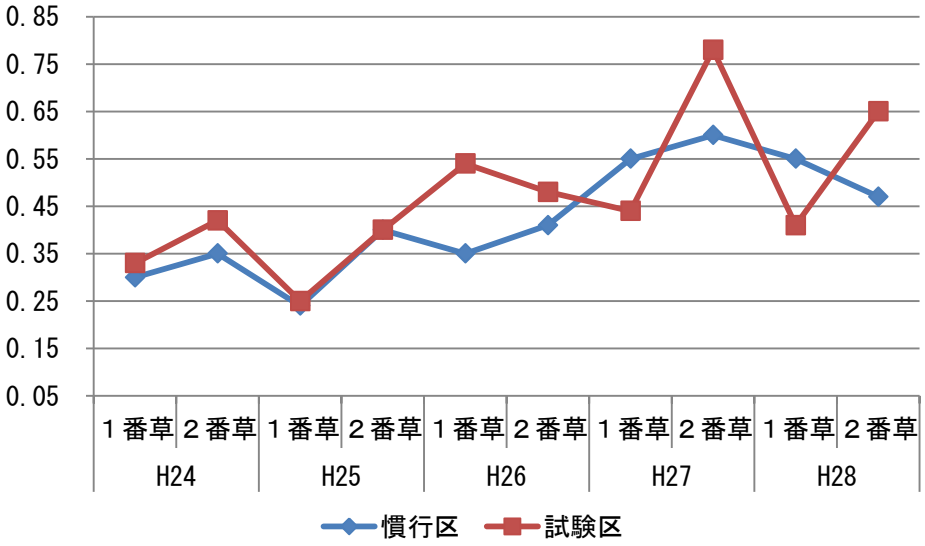


OG 牧草中の TDN 含量（%）

イ　ミネラル

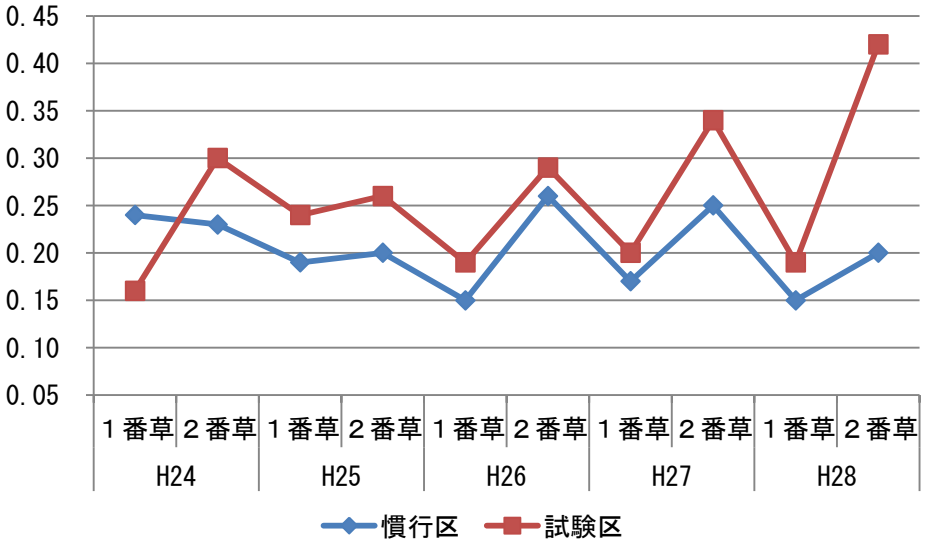
牧草中のリン含量は年次による変動はあるものの、おおむね試験区の方が高く推移する傾向にありました。

また、慣行区・試験区ともに年々増加していく傾向にありました。



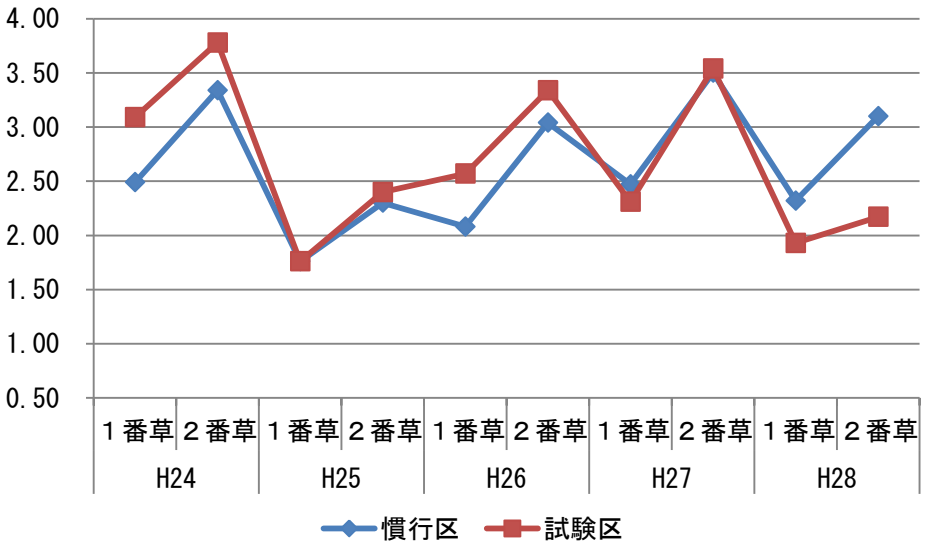
OG 牧草中のリン酸含量（%）

牧草中のカルシウム含量は試験区の方が高く推移しました。



OG 牧草中のカルシウム含量（%）

カリ含量は年次による変動はあるものの、試験区と慣行区であまり差はありませんでしたが、５年目は試験区の方が低くなりました。

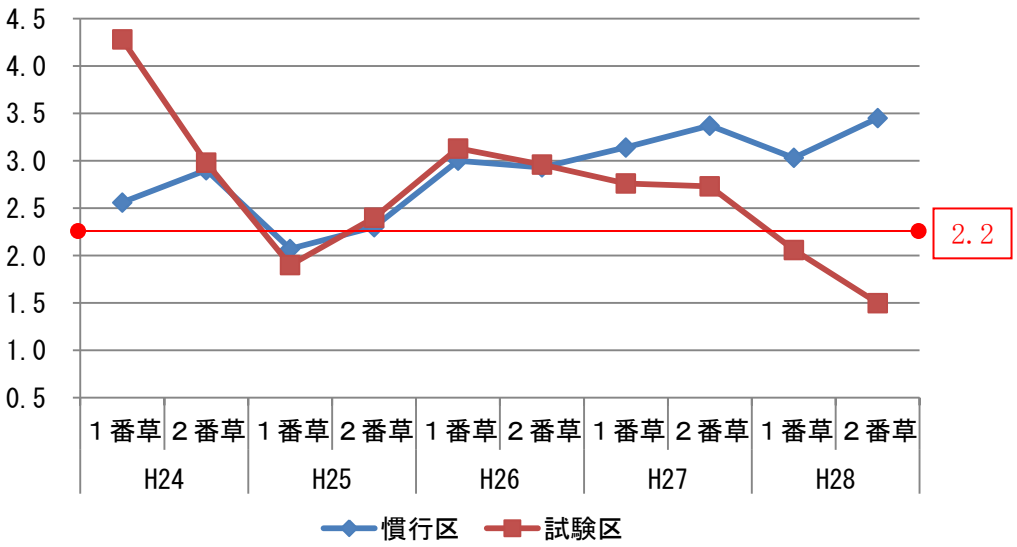


OG 牧草中のカリ含量（%）

（４）ミネラルバランス

牧草中のミネラルバランスは試験開始直後は差がありませんでしたが、試験４年目からは試験区の方が低くなりました。試験５年目の試験区ではミネラルバランスの指標である 2.2 未満の範囲内に収まっており、試験区のミネラルバランスが改善されていました。

慣行区では試験開始以降ミネラルバランスが徐々に増加傾向にあるため、給与飼料全体でのミネラルバランスの調整を図る必要があります。



OG 牧草の[K]/[Ca+Mg]（当量比）

化学肥料の一部を堆肥で代替しても、牧草の栄養成分に大きな差は見られず、堆肥と窒素単体肥料の組み合わせでも化学肥料のみの場合と同等の品質の牧草が生産されることが確認できました。

また、堆肥と窒素単体肥料を組み合わせることで牧草中のミネラルバランスが改善されることが示唆されました。

4 リードカナリーグラス草地での実証事例

（1）施肥概要

実証地の施肥設計は以下の表のとおりです。

リードカナリーグラス（RCG）草地においては、堆肥を秋に１回散布する試験区１と、堆肥を早春・秋の２回散布する試験区２の２区を設定し、慣行区として化学肥料 100%区と比較しました。

なお、施肥設計は農家の当年の慣行区の設定に併せて試験区を設定しました。

2014 年度施肥設計

施肥量(H26)				
		慣行区	試験区１	試験区２
早春	化学肥料（N:P:K=20:10:5）	26kg/10a	—	–
	尿素（N=46）	—	12kg/10a	10.7kg/10a
	牛ふん主体堆肥（N:P:K=0.3:0.9:1.5）	–	–	300kg/10a
1番草後	化学肥料（N:P:K=14:14:14）	8kg/10a	–	–
	尿素（N=46）	4kg/10a	6.4kg/10a	5.3kg/10a
秋	牛ふん主体堆肥（N:P:K=0.04:0.06:0.07）	2,000kg/10a	2,000kg/10a	2,000kg/10a

年間のＮ投入量が８kg となるように投入した（秋散布分は翌年扱い）。

2015 年度施肥設計

施肥量(H27)				
		慣行区	試験区１	試験区２
早春	化学肥料（N:P:K=20:10:5）	22kg/10a	–	–
	尿素（N=46）	–	11.2kg/10a	9.3kg/10a
	牛ふん主体堆肥（N:P:K=0.3:0.9:1.5）	–	–	300kg/10a
1番草後	化学肥料（N:P:K=20:10:5）	24kg/10a	–	–
	尿素（N=46）	–	8.8kg/10a	9.3kg/10a
秋	牛ふん主体堆肥（N:P:K=0.08:0.06:0.07）	–	3,200kg/10a	2,800kg/10a

前年度の秋施肥堆肥の成分も含め、年間のＮ投入量が 11kg となるように投入した（秋散布分は翌年扱い）。

2016 年度施肥設計

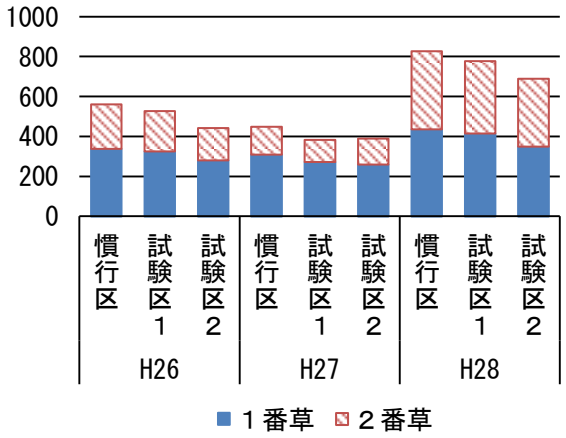
施肥量(H28)				
		慣行区	試験区１	試験区２
早春	化学肥料（N:P:K=20:10:5）	26kg/10a	–	–
	尿素（N=46）	10kg/10a	15.2kg/10a	13.3kg/10a
	牛ふん主体堆肥（N:P:K=0.3:0.9:1.5）	–	–	300kg/10a
1番草後	化学肥料（N:P:K=20:10:5）	20kg/10a	–	–
	尿素（N=46）	–	8kg/10a	8kg/10a
秋	牛ふん主体堆肥（N:P:K=0.04:0.06:0.07）	–	3,200kg/10a	2,800kg/10a

前年度及び一昨年の堆肥の残効も含め、年間のＮ投入量が 14kg となるように投入した（秋散布分は翌年扱い）。

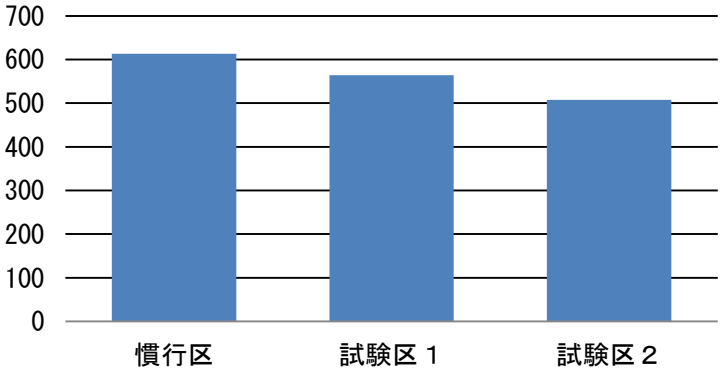
（２）収量

前述したオーチャードグラス草地では３年目から収量が逆転しましたが、リードカナリーグラス草地では３年目も慣行区の収量が上回っていました。但し、試験区間差に比べ、年次間差が非常に大きいものとなりました。

３年間の平均乾物収量でも慣行区が試験区を上回りました。



RCG 草地の乾物収量（kg/10a）



３年間の平均乾物収量（kg/10a）

試験３年目は気象条件に恵まれ、慣行区・試験区ともに収量は高くなり、１年目の草地と比較すると、牧草の緑度も高く、草勢も強く生育しました。

試験１年目の RCG 草地

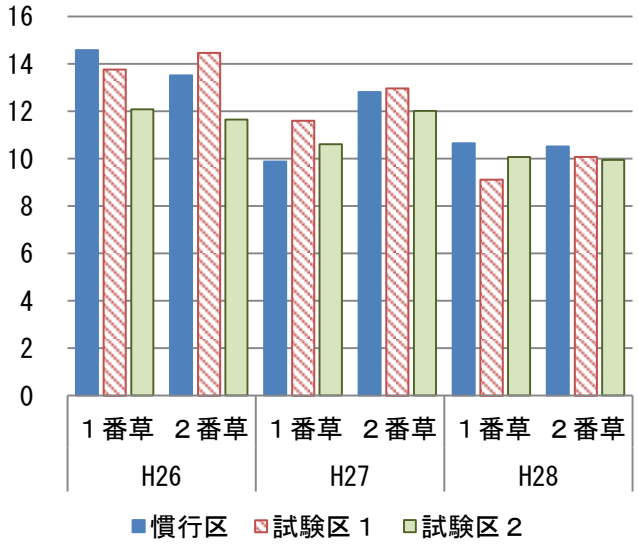
試験３年目の RCG 草地

（３）栄養成分

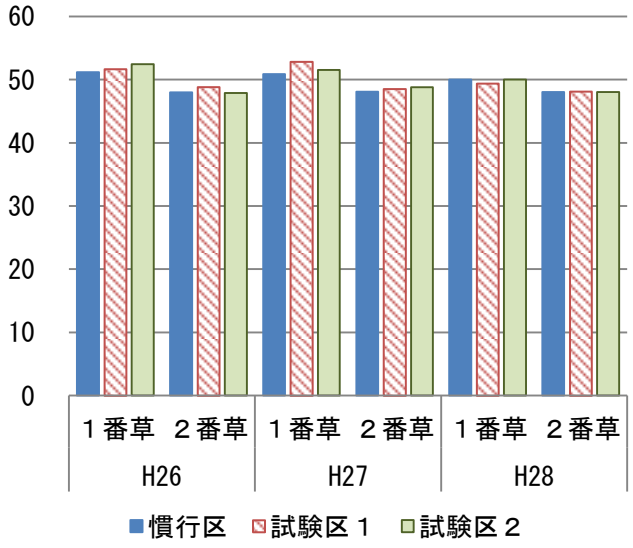
ア　粗タンパク質及び TDN

実証地で生産された牧草の栄養成分について、年次による変動はあるものの、粗タンパク質含量は慣行区の方がやや高い傾向を示しました。

TDN は試験区間においてほとんど差はありませんでした。



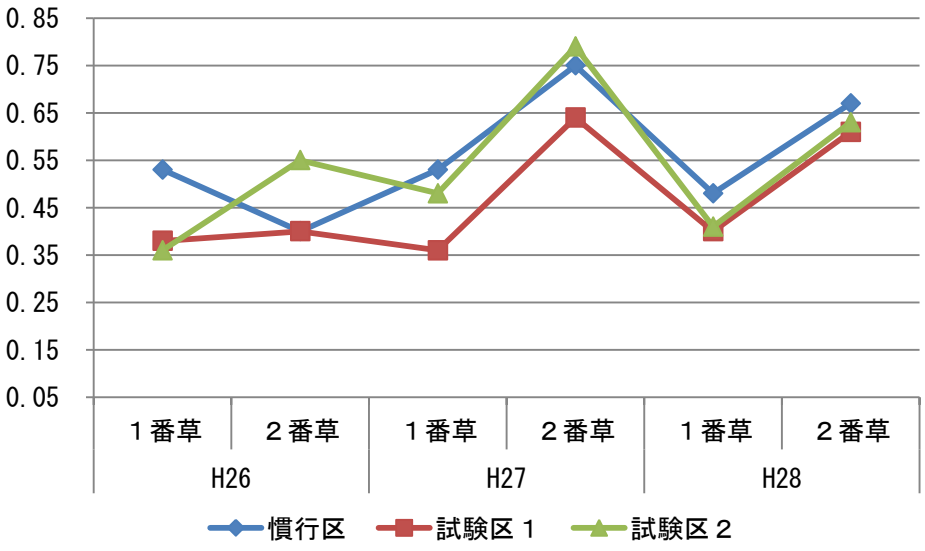
RCG 牧草中の粗タンパク質含量（%）



RCG 牧草中の TDN 含量（%）

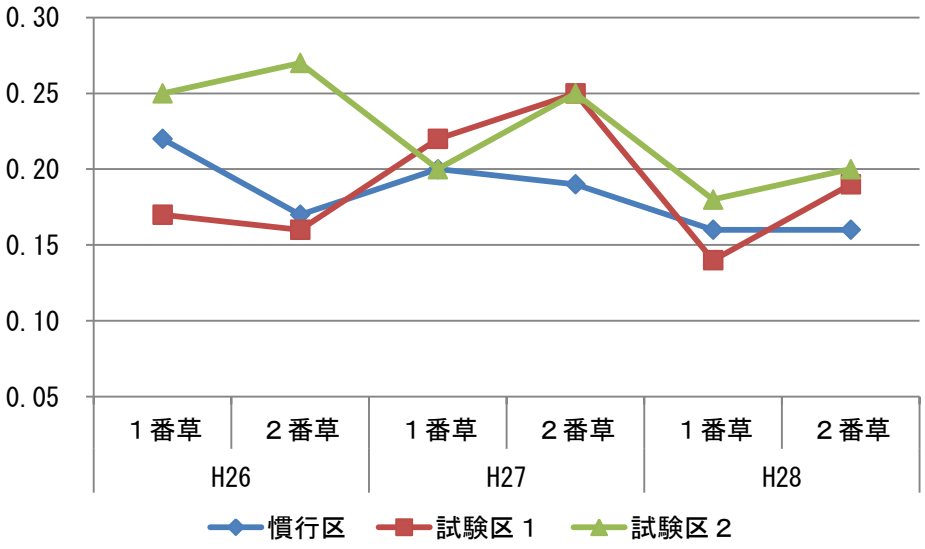
イ　ミネラル

牧草中のミネラル含有量について、リン含量は試験２年目までは慣行区と試験区２が高く推移していましたが、試験３年目では試験区１と試験区２は同程度になり、慣行区は高い値を示しました。



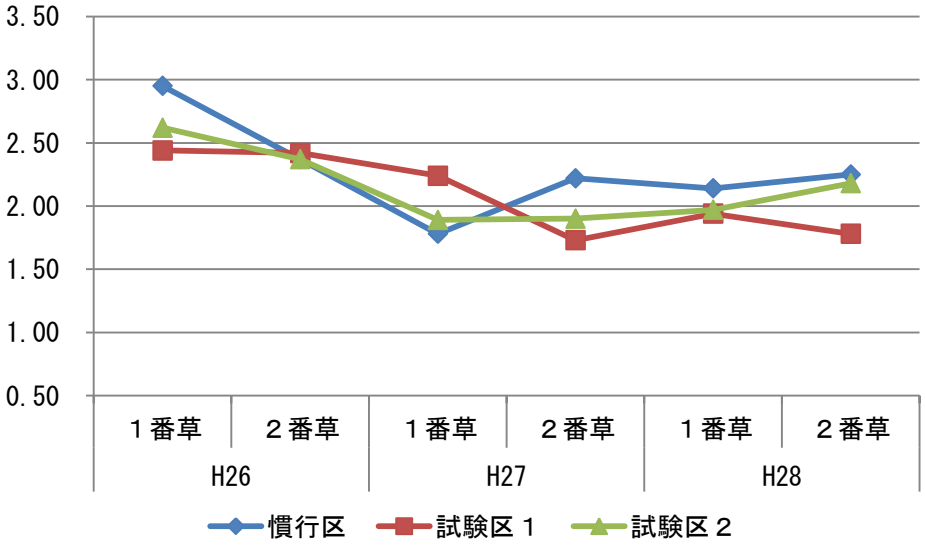
RCG 牧草中のリン含量（%）

牧草中のカルシウム含量は試験区２が高く推移し、慣行区は低い傾向にありました。



RCG 牧草中のカルシウム含量(%)

牧草中のカリ含量は試験２年目の２番草以降慣行区が高く推移しました。

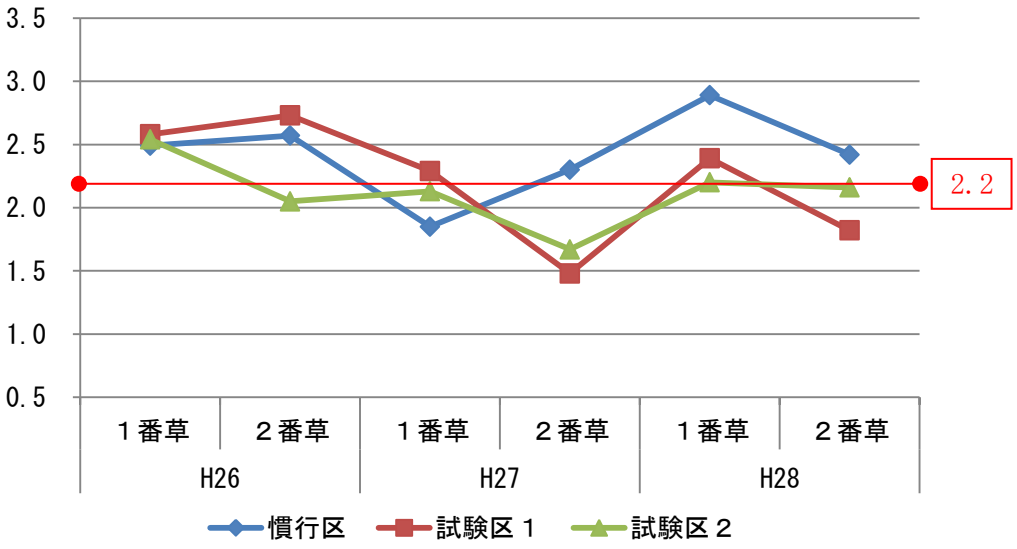


RCG 牧草中のカリ含量(%)

（４）ミネラルバランス

牧草中のミネラルバランスは試験２年目の２番草から試験区１、２ともに減少し、2016 年の２番草では試験区１、２ともにミネラルバランスの指標である 2.2 未満の範囲内に収まりました。

一方慣行区では年数を経るごとにミネラルバランスが高まる傾向にありました。



RCG 牧草中の[K]/[Ca+Mg]（当量比）

リードカナリーグラス草地において、栄養成分に差はありませんでしたが、収量が慣行区より試験区の方が低い傾向を示しました。しかし、堆肥中の養分は緩やかに効くため、継続して堆肥の効果を確認する必要があります。

また、堆肥と窒素単体肥料を組み合わせることで牧草中のミネラルバランスが改善されることが示唆されました。

５ 牧草地における堆肥施用のコスト試算

（１）オーチャードグラス実証地の場合

オーチャードグラス実証地において使用した堆肥は近隣の堆肥センターから購入した堆肥であり、販売価格は 1,750 円/m^3 でした。

１m^3 を 400kg として試算すると今回の施肥のコストは次の表の通りとなり、化学肥料のみの慣行区の倍以上の価格となりました。

OG 草地の肥料コスト※堆肥センター堆肥利用

	慣行区		試験区	
	施肥量	価格	施肥量	価格
化学肥料（N:P:K＝20:10:10）	50kg/10a	6,250	―	―
堆肥	―	―	2,500kg/10a	10,938
尿素（N=46）	―	―	23kg/10a	2,070
合計	―	6,250	―	13,008

堆肥を堆肥センターからではなく、自家産の堆肥を使用し、価格を０円とした場合は次の表の通りとなり、慣行区より試験区で大幅な施肥コストの削減が期待できます。

OG 草地の肥料コスト※堆肥価格０円試算

	慣行区		試験区	
	施肥量	価格	施肥量	価格
化学肥料（N:P:K＝20:10:10）	50kg/10a	6,250	―	―
堆肥	―	―	2,500kg/10a	0
尿素（N=46）	―	―	23kg/10a	2,070
合計	―	6,250	―	2,070

（２）リードカナリーグラス実証地の場合

リードカナリーグラス実証地において使用した堆肥は草地管理者本人の生産した堆肥のため、価格を０円として試算しました。

今回の施肥のコスト（2016 年）は次の表の通りとなり、化学肥料のみの慣行区と比較して約70%の肥料コストが削減されました。

RCG 草地の肥料コスト（2016 年）※堆肥価格 0 円試算

		慣行区		試験区1		試験区2	
		施肥量	価格	施肥量	価格	施肥量	価格
早春	化学肥料（N:P:K=20:10:5）	26kg/10a	3,250	-	-	-	-
	尿素	10kg/10a	900	15.2kg/10a	1,368	13.3kg/10a	1,197
	堆肥	-	-	-	-	300kg/10a	0
1番草後	化学肥料（N:P:K=20:10:5）	20kg/10a	2,500	-	-	-	-
	尿素	-	-	8kg/10a	720	8kg/10a	720
秋	堆肥	-	-	3,200kg/10a	0	2,800kg/10a	0
合計		-	6,650	-	2,088	-	1,917

しかしながら、堆肥価格を全国平均価格（H14 農林水産省統計情報部）の 2,630 円/1,000kg とすると次の表の通りとなり、約 20%～50%試験区の方がコストが高くなりました。

RCG 草地の肥料コスト（2016 年）※堆肥価格全国平均試算

		慣行区		試験区１		試験区２	
		施肥量	価格	施肥量	価格	施肥量	価格
早春	化学肥料（N:P:K=20:10:5）	26kg/10a	3,250	-	-	-	-
	尿素	10kg/10a	900	15.2kg/10a	1,368	13.3kg/10a	1,197
	堆肥	-	-	-	-	300kg/10a	789
1番草後	化学肥料（N:P:K=20:10:5）	20kg/10a	2,500	-	-	-	-
	尿素	-	-	8kg/10a	720	8kg/10a	720
秋	堆肥	-	-	3,200kg/10a	8,416	2,800kg/10a	5,260
合計		-	6,650	-	10,504	-	7,966

附表

附表１　秋田県における堆肥化施設一覧（１）

	地　域	市町村名	事業主体名	導入事業名 （完成年度）	導入 年度	主原料	堆肥生産能力 （ｔ）	販売価格 （円/t）	主な販売先
1	鹿角	鹿角市	十和田堆肥利用組合	畜産経営環境整備事業	H8	豚糞	1,000	500	耕種農家
2	鹿角	小坂町	(有)小坂クリーンセンター	畜産再編総合対策事業	H7	豚糞	4,380	5,000	耕種農家
3	鹿角	鹿角市	(農)八幡平養豚組合	畜産環境総合整備事業	H24	豚糞	1,825	5,500	JAかづの 耕種農家
鹿　角　計							7,205		
4	北秋田	大館市	大館市	生産総合対策条件	H12	鶏糞・生ゴミ・籾殻	1,100	4,968	耕種農家
5	北秋田	大館市	大館市	農産漁村活性化プロジェクト 交付金事業（Ｈ２５年度）	H23	鶏糞 籾殻	1,080	5,400	耕種農家
6	北秋田	北秋田市	(有)アグリほくおう	畜産経営環境整備事業	H8	牛糞 籾殻	1,650	7,000	耕種農家
7	北秋田	北秋田市	水無堆肥利用組合	畜産経営環境整備事業	H8	牛糞	105	―	自家利用
8	北秋田	北秋田市	幸屋堆肥利用組合	畜産経営環境整備事業	H8	牛糞	105	―	自家利用
9	北秋田	北秋田市	吉田堆肥利用組合	畜産経営環境整備事業	H8	牛糞	105	―	自家利用
北　秋　田　計							4,145		
10	山本	藤里町	ＪＡあきた白神	第３期山村振興事業	H1	牛糞 おが屑	450	2,500	耕種農家
11	山本	三種町	ＪＡ秋田やまもと琴丘	体質強化対策	H2	牛糞	3,000	2,160	耕種農家
12	山本	三種町	ＪＡ秋田やまもと八竜	新生産総合他	S60	牛糞 豚糞	3,500	2,160(牛) 5,400(豚)	耕種農家
山　本　計							6,950		
13	秋田	秋田市	秋田市草地利用組合	畜産経営環境整備事業	H7	牛糞	220	―	―
14	秋田	秋田市	河辺堆肥センター	畜産経営環境整備事業	H8	家畜糞尿	360	3,000	耕種農家
15	秋田	秋田市	太子前第１堆肥利用組合	畜産経営環境整備事業	H5	牛糞	150	3,000	耕種農家
16	秋田	秋田市	(農)殖産雄和牧場	畜産経営環境整備事業	H5	牛糞	400	2,000	耕種農家
17	秋田	秋田市	相川堆肥利用組合	畜産経営環境整備事業	H5	牛糞	100	3,000	耕種農家
18	秋田	男鹿市	秋田県和牛生産改良組合	畜産経営環境整備事業	H5	牛糞	240	―	―
19	秋田	男鹿市	ＪＡ秋田みなみ（男鹿）	畜産経営環境整備事業	H5	牛糞	160	―	―
20	秋田	男鹿市	中石地区堆肥利用組合	畜産経営環境整備事業	H6	牛糞	80	―	―
21	秋田	男鹿市	ＪＡ秋田みなみ（若美）	農山村地域活性化対策事業	S63	籾殻	1,450	2,500	耕種農家
22	秋田	潟上市	ＪＡ秋田みなみ（天王）	農業生産体制強化総合推進対策事業	H11	籾殻	1,152	1,500	耕種農家
秋　　田　　計							4,312		
23	由利	由利本荘市	由利本荘市（矢島町）	畜産経営環境整備事業	H10	牛糞	700	2,000～4,000 円／m3	耕種農家
24	由利	由利本荘市	由利本荘市（由利町）	新農村地域定住促進対策事業	H4	牛糞	1,800	2,700	耕種農家
25	由利	由利本荘市	由利本荘市（東由利町）	中山間総合整備事業	H13	牛糞	2,338	2,160 円／m3	耕種農家
26	由利	にかほ市	ＪＡ秋田しんせい	新農業構造改善事業	S61	籾殻	600	1,500	耕種農家
由　利　計							5,438		

注)「稲作指導指針（2017 年、秋田県農林水産部)」より引用。

附表２　秋田県における堆肥化施設一覧（２）

	地　域	市町村名	事業主体名	導入事業名 （完成年度）	導入 年度	主原料	堆肥生産能力 （ｔ）	販売価格 (円/t)	主な販売先
27	仙北	大仙市	ＪＡ秋田おばこ	体制強化	H11	籾殻	384	2,800	耕種農家
28	仙北	大仙市	(有)佐々木農場	畜産経営環境整備事業	H4	豚糞 おが屑	2,000	2,500	耕種農家
29	仙北	大仙市	稲沢堆肥生産組合	草地畜産活性化	H11	牛糞・籾殻・ おが屑	1,750	―	自家利用
30	仙北	大仙市	ＪＡ秋田おばこ	基盤農構	H11	籾殻	1,000	2,500	耕種農家
31	仙北	大仙市	ＪＡ秋田おばこ	体制強化	H9	籾殻	384	3,600	耕種農家
32	仙北	大仙市	全農畜産サービス 秋田SPF豚センター	畜産経営環境整備事業	H11	豚糞 パーク	3,650	4,500	耕種農家
33	仙北	美郷町	美郷町	畜産経営環境整備事業	H20	家畜の糞	4,300	6,247	JA秋田おばこ等
仙　北　計							13,468		
34	平鹿	横手市	(有)横手ファーム	畜産経営環境整備事業	H2	豚糞	1,500	0	耕種農家
35	平鹿	横手市	(株)フカサワ	畜産環境緊急特別対策事業	S63	豚糞	800	1,000	耕種農家
36	平鹿	横手市	(農)夏見沢草地利用組合	町単独事業	H6	豚 牛糞	500	10,200～ 23,790	耕種農家
37	平鹿	横手市	横手市大雄堆肥センター	資源リサイクル畜産環境整備事業	H16	牛糞・豚糞・ 鶏糞・生ゴミ	4,000	7,105～ 9,947	耕種農家
平　鹿　計							6,800		
38	雄勝	湯沢市	山田堆肥生産組合	畜産経営環境整備事業	H5	牛糞	2,000	15,000	耕種農家
39	雄勝	湯沢市	湯沢市有機アグリセンター	資源リサイクル畜産環境整備事業	H14	牛糞	3,591㎥	15,000	耕種農家
40	雄勝	湯沢市	（社）秋田県農業公社	畜産環境総合補助事業	H19	牛糞 豚糞	3,099	2,250	耕種農家
41	雄勝	羽後町	羽後町	山村振興等農林漁業 特別対策事業	H12	糞尿	2,570	2,500	ＪＡ 耕種農家
42	雄勝	羽後町	うご農協	地域環境保全型農業推進総合整備事業	H17	牛、豚有機 堆肥	6,000	2,000	耕種農家
雄　　勝　　計							17,260		
合　　計							65,578		

注)「稲作指導指針（2017 年、秋田県農林水産部)」より引用。

参考文献

【秋田県】

（1）秋田県減肥マニュアル（暫定版）（2011 年２月、秋田県農林水産部）

（2）秋田県持続性の高い農業生産方式の導入に関する指針（2013 年 11 月、秋田県農林水産部）

（3）秋田県家畜排せつ物利用促進計画（2016 年４月、秋田県農林水産部畜産振興課）

（4）秋田県稲作指導指針（2017 年４月、秋田県農林水産部）

【農業試験場】

（1）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・カリの化学肥料代替量（2009 年）

・ 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（2009 年）

・ 堆肥の化学肥料代替量を減肥しても、収量は慣行と同等で、環境負荷は小さい（2011 年）

・ 家畜糞堆肥と育苗箱全量施肥の組み合わせによる「あきたこまち」の持続的生産技術（2011 年）

（2）研究成果情報

・ 堆肥の化学肥料代替量の減肥におけるキャベツ収量の維持と環境負荷の低減（2011 年）

（3）学会・研究会

・ 堆肥の主原料の違いによるエダマメ生育および根粒活性への影響（2009 年 9 月、土壌肥料学会）

・ 秋田県で製造されている堆肥の肥料代替量の推定（2011 年 8 月、土壌肥料学会）

・ 堆肥の化学肥料代替量分の減肥によるキャベツ収量の維持と環境負荷の低減（2012 年 9 月、土壌肥料学会）

【果樹試験場】

（1）実用化できる試験研究成果

・ リンゴわい化栽培では改植時の豚糞堆肥投入により減化学肥料栽培ができる（2010 年）

・ 黒ボク土での「巨峰」の栽培では、化成肥料による窒素施用を堆肥に代替えできる（2016 年）

（2）研究成果情報

・ リンゴわい化栽培では改植時の豚糞堆肥投入により減化学肥料栽培ができる（2010 年）

・ 黒ボク土における施肥の違いがブドウ「巨峰」の樹体生育・果実品質に及ぼす影響（2016 年）

（3）学会・研究会

・ 域堆肥利用によるりんご栽培での硝酸性窒素の動態（2006 年 8 月、土壌肥料学会）

・ リンゴわい性台樹における改植時堆肥施用による化学肥料削減効果（2010 年 9 月、園芸学会）

・ 地域内堆肥のリンゴ栽培への利用方法（2011 年 1 月、畜産連携堆肥利用研修会）

・ 窒素の土壌診断基準の策定（地力窒素量の考えを中心に）（2010 年度　寒冷地果樹研究会）

・ りんごにおける地力窒素発現量と施肥量の関係（2011 年度　寒冷地果樹研究会）

・ ブドウ「巨峰」栽培における地域内有機質資源を活用した施肥に関する研究（2014 年度　寒冷地果樹研究会）

・ 黒ボク土における施肥の違いがブドウ‘巨峰’の樹体生育・果実品質に及ぼす影響（2015 年 7

月、東北農業試験研究発表会）

・　地域内有機質資源を活用したニホンナシの施肥管理（2015 年度　寒冷地果樹研究会）

【畜産試験場】

（１）実用化できる試験研究成果

・　牧草生産における堆肥と化学肥料の組み合わせ技術（2010 年）

（２）秋田県畜産試験場研究報告

・　地域内有機質資源を活用した持続的農業生産技術の確立－堆肥と化学肥料の組み合わせ技術の検討－（2008 年）

・　地域内有機質資源を活用した持続的農業生産技術の確立（第 2 報）－連用 2 年目－（2009 年）

・　地域内有機質資源を活用した持続的農業生産技術の確立（第 3 報）－連用 3 年目－（2010 年）

・　地域内有機質資源を活用した持続的農業生産技術の確立（第 4 報）－連用 4 年目－（2011 年）

・　地域内有機質資源を活用した持続的農業生産技術の確立（第 5 報）－連用 5 年目－（2012 年）

・　家畜ふん堆肥と化成肥料の組み合わせで牧草栽培した現地実証試験（2015 年）

秋田県堆肥利活用マニュアル

平成２９年６月

【お問い合わせ先】

農業試験場　０１８－８８１－３３３０

果樹試験場　０１８２－２５－４２２４

畜産試験場　０１８７－７２－２５１１