

令和 4 年度
秋田県施肥低減マニュアル

令和 5 年 3 月

秋田県農林水産部

はじめに

世界的な人口増加に伴う穀物需要の増大や原料産出国の輸出制限に、急激な円安も相まって、肥料価格は秋肥で約1.4倍に高騰し、その先行きが見通せないことから、農家は経営に不安を感じており、とりわけ、担い手ほど経営に与える影響は大きいものとなっております。

また、食料の大半を輸入に頼る我が国においては、穀物価格の高騰のみならず、国内生産に必要な肥料原料等の調達にも影響が出始め、食料安全保障が大きくクローズアップされるなど、多方面に波紋を広げております。

今般の肥料価格高騰は長期化することが危惧されており、肥料の調達コスト低減や効率的な施肥など、農業経営全体でコスト増を吸収していくことが重要であることから、土壌診断に基づく適正な施肥や、土壌中の蓄積が多い高価なリン酸肥料の抑制など、施肥量のムダを省き、コスト低減につながる技術対策を早急に進めていく必要があります。

また、多くの農家が国の「肥料価格高騰対策」の助成を受けつつ、化学肥料の低減に取り組むことができるよう、統一的なマニュアルを基に、JA部会等での取組を促し、裾野を広げていくことが重要です。

こうした背景を踏まえ、本県が引き続き、我が国の食料供給基地としての役割を果たし、農家が持続的に営農できるよう、この度、必要な技術対策等を「秋田県施肥低減マニュアル」として取りまとめたので、化学肥料低減体系への転換に向け、各地域における施肥設計や栽培暦の作成、各般の技術指導等に御活用ください。

令和5年3月

秋田県農林水産部

目 次

I	施肥低減に向けた基本的な考え方・・・・・・・・・・・・・・・・	1
1	施肥量を減少又は施肥効率を高める方法（環境に配慮した施肥方法）	1
	（1）土壤診断に基づく、土壤に蓄積したリン酸、カリの活用による施肥低減について	
	（2）施肥低減に向けた施肥等有機物の活用	
	（3）家畜ふん堆肥以外に化学肥料を低減するための国内資源の利用	
	（4）施肥量を低減させる技術の導入	
	（5）肥料費を低減する方法	
II	施肥低減に関する手法・・・・・・・・・・・・・・・・	2
1	土壤診断に基づく適正施肥の推進・・・・・・・・	2
2	秋田県の農地土壤の実態・・・・・・・・	2
3	土壤診断のための土壤試料の採取方法・・・・・・・・	4
	（1）採取時期	
	（2）採取方法	
	（3）土壤試料の調整	
4	水稻・・・・・・・・	6
	（1）リン酸（ P_2O_5 ）の施肥基準	
	（2）カリ（ K_2O ）の施肥基準	
5	野菜・花き・・・・・・・・	8
	（1）窒素（N）の減肥基準	
	（2）リン酸（ P_2O_5 ）の減肥基準	
	（3）カリ（ K_2O ）の減肥基準	
6	果樹・・・・・・・・	10
	（1）窒素（N）の施肥判断と対応	
	（2）リン酸（ P_2O_5 ）の診断基準と施肥対応	
	（3）カリ（ K_2O ）の診断基準と施肥対応	
III	施肥低減に向けた堆肥等有機物の活用・・・・・・・・	12
1	堆肥等有機物の活用・・・・・・・・	12
	（1）堆肥生産の概要と施用上の留意点	
	（2）秋田県における堆肥の生産量	
2	堆肥等有機物の活用による肥料代替・・・・・・・・	14
	（1）堆肥施用時の肥料代替	
	（2）窒素（N）の肥料代替率	
	（3）リン酸（ P_2O_5 ）・カリ（ K_2O ）の肥料代替率	
	（4）堆肥施用時の注意	
3	水稻における堆肥利用・・・・・・・・	18
	（1）水稻における施肥の現状と堆肥の活用について	
	（2）窒素代替量の異なる堆肥の施用効果	
	（3）堆肥を用いた水稻の実証栽培	

4	野菜・花きにおける堆肥施用の効果・・・・・・・・・・・・・・・・	24
	(1) 野菜・花きにおける堆肥施用の効果	
	(2) 連用時の土壌理化学性の変化と留意点	
	(3) 野菜での堆肥施用の考え方(施肥設計)	
	(4) キャベツでの堆肥利用	
	(5) ネギでの堆肥利用	
	(6) 堆肥を利用した減肥栽培の留意点	
5	果樹における堆肥利用・・・・・・・・・・・・・・・・	29
	(1) 果樹の施肥基準	
	(2) 堆肥利用による化学肥料の低減	
	(3) リンゴでの事例	
	(4) ブドウでの事例	
	(5) ニホンナシでの事例	
	(6) 堆肥利用のコスト計算	
IV	関係成果集・・・・・・・・・・・・・・・・	38
1	シグモイド溶出型被覆肥料を主体とした側条施肥の窒素利用率と省力減肥効果(平成20～23年)	
2	「あきたこまち」栽培において低PK成分肥料の施用が収量へ及ぼす影響は小さい(平成21～25年)	
3	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(平成19～23年)	
4	緩効性ペースト肥料による水稻の基肥全量施肥(平成26～27年)	
5	ねぎの局所施肥	
6	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(平成21～23年)	
7	ヘアリーベッチの緑肥すき込みにより、窒素無施用でエダマメが栽培できる(平成24～26年)	
8	マメ科緑肥「ヘアリーベッチ」を用いたキャベツの減肥栽培(平成27～令和元年)	
9	肥効調節型肥料を用いた局所施肥による夏どりキャベツの省力減肥栽培(平成8～11年)	
10	土壌の可給態リン酸を目安にしたネギのリン酸減肥	
11	土壌の可給態リン酸を目安にしたエダマメのリン酸減肥	
12	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(平成21年)	
13	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できる(平成28年)	
	附票	66
	参考文献	68

I 施肥低減に関する基本的な考え方

施肥低減については、以下の基本的な考えに基づき行うものとします。

1 施肥量を減少又は施肥効率を高める方法（環境に配慮した施肥法）

（１）土壌診断に基づく、土壌に蓄積したリン酸、カリの活用による施肥低減について

従来、土壌診断は、塩基バランスの乱れによる生理障害の回避や、高品質・収量向上を目的に実施されており、リン酸、カリ等の減肥を目的としては活用されておりました。このため、本マニュアルでは、作目別にリン酸やカリなどについて管理目標の上限値を設定しておりますので、必要以上の肥料を施用しないよう適正な施肥量による管理を行うとともに、地域で低投入型の施肥設計を検討してください。

（２）施肥低減に向けた堆肥等有機物の活用

堆肥等有機物は、物理性の改善等の土づくりを目的に施用され、堆肥中の肥料成分は考慮されずに施用されてきました。このため、家畜ふん堆肥等の施用によるリン酸、カリが土壌に蓄積している事例が多いことから、肥料成分を有効活用するとともに、堆肥等有機物を貴重な国内の肥料資源として、積極的に活用してください。

（３）家畜ふん堆肥以外に化学肥料を低減するための国内資源の利用

- ア 緑肥作物の利用
- イ 食品残渣など国内資源の利用
- ウ 有機質肥料（指定混合肥料等を含む）の利用
- エ 低成分肥料（単肥配合を含む）の利用
- オ 水稻栽培における収穫後の稲わらのすき込み など

（４）施肥量を低減させる技術の導入

- ア 肥効調節型肥料の利用
- イ 局所施肥（側条施肥、うね立て同時施肥（畝内施肥）、灌注施肥等）
- ウ 育苗箱（ポット苗）施肥の利用
- エ 可変施肥機の利用（ドローン等の活用を含む）
- オ 肥料施用量の少ない品種の利用
- カ 養液土耕栽培、マルチ栽培の導入 など

（５）肥料費を低減する方法

- ア 価格の高いりん酸や加里の成分を低減した低成分肥料（単肥配合含む）の活用
窒素の削減は生育に大きく影響するので、りん酸、加里肥料を中心に削減する。
- イ 肥料の流通経費削減
フレコン流通、銘柄の集約など
- ウ 単価の安い銘柄の利用

Ⅱ 施肥低減に関する手法

1 土壌診断に基づく適正施肥の推進

土を利用して食糧生産を行う農業にとって、作物がどのような土壌の性質・機能を求めているかを把握することは、極めて重要である。作物の生産性向上を図るには、生育を阻害する土壌理化学性の短所を改善する必要がある。このような作物生産基盤である農地を調査・分析し、診断基準に基づいて、物理性（水はけ、水もち等）、化学性（養分の状態、供給力等）、生物性（微生物の多様性、活性等）といった理化学的性質について診断を下し、施肥や対処方針を提案することを土壌診断という。

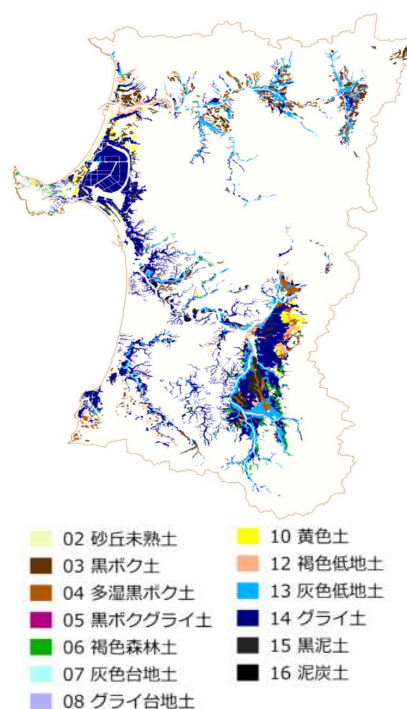
土壌改良にあたっては、何を目標とするかが問題となるが、過去の調査、試験などから集約された目標値は、「秋田県の農耕地土壌」（秋田県農政部，平成9年）に掲載されている。この土壌改良目標値は、「一般的な肥培管理を行って正常な収量をあげうると思われる範囲」を示すものである。土壌養分含量の項目には数値の幅を設け、下限値以下は作物への養分供給が不十分な状態を示し、上限値以上は養分の過剰吸収をもたらし、いずれも作物に生育阻害が現れる可能性のある領域を示す。したがって、正常な収量をあげるためには、提示された養分含量の範囲内に土壌を管理する必要がある、とくに上限値を上回る場合には、肥料や資材の施用を減量または中止するなどの施肥設計も必要となる。

将来にわたって、持続的に農作物の品質・収量を維持しつつ良好な営農環境を保ち続けるためには、作物の要求する養分を適正な範囲に調整し、維持していくことが重要である。このためには、定期的に土壌診断を行い、診断結果に基づき必要な量のたい肥や土壌改良資材と化学肥料をバランス良く施用していくことが大切である。

2 秋田県の農地土壌の実態

本県の耕地面積は14.6万ha、水田が約12.8万ha、畑地が1.8万haであり、耕地の87%が水田となっている。水田の土壌タイプではグライ土が53%と最も多く、次いで灰色低地土と泥炭・黒泥土が分布している。広く低平な地形は県南部の雄物川流域に分布しており、中でも横手盆地は水稻生産力が著しく高く、水田農業経営が安定的に成立した水田単作地帯になっている。沖積地は上流の母材の影響を強く受けており、米代川流域は浮石を含む砂質～壤質が多いのに対し、雄物川や子吉川の流域では強粘質～粘質の割合が多い（図Ⅱ－1）。

一方、畑地面積は約2万haで大部分は黒ボク土、褐



図Ⅱ－1 秋田県の土壌図

色低地土であり、褐色森林土は多くはない。黒ボク土は主に県北部の米代川沿いの台地に分布しており、非アロフェン質黒ボク土に区分される。

1979年から実施している土壌調査の結果から、40年間の土壌の理化学性の変化を概観すると以下のとおりである（表Ⅱ－１）。

【水田】

pHは改良目標値（以下、目標値）の下限とやや低い。陽イオン交換容量は目標値を上回り、保肥力は高いことが分かる。また、作土の可給態リン酸、カリ飽和度は維持水準（Ⅱ章－４参照）を上回る地点が多く、高い肥沃度を維持している。

【畑】

水田と同じくpHは目標値を下回っている。土壌タイプは黒ボク土が多く、保肥力が高く地力の源である全炭素も大きい。可給態リン酸は畑作物、野菜とも改良目標値を上回っており、蓄積傾向である。一方、交換性カリは畑作物を対照とした場合は目標値を超えているものの、野菜作では適正範囲内にある。

【樹園地】

pHは畑と同程度ある。全炭素と陽イオン交換容量が畑よりも低い、これは褐色森林土が多いためである。可給態リン酸は畑作物の改良目標値を上回っており、交換態カリも目標値を超えている。

以上、全体を概観すれば、本県の農地土壌は水田、畑、樹園地の地目に関わらず高い保肥力によって良好な養分状態を維持し、地力の源である全炭素・全窒素の状態も良好である。一方、可給態リン酸、交換性カリは改良目標値を上回っており、蓄積した養分を上手く利用することで減肥が可能である。

表Ⅱ－１ 本県の地目ごとの土壌養分状態

	地点数	pH	EC (mS/cm)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	陽イオン交換容量 (me/100g)	可給態窒素 (mg/100g)	可給態リン酸 (mg/100g)	交換性カリ (mg/100g)
田	67	5.5	0.05	3.97	0.31	25.3	25.0	28.3	31.1
畑	6	5.8	0.06	6.18	0.39	35.0	6.2	59.3	56.9
樹園地	8	5.7	0.05	4.06	0.32	27.9	8.9	49.7	38.8

【改良目標値】

田	5.5 ～6.0	なし	なし	なし	15以上 (黒ボク土、 泥炭・黒泥土20以上)	なし	10～20	12～24
畑	6.0 ～6.5	0.5 以下	なし	なし	15以上 (砂丘未熟土10以上 黒ボク土、 黒泥土20以上)	なし	畑作物10～20 野菜10～40	畑作物12～24 野菜12～ 118

注１）土壌理化学性は、2016～2019年の農地管理実態調査調査で採取した作土の分析結果。

注２）改良目標値は「秋田県の農耕地土壌」（平成９年）から引用した。

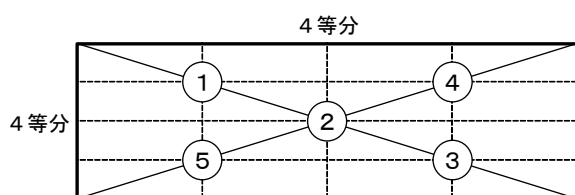
3 土壌診断のための土壌試料の採取方法

(1) 採取時期

原則として作物収穫後、次作の堆肥や土づくり資材の散布、施肥、耕起を行う前に採取する。

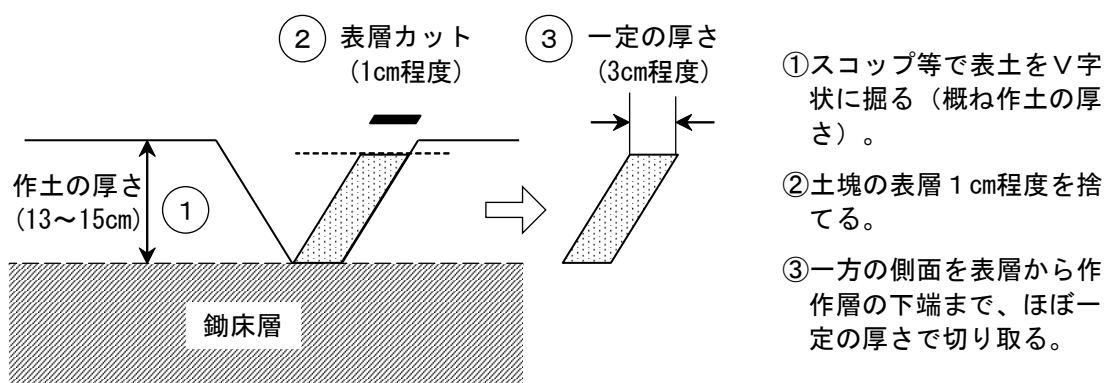
(2) 採取方法

水田や畑は、対角線に5地点から、1地点500g程度採土し、混合したものを試料とする(図Ⅱ-2)。このとき、ごく表層部を薄く剥いだあと耕うんされている深さ(作土部分)までV字型に掘り、その面に沿って一定の厚さで採土する(図Ⅱ-3、図Ⅱ-4)。うね立てしてある場合には、うね間からとなりのうね間までの土壌を採土する。



※ それぞれの対角線上で、概ね等間隔となるように採取する。ただし、暗渠の直上、枕地は避ける。

図Ⅱ-2 ほ場内での土壌の採取位置



図Ⅱ-3 土壌の採取方法



① オーガーを鋤床層の上端まで垂直に押し込み、回しながら引き抜く



② 作土層の部分を半円筒状に成形し取り出す

図Ⅱ-4 専用の採土器具(オーガー)を用いた土壌の採取方法

(3) 土壌試料の調整

ア 土壌の乾燥

採土した試料は、直射日光の当たらない場所で、新聞紙等にうすく広げ、大きな土塊を砕いて速やかに風乾する。急ぐ場合は扇風機や20～30℃の通風乾燥機を用いても構わないが、ストーブの側やバーナー等、強熱での乾燥は避ける（図Ⅱ－5）。

イ 土壌の粉碎

十分に乾燥させた後、ハンマー等で軽く叩いて粉碎する。石や貝殻、稲わら、植物根などは砕かずに、出来るだけ取り除く。2mmの篩を通過したものを分析用試料とする。篩が無い場合は、家庭用のざる等で目が2mmであれば代用する（図Ⅱ－5）。

➤ 乾燥



- ・新聞紙等に広げて陰干し。

➤ 粉碎



- ・乾燥後、ハンマー等で軽く叩いて粉碎。
- ・石や貝殻、稲わら、植物根などは取り除く。

➤ ふるい分け



- ・2mmの篩を通過したものを試料とする。
- ・家庭用のザルで網目が同等であれば代用可。

➤ 保管、提出



- ・試料は紙袋やビニール袋に保管。
(袋に氏名や地点、月日等を記載)
- ・300gほど分析機関に提出。

図Ⅱ－5 土壌試料の調整方法

ウ 土壌試料の提出

J A全農の分析センターや民間の分析会社に300g程度を提出する。

4 水稻

土壌分析により土壌の可給態リン酸や交換性カリが維持水準内にある場合は、粃として圃場から収奪される量を施用する。維持水準より低い場合は、資材や堆肥を併用し維持水準内になるよう努める。維持水準より高い場合は維持水準内に低下するまで施肥しない。

(1) リン酸 (P_2O_5) の施肥基準 (表Ⅱ－2)

リン酸は、水田に雨水や灌漑水によって流入したり、浸透水や排水によって排出する量は極めて少ない。水田に施肥されたリン酸は土壌中の鉄 (Fe) やアルミニウム (Al) などと結合し不溶化することから、水稻によって収奪されたもの以外はほとんどが土壌に蓄積する。成熟期の水稻のリン酸吸収量は玄米収量が10a当たり570kgの場合概ね6kgである。稲わらをほ場に還元する場合、粃の持ち出しによってほ場から収奪されるリン酸は10a当たり4kg程度である。

土壌の可給態リン酸 (トルオーグ法) 維持水準は乾土100g当たりで21～30mgである。

リン酸改良資材とは、ヨウリンなどのク溶性リン酸※を多く含む資材のことである。その他家畜糞を主原料とするたい肥もク溶性リン酸を多く含むことから、リン酸改良資材として施用しても良い。

※ク溶性リン酸とは、水に溶けず2%クエン酸に溶けるリン酸のことである。ク溶性リン酸は、作物の根が分泌する有機酸で溶けて吸収利用される。

表Ⅱ－2 リン酸 (P_2O_5) の施肥基準

可給態リン酸 (mg/100g乾土)	リン酸施肥量 (kg/10a)	リン酸施肥量 (kg/10a)	リン酸改良 資材
	わら鋤込み	わら持ち出し	
～5	8	8	要施用
6～20	8	8	不要
21～30	4	6	不要
31～	0	0	不要

注1) 成熟期水稻のリン酸吸収量 (kg/10a) を茎葉 (わら) : 2、粃 : 4として施肥量を算出した。

(2) カリ (K_2O) の施肥基準 (表Ⅱ－3)

カリは、水田に雨水や灌漑水によって流入するものの、浸透水や排水によって排出され、流入と排水による収支は相殺される場合が多い。水田に施肥されたカリは陽イオンとして土壌に吸着され、その後水稻に吸収利用されたり、一部は浸透水や排水によって排出される。成熟期の水稻のカリ吸収量は玄米収量が10a当たり570kgの場合概ね14kgである。稲わらをほ場に還元する場合、粃の持ち出しによってほ場から収奪されるカリは10a当たり3kg程度である。

土壌の交換性カリ維持水準は乾土100g当たりで21～40mgである。交換性カリが維持水準より低く、カリを一度に多量施用する場合は、石灰、苦土との塩基バランスも考慮する。

表Ⅱ－３ カリ（K₂O）の施肥基準

交換性カリ (mg/100g乾土)	カリ施肥量 (kg/10a) わら鋤込み	カリ施肥量 (kg/10a) わら持ち出し
～20	8	16
21～40	3	14
41～	0	10

注１）成熟期水稻のカリ吸収量（kg/10a）を茎葉（わら）：11、籾：３として施肥量を算出した。

5 野菜・花き

(1) 窒素 (N) の減肥基準

作付前土壌の硝酸態窒素含量を指標とする（表Ⅱ－４）。厳密には土壌の有機物が分解して肥効となる可給態窒素を知る必要があるが、当県の水田、畑地土壌の可給態窒素の値は目標値3mg/100g以上をほぼ満たしており、不足が問題となることは少ない。逆に施設内土壌に硝酸態窒素が蓄積していることが多く、土壌の電気伝導率（EC）を測定し、推定するのが実用的である。

一方、家畜ふん堆肥（特に鶏ふんや豚ふん堆肥）を大量に施用すると、有機物が分解し窒素が大量に放出される。このような場合は窒素肥効を見越して減肥する必要がある（詳細はⅢ 4 野菜・花きにおける堆肥利用を参照）。

表Ⅱ－４ 窒素 (N) の減肥基準

硝酸態窒素 (mg/100g 乾土)	減肥基準 (kg/10a)	(参考) ECの目安
～10	標準施肥	0.2未満
11～15	5kg減肥	0.3程度
16～20	10kg減肥	0.5程度
21～25	15kg減肥	0.7程度
26～30	20kg減肥	0.7以上
31～35	25kg減肥	
36～	無施肥	

(2) リン酸 (P₂O₅) の減肥基準

作付前土壌のリン酸含量を指標とする。リン酸は、水溶性リン酸とく溶性リン酸を合わせて評価するトルオーグ法で判断する（表Ⅱ－５、表Ⅱ－６）。

野菜の品目によって、根のリン酸吸収能が異なる。土壌のリン酸濃度がやや高い状態を好むネギ・タマネギなどは高リン酸作物、それ以外を低リン酸作物と定義し、基準を分けている。また、黒ボク土はリン酸固定能が高いため、他土壌と分けて基準を設定している。

県内の栽培圃場では、野菜の栽培履歴が長いほ場ほどリン酸が蓄積する傾向にあった（ネギ、キャベツ、エダマメ、アスパラガスほ場で確認）。蓄積したほ場ではリン酸資材を施用しなくても収量・品質に差は見られなかった。

分析値を指標として適正な施肥を行うことで、肥料コスト低減、過剰蓄積の回避につながる。

表Ⅱ－５ 高リン酸作物の減肥基準

可給態リン酸 (mg/100g 乾土)	減肥基準	
	黒ボク土	非黒ボク土
～49	標準施肥	標準施肥
50～99	50%減肥	50%減肥
100～	無施肥	無施肥

※ 高リン酸作物 ネギ、タマネギなど

表Ⅱ－６ 低リン酸作物の減肥基準

可給態リン酸 (mg/100g 乾土)	減肥基準	
	黒ボク土	非黒ボク土
～29	標準施肥	標準施肥
30～49	50%減肥	80%減肥
50～	無施肥	無施肥

農試ほ場（非アロフェン質黒ボク土）で土壌のリン酸含量を測定し、上記基準に合わせてネギやエダマメ、キャベツを栽培した。その結果、基準は適正との結果が得られた。

また、現地ほ場でもリン酸減肥基準の適用性を確認した。

(3) カリ (K₂O) の減肥基準

土壌の陽イオン交換容量 (CEC) と作付け前の交換性カリ含量を指標とする (表 II-7)。土壌の CEC が 25meq/100g 以上ではカリ飽和度 5~6% で施肥量を 50% 減肥とし、それより少なければ慣行量、多ければ無施用とする。含量の分析値は重量 (mg/100g) で示されることが多いので、CEC に対応した重量で示している。

キャベツ、ネギ、エダマメ等で減肥試験を行ったが、基準は概ね妥当であった。カリはカルシウムや苦土との塩基バランスも重要なので、それらも考慮して施用量を決める。

表 II-7 カリの減肥基準

CEC (meq)	交換性カリ (mg/100g 乾土)	減肥基準
10	~24	標準施肥
	25~49	50%減肥
	50~	無施肥
15	~34	標準施肥
	35~69	50%減肥
	70~	無施肥
20	~44	標準施肥
	45~69	50%減肥
	70~	無施肥
25	~59	標準施肥
	60~69	50%減肥
	70~	無施肥
30	~70	標準施肥
	71~85	50%減肥
	86~	無施肥
35	~81	標準施肥
	82~99	50%減肥
	100~	無施肥
40	~93	標準施肥
	94~113	50%減肥
	114~	無施肥
45	~105	標準施肥
	106~127	50%減肥
	128~	無施肥
50~	~117	標準施肥
	118~141	50%減肥
	142~	無施肥

6 果樹

化成肥料や堆肥などの施用に際しては、土壤養分の過不足の状況を土壤診断で把握して施肥設計を行うことが基本になる。診断で不足している成分は適正なレベルになるように補給する。過剰な成分は化学肥料や堆肥を問わず投入するのを控えて（減肥して）蓄積している土壤中の養分で当面まかない、適正レベルになるように誘導する。適正範囲に土壤養分があれば、標準量を施用してその状態を維持する。

果樹では、従来から堆肥などの有機物を継続施用している園地も多い。このため、カリやリン酸が蓄積している園地がまま見られ、蓄積成分を有効活用できるような資材を選択し、施肥設計を立てる必要がある。

一方、化成肥料の投入量が多い場合には、苦土や石灰といった塩基の溶脱を早め、土壤の酸性化を招きやすい。3要素だけでなく苦土、石灰の含量にも注意する必要がある。

各樹種毎の施肥基準量は、「Ⅲ－５－（１）果樹の施肥基準」の通りである。

（１）窒素（N）の施肥判断と対応

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。

樹勢強い樹や落葉が遅れ気味の樹、着色の思わしくなかった樹では、施肥量は半減もしくは、施用しない。

樹勢が低下している樹では、県の施肥基準量の2割まで増肥してもよい。なお、樹勢が低下する原因は、土壤の物理的環境が悪い（土が硬い、水はけが悪い等）、病害虫による影響等、施肥以外の要因も考えられるため、根域の観察も行い、要因に応じた対策を講じる。

次項のリン酸やカリの診断で過剰が認められる園地では、尿素などの窒素単肥の対応も施肥コストの削減に有効である。

（２）リン酸（ P_2O_5 ）の診断基準と施肥対応

施肥量は、施肥（元肥）前の可給態リン酸（トルオーグ法）含量を指標として判断する（表Ⅱ－８）。

基準値未満の場合は、不足分をようりん等で基準値を目標に補給し、その後は一般施肥量通りの施用とする。上限値を超える場合には、基準値になるまで無施用とする。

表Ⅱ－８ リン酸の診断基準

診断基準	可給態リン酸 (mg/100g 乾土)			
	リンゴ	ニホンナシ		ブドウ
		黒ボク土	黒ボク土以外	
基準値未満	～ 10	～ 10	～ 20	～ 20
基準値	10～25	10～30	20～40	20～60
基準値以上	25～	30～	40～	60～

(3) カリ (K₂O) の診断基準と施肥対応

施肥量は、土壌の陽イオン交換容量 (CEC) と、施肥 (元肥) 前のカリ飽和度 (%) を指標として判断する (表Ⅱ－9)。

カリ飽和度が基準値未満の場合は、硫酸カリ等単肥で不足分を補い、この後は一般施肥量通りの施用とする。基準値を上回る場合は、標準施用量の半量もしくは無施用とする。

表Ⅱ－9 カリの診断基準

CEC (meq/100g)	診断基準	カリ飽和度 (%)		
		リンゴ	ニホンナシ	ブドウ
～ 15	基準値未満	～ 4	～ 4	～ 5
	基準値	4 ～ 6	4 ～ 6	5 ～ 7
	基準値以上	6 ～	6 ～	7 ～
15 ～ 30	基準値未満	～ 4	～ 4	～ 6
	基準値	4 ～ 6	4 ～ 6	6 ～ 8
	基準値以上	6 ～	6 ～	8 ～
30 ～	基準値未満	～ 2	～ 2	～ 5
	基準値	2 ～ 6	2 ～ 6	5 ～ 6
	基準値以上	6 ～	6 ～	6 ～

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ので、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きている。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

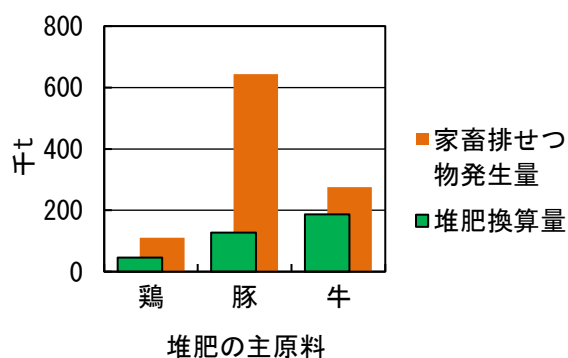
用牛で約37,290頭、豚が約330,000頭を目標としており、それに伴い家畜排せつ物量および堆肥生産量も増加が見込まれる。

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。

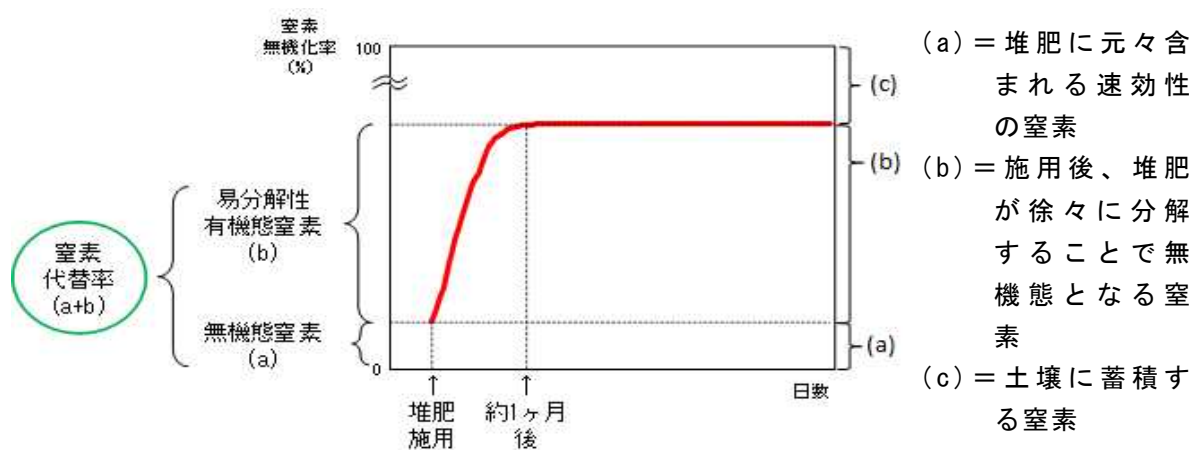
一般に堆肥に含まれる窒素は、作物に対して速く効く部分（無機態窒素）と、施

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）。

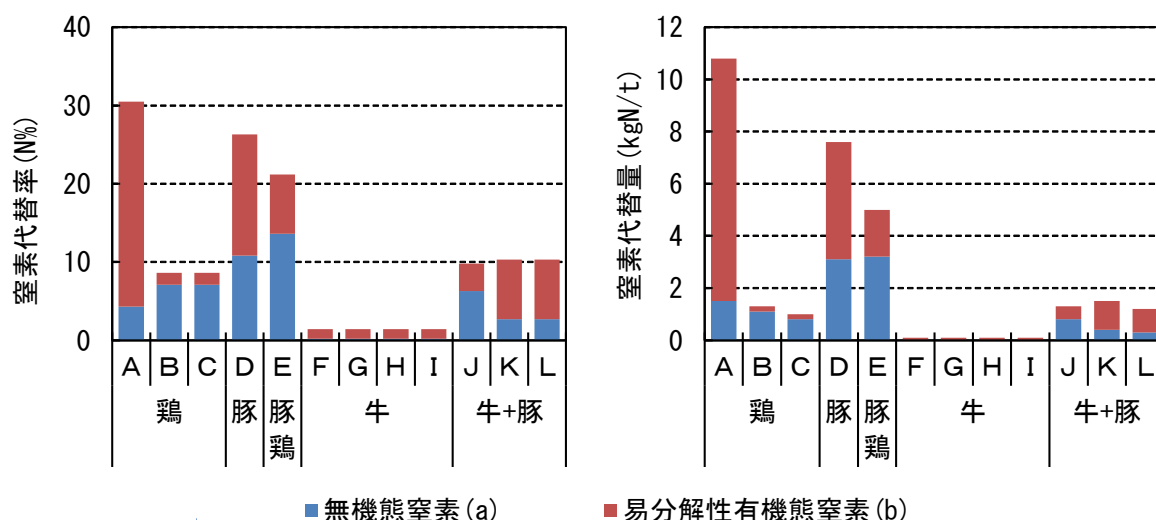
家畜ふん尿を主原料とする堆肥は、総じて易分解性有機態窒素(b)の無機化が早く、施用後の気象条件にもよるが、おおむね1ヶ月程度で無機化率が一定となる。

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ため、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）

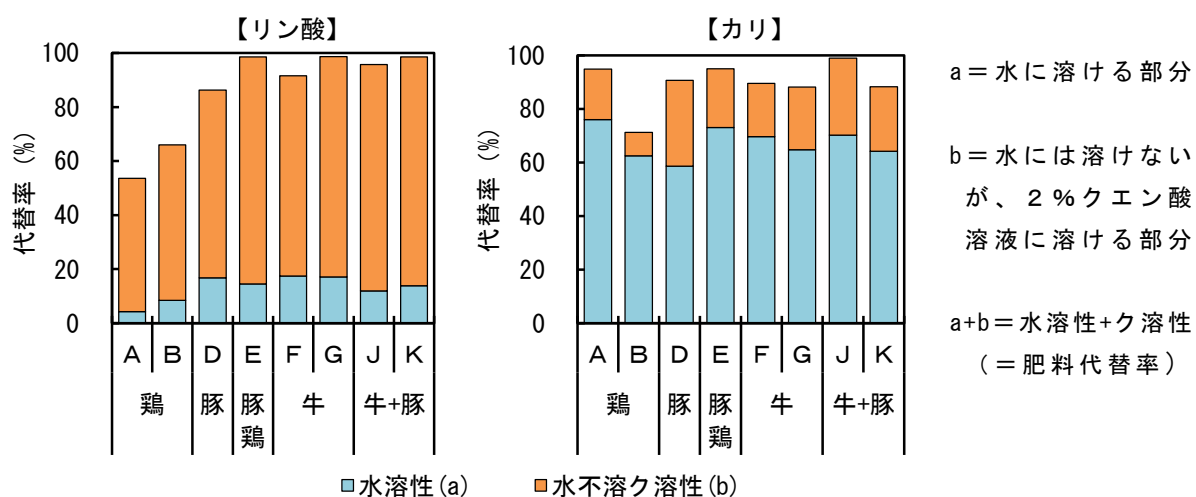
(3) リン酸 (P_2O_5)・カリ (K_2O) の肥料代替率

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が多く、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。

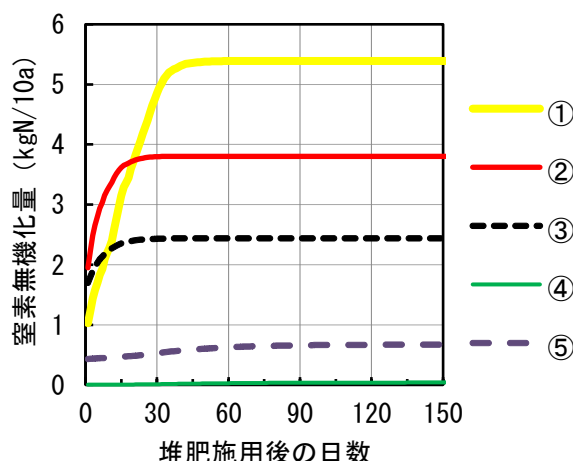
3) 現物500kg/10a施用した時の代替量。

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。

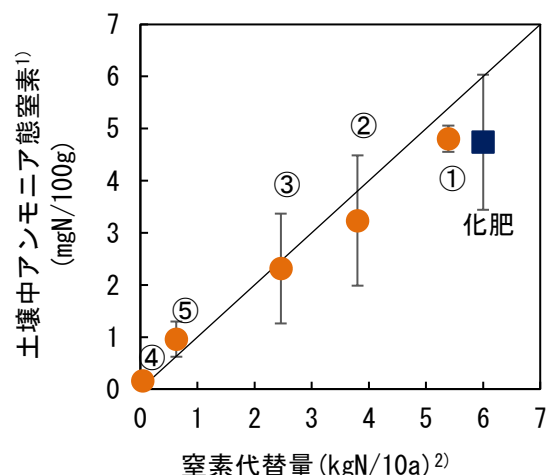
堆肥の窒素代替量と6月上旬における土壌のアンモニア態窒素との関係を見ると、両者はほぼ1：1の関係にある（図Ⅲ－7）。また、この時期のアンモニア態窒素が多いと、6月下旬（有効茎決定期頃）の茎数が多くなり、成熟期の穂数も多い傾向がある（図Ⅲ－8）。



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。

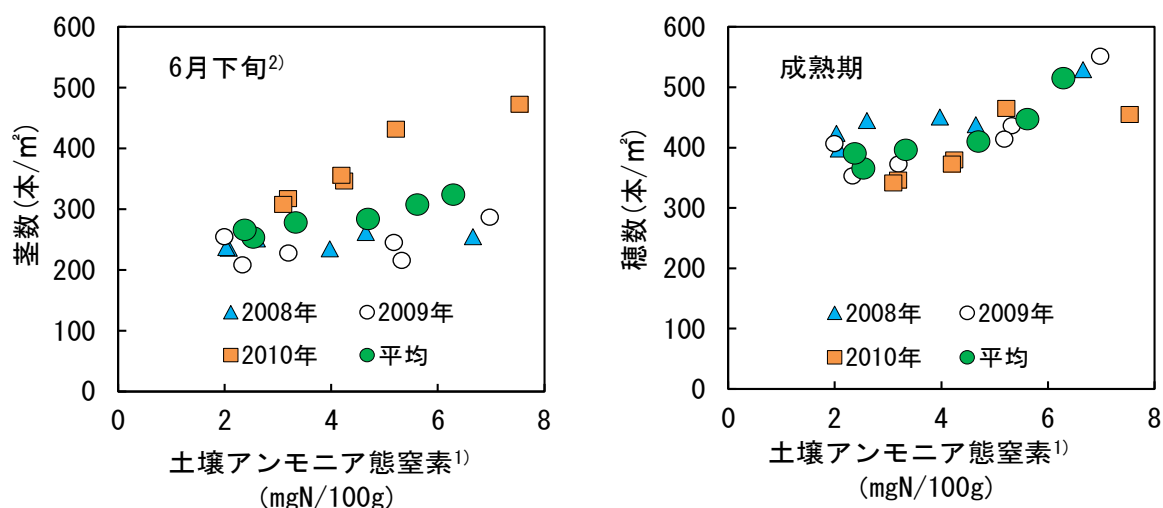
2) 実用化できる試験研究成果「秋田県内で製造されている堆肥の成分（窒素・リン酸・カリ）の特徴」を参照し、2014年5月1日～9月28日の秋田農試圃場の地温でシュミレートした。



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）。



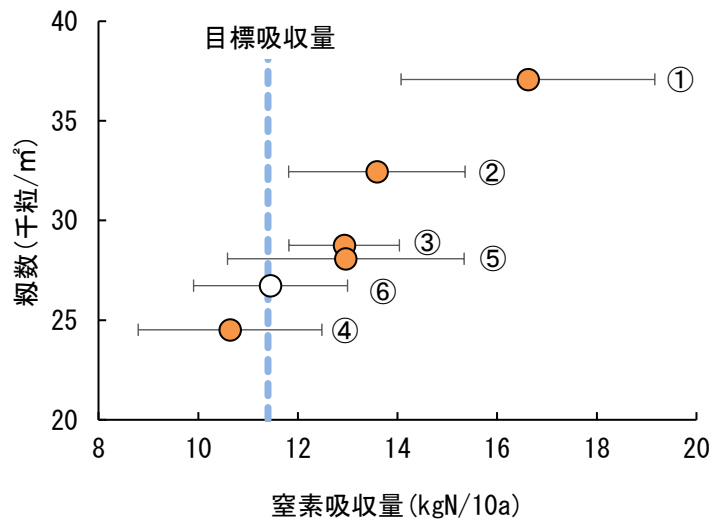
図Ⅲ－８ 生育初期の土壤中アンモニア態窒素と水稻の茎数・穂数の関係

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

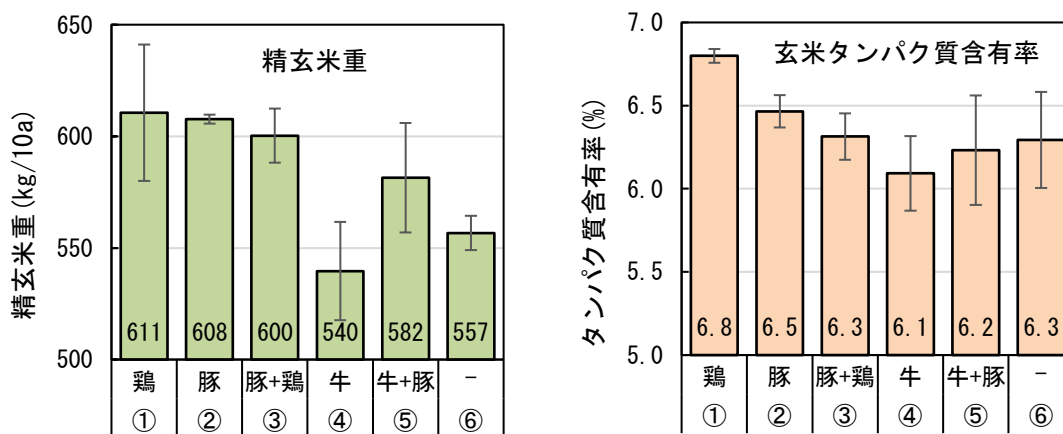
「あきたこまち」の目標収量を570kg/10aとすると、一作期の理想的な窒素吸収量は11.0（県南）～11.8（県北）kgN/10a程度である。今回の試験で、堆肥無施用の⑥や牛ふん主体の④の場合、窒素吸収量はほぼ目標値なみだが、年次によって下回ることもあった。⑤は窒素代替量が少ない割に窒素吸収量が多いが、年次によるフレが大きく、目標を下回る年次もあった。これに対し、窒素代替量の多い①～③の堆肥は安定して目標値を上回った。また、窒素吸収量に応じて、籾数が増加する傾向にある（図Ⅲ－9）。

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.	堆肥			収量構成要素					4)	5)	
	略号 ¹⁾	主原料	窒素 代替量	穂数	一穂 粒数	総粒数	登熟 歩合	千粒重 ²⁾	外観 品質	稈長	倒伏 程度
(kgN/10a)	(本/㎡)	(粒/穂)	(千粒/㎡)	(%)	(g/千粒)	(cm)					
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）。

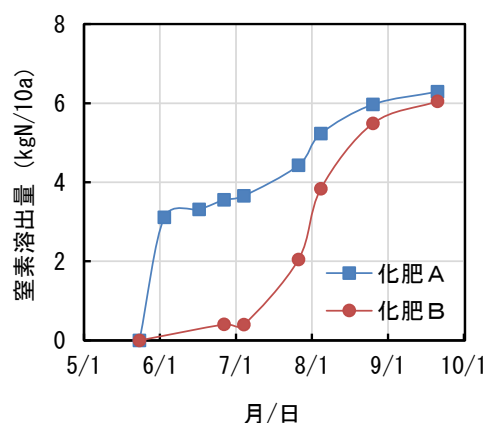
エ 実証区の精玄米重は、いずれも慣行区と同等以上となった。実証B1区とB2区は、実証A区や対照区と比べ穂数は少なくなったが、一穂粒数が多くなることで粒数を確保した。実証B1区、B2区は実証A区と比べタンパク質含有率がやや高いが、千粒重が大きく外観品質が優れた（表Ⅲ－8）。

表Ⅲ－６ 供試肥料の成分

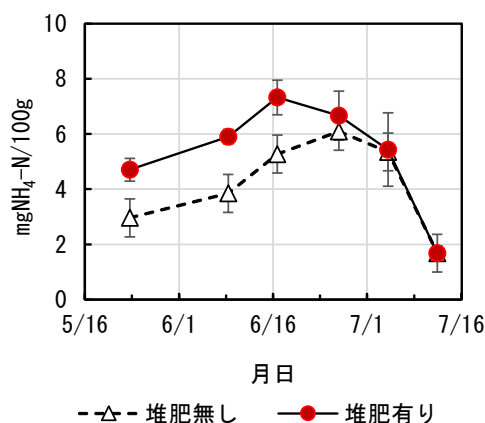
肥料	化肥 A	化肥 B
保証成分 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O %)	15-8-8	41-0-0
窒素の構成 (%)		
速効性	6.3	-
LP40	2.0	-
LPS60	6.7	41.0

表Ⅲ－７ 試験区の構成

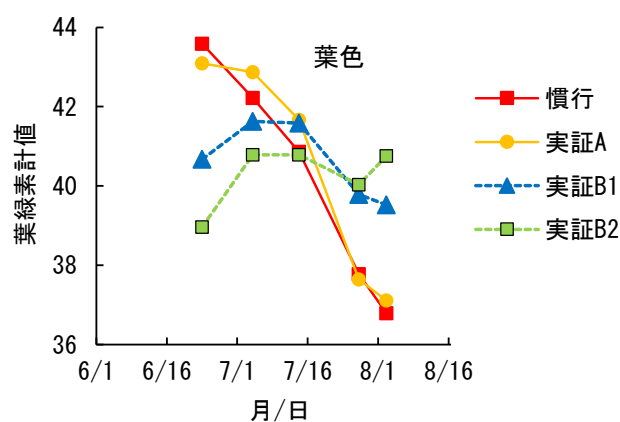
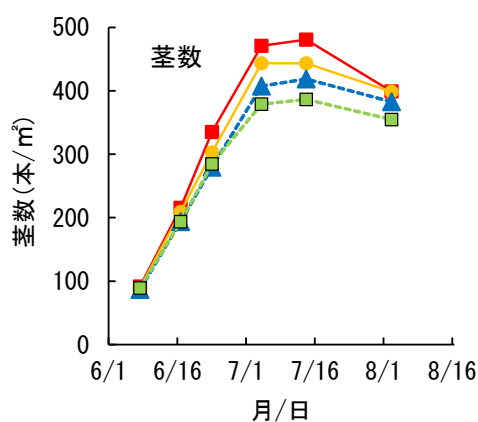
試験区	堆肥 施用量 (kg/10a)	窒素 代替量① (kgN/10a)	供試 肥料	施肥量 ② (kgN/10a)	全体 ①+②
慣行	0	0	化肥 A	8.0	8.0
実証A	500	3	〃	6.5	9.5
実証B1	500	3	化肥 B	6.5	9.5
実証B2	500	3	〃	5.0	8.0



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。

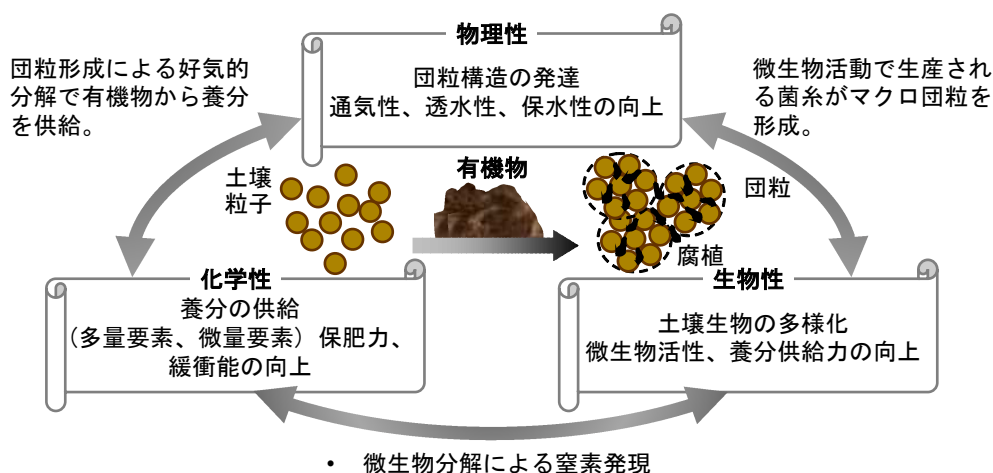
3) ケルダール法により求めた窒素含有率に換算係数5.95を乗じて算出した。

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）。

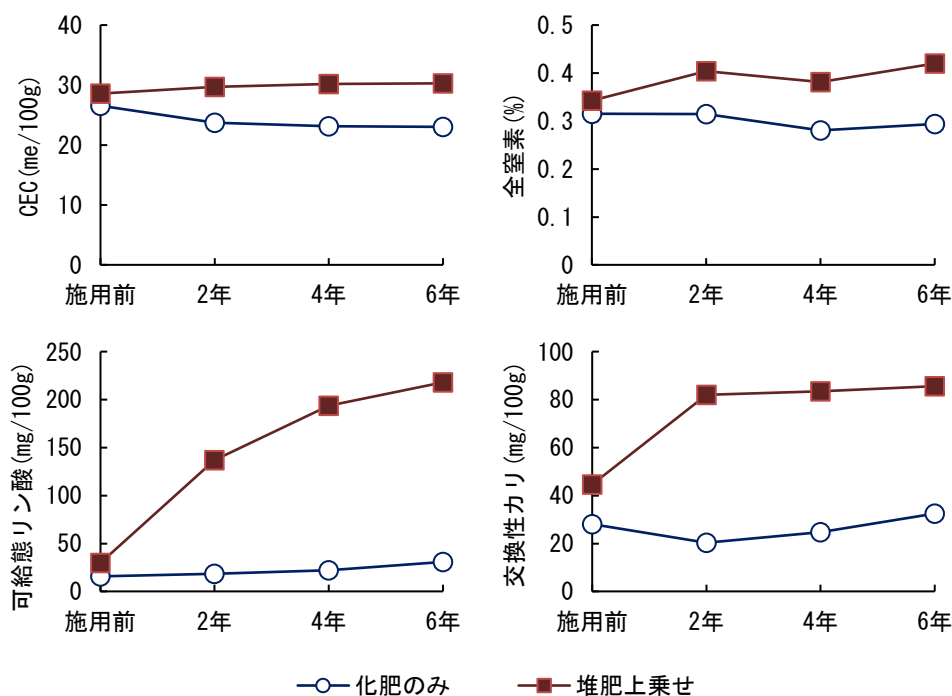


図Ⅲ－14 有機物施用と土壌の物理性・化学性・生物性に及ぼす効果

(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

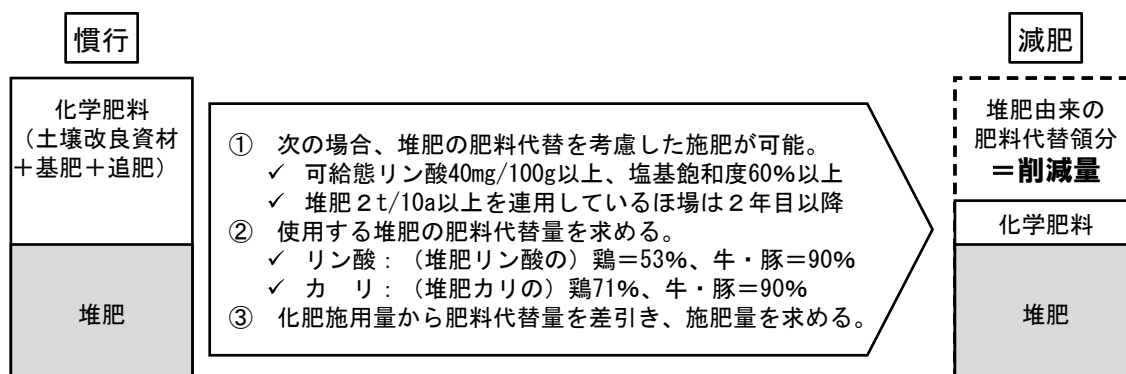
注1) 堆肥上乘せでは毎年2t/10aの豚糞堆肥を散布

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

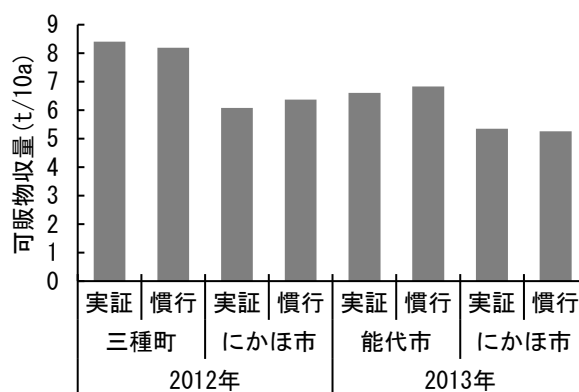
(4) キャベツでの堆肥利用

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

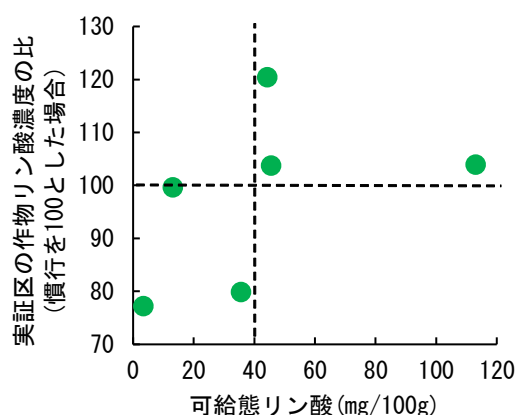
試験 年次	地区	供試 堆肥	施用量 t/10a	堆肥の成分 %	堆肥中の 代替量 kg/10a			化肥 標準施肥量 kg/10a			実証区の 化肥量 kg/10a		
					窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
2014	能代市	鶏ふん	0.15	3.7-4.7-4.3	—	4	5	30	14	14	30	8	8
	湯沢市	牛ふん	2.0	0.6-0.7-1.1	—	13	19	27	45	42	27	25	12
2015	秋田市	牛ふん	2.0	0.6-0.7-1.1	—	13	19	25	25	9	25	9	9
	横手市	牛豚ふん	2.0	2.4-4.3-3.9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

表Ⅲ－11 ネギの収量と出荷規格の割合

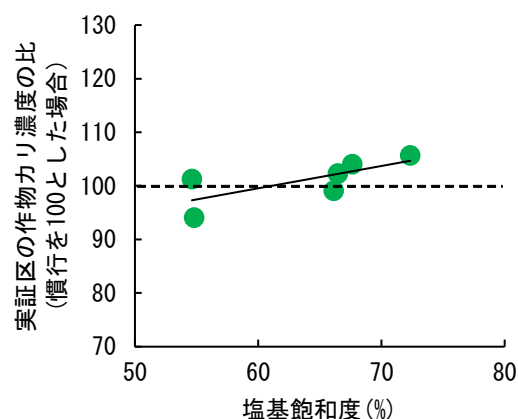
試験 年	地区	試験区	調製重 g/本	収量 kg/10a	出荷規格割合%			
					2L	L	M	S以下
2014	能代市	実証	203	5758	67	30	3	0
		慣行	200	5973	66	25	9	0
	湯沢市	実証	150	5474	38	50	3	9
		慣行	165	6277	37	43	11	9
2015	秋田市	実証	162	5979	38	49	4	9
		慣行	152	5945	26	56	13	5
	横手市	実証	214	7711	83	17	0	0
		慣行	217	7596	83	17	0	0

（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％

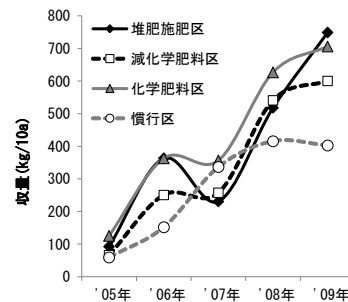
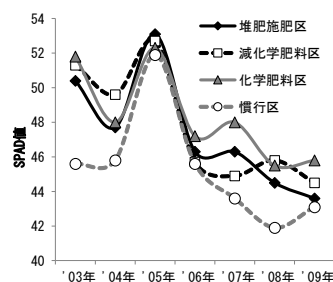
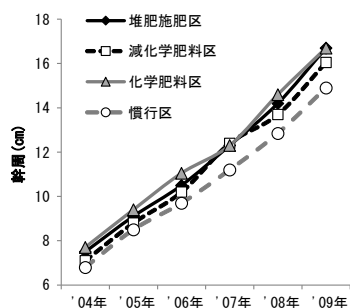
表Ⅲ－14 定植後の施肥窒素量

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

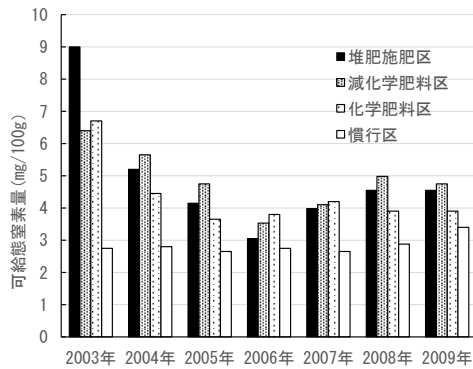
果実品質は慣行区の果重がやや小さい傾向にあった以外は、試験区間で明らかな差はなく、堆肥を使用したことによる着色不良や糖度低下、成熟遅延などの影響もみられなかった（表Ⅲ－15）。

表Ⅲ－15 収穫果の果実品質

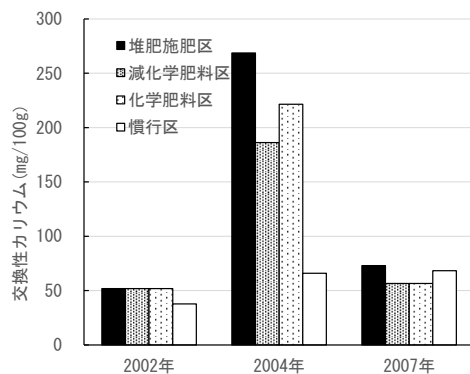
年次	試験区	果重 (g)	着色割合 (%)	硬度 (lbs)	糖度 (Brix%)	リンゴ酸 (g/100ml)	みつ入り (0-5)	デンプン (0-4)
2006年	堆肥施肥区	299	90	16.7	15.3	0.45	2.1	0.6
	減化学肥料区	304	90	17.1	15.5	0.51	1.9	0.5
	化学肥料区	311	85	16.5	16.1	0.45	1.4	0.6
	慣行区	280	85	17.8	15.4	0.43	1.9	0.7
2007年	堆肥施肥区	252	86	15.5	15.4	0.36	1.7	1.0
	減化学肥料区	270	87	16.1	15.7	0.39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

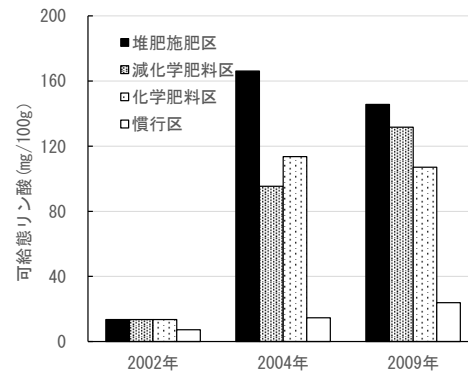


図Ⅲ－24 交換性カリウムの変化
(採取深0～20cm)

(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

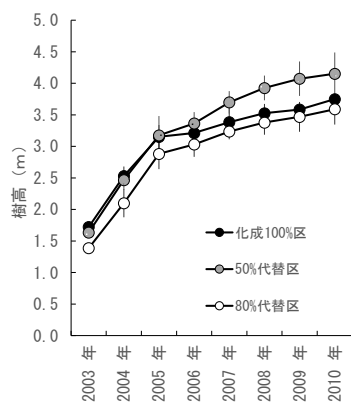
堆肥 家畜ふん(豚ふん、鶏ふん)29%、モミガラ、廃オガ、戻し堆肥計71%

(成分 水分46.2%、C/N12.6、乾物TN3.0%、P₂O₅7.2%、K₂O3.2%)

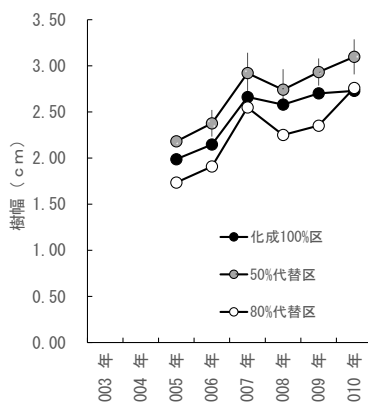
化成肥料 尿素複合燐加安(保証成分 N20%、P₂O₅8%、K₂O14%)

(ア) 樹体生育、収量

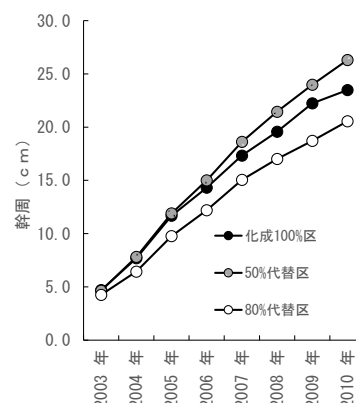
定植時から7年後の9年生までの樹高、樹幅、幹周の推移は、慣行の化成100%区に比較し、50%代替区はほぼ同等の生育を示したが、80%代替区は劣る傾向にあった（図Ⅲ－26、27、28）。特に、幹周は2年生から差がみられ、4年生以降は明らかに80%代替区の生育が劣る結果になった。



図Ⅲ－26 樹高の推移



図Ⅲ－27 樹幅の推移

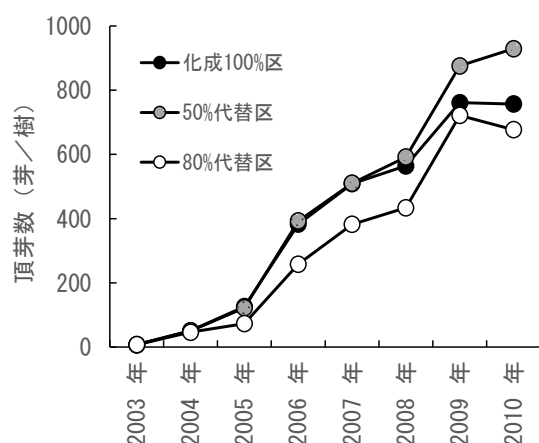


図Ⅲ－28 幹周の推移

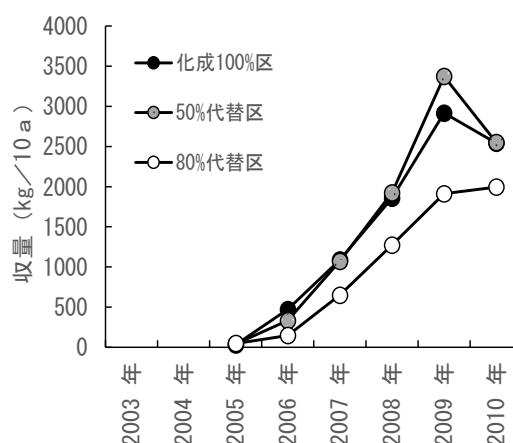
調査樹数：2003～2004年は各区9樹、2005年以降は各区6樹

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

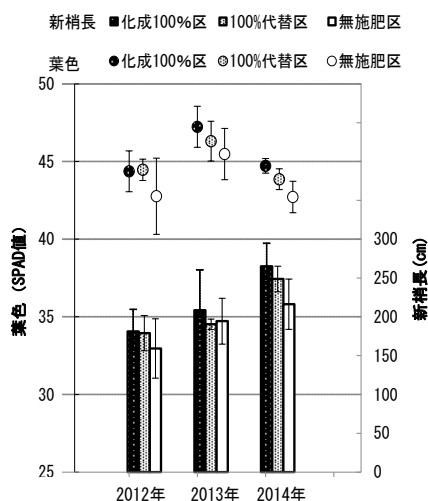
(T-N20%、P₂O₅8%、K₂O14%)

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

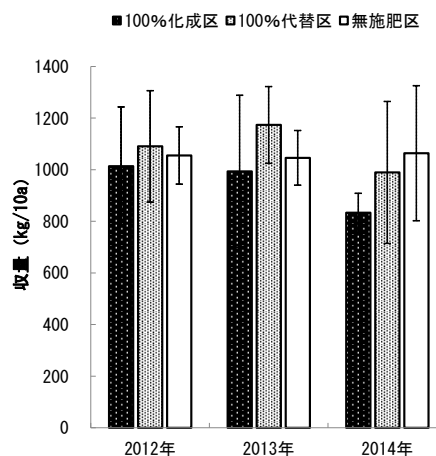
試験区	(%)		
	2012年	2013年	2014年
化成100%区	67.1 ± 9.3	69.4 ± 24.0	91.0 ± 8.4
100%代替区	68.7 ± 7.8	60.9 ± 23.6	79.5 ± 5.4
窒素無施用区	49.7 ± 10.6	59.3 ± 18.4	67.0 ± 14.9

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）。

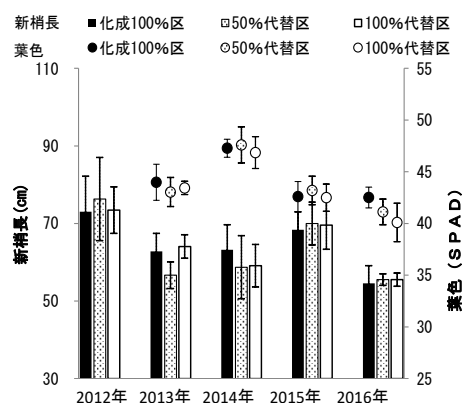
表Ⅲ－21 「幸水」の窒素施肥量と施肥時期

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）。



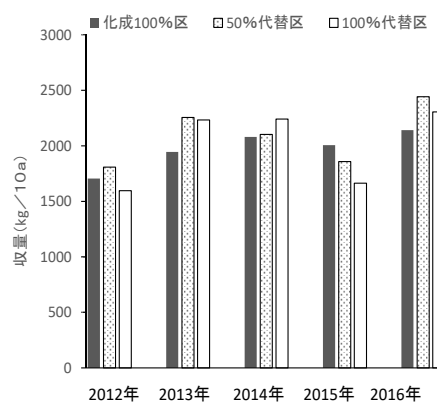
図Ⅲ－33 「幸水」の新梢長および葉色

(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。

IV 關係成果集

成果 1 [普及事項]

新技術名：シグモイド溶出型被覆肥料を主体とした側条施肥の窒素利用率と省力減肥効果
(平成20～23年)

研究機関名 農業試験場 生産環境部 機械技術担当
担 当 者 進藤勇人・三浦恒子・他3名

[要約] シグモイド溶出型被覆尿素肥料 60 日タイプ (LPS60) を側条施肥した時の窒素利用率は、約 75%と高い。LPS60 を主体に側条施肥することで、追肥を省略し、約 20%減肥しても、幼穂形成期頃までの葉色が維持され、慣行と同等以上の収量、玄米品質が得られる。

[普及対象範囲]

県内平坦部

[ねらい]

近年、大きな気象変動が発生することが多くなり、高品質米の安定生産技術が求められている。一方で、大規模化や大区画化に対応するために、目標収量 (57kg/a) を確保し、省力で減肥できる栽培技術が求められている。

そこで、水稻生育に適合したシグモイド溶出型被覆尿素肥料 60 日タイプ (LPS60:積算温度 750℃まで溶出抑制、1500℃で 80%溶出) を主体とした側条施肥による省力減肥栽培を検討した。

[技術の内容・特徴]

1. LPS60 を側条施肥した時の重窒素トレーサ法による施肥窒素利用率は、74.8%と高かった (表 1)。
2. 現地砂壤土水田では、農家慣行は基肥 N6～10g/m²と追肥 N1.4～6g/m²、1～5 回で行われており、LPS 区は基肥を側条施肥で N6g/m²と減数分裂期追肥 N1.6～1.8g/m²で行った。LPS 区は 4 年間平均で農家慣行区と比べ、基肥 N が約 10%減肥、追肥 N が約 30%減肥でき、総施肥窒素量は約 20%減肥となった。また、追肥回数は平均 1 回、最大 4 回減少した (表 2)。
3. LPS 区の最高茎数はいずれの年次においても最大値が小さく、4 年間平均で 570 本/m²と農家慣行区に比べ、9%少なかった。一方、穂数は 4 年間平均で 450 本/m²と十分な穂数が確保され、農家慣行と同等であった。有効茎歩合が高いことが特徴で、4 年間とも農家慣行より高かった (表 3)。
4. LPS 区の葉色は 7 月上旬までやや低いが、それ以降は減数分裂期 (7 月下旬) まで無追肥で農家慣行と同様の推移をした。これは LPS60 の溶出パターンと窒素利用率が高いことを反映したものと考えられた (図 1)。
5. LPS 区の収量は各年次で比較すると同等からやや高かった。4 年間平均では LPS 区の収量は慣行比で 105 であった。整粒率、玄米タンパク質含有率は同等であることから、LPS 区は増収しても、玄米品質の低下は小さいものと考えられた (表 4)。

[成果の活用上の留意点]

1. 試験は現地砂壤土水田で行い、品種は「あきたこまち」である。
2. LPS60 の累積窒素溶出率：圃場埋設試験を行った結果 (2008 年 5 月 16 日埋設)、7 月 3 日 7%、7 月 11 日 29%、7 月 23 日 70%、8 月 6 日 94%であった。
3. 圃場試験した供試肥料 (表 2～4、図 1) は、商品名ゆとり L588 (15-8-8、LPS60 45%配合、K 社) である。

[具体的なデータ等]

表1 重窒素トレーサ法による被覆尿素肥料を用いた側条施肥の施肥窒素利用率(2009)

肥料タイプ	施肥N量 (gN/m ²)	地上部N吸収 量(gN/m ²)	土壌由来N吸 収量(gN/m ²)	肥料由来N吸収量(gN/m ²)					施肥N利用率(%)			
				LPS60	sd	LP30	sd	合計	LPS60	sd	LP30	sd
LPS60:LP30=3:1	6.5	12.24	7.88	3.65	0.44	0.72	0.13	4.37	74.8	9.0	44.3	7.8

注1) ほ場に48×30cmの枠を4基接地し、重窒素LP30とLPS60、LP30と重窒素LPS60を混合した肥料をそれぞれ2基ずつに側条施肥した。

注2) 細粒グライ土水田に枠1基あたり6株移植(栽植密度21.2株/m²)し、供試した12株(6株×2基)から平均的な6株を用いて算出した。

注3) 窒素安定同位体比は、ANCA-SLを用いて測定し、¹⁵N自然存在比は0.366として算出した。

表2 試験区の構成及び施肥法、施肥窒素量(2008～2011)

年次	試験区	調査圃 場数	施肥法	基肥 肥料種	平均N量			追肥		総施肥N量		
					gN/m ²	最大	最小	回数	合計N量 gN/m ²	平均N量 gN/m ²	最大	最小
2008	LPS区	5	側条	LPS60配合試験肥料	6.0	6.0	6.0	1	1.6	7.6	7.6	7.6
	農家慣行	5	側条	被覆尿素配合肥料等	6.7	7.5	6.0	1～5	1.4～6.0	9.4	12.0	8.5
2009	LPS区	3	側条	LPS60配合試験肥料	6.0	6.0	6.0	1	1.6	7.6	7.6	7.6
	農家慣行	3	側条	被覆尿素配合肥料等	6.7	8.0	6.0	1～3	1.6～3.9	9.4	9.9	8.8
2010	LPS区	3	側条	LPS60配合試験肥料	6.0	6.0	6.0	1	1.6	7.6	7.6	7.6
	農家慣行	3	側、全、側+全	被覆尿素配合肥料等	7.6	10.0	6.0	1～2	1.6～2.2	9.5	12.0	8.2
2011	LPS区	2	側条	LPS60配合試験肥料	6.0	6.0	6.0	1	1.8	7.8	7.8	7.8
	農家慣行	2	側条	被覆尿素配合肥料等	6.0	6.0	6.0	2	2.8	8.8	8.8	8.8
4年間の 平均	LPS区	—	側条		6.0			1.0	1.7	7.7		
	農家慣行	—	側、全、側+全		6.7			1.9	2.5	9.3		

注1: 2008、2009、2011年はLPS区の耕作者の近隣慣行栽培圃場を、2010年はLPS区の近隣のJA生育調査田を農家慣行とした。

注2: LPS区の追肥時期は、7月下旬(減数分裂期頃)である

注3: 農家慣行の被覆尿素配合肥料は、速効N:LP70=1:1が約半数を占める

表3 最高茎数と有効茎歩合(2008～2011)

年次	試験区	最高茎数			穂数			有効茎歩合		
		平均 本/m ²	最大	最小	平均 本/m ²	最大	最小	平均 %	最大	最小
2008	LPS区	607	708	466	480	540	403	80	89	64
	農家慣行	665	776	465	443	464	387	68	83	56
2009	LPS区	589	636	559	460	485	430	78	87	73
	農家慣行	656	799	581	452	489	429	70	75	61
2010	LPS区	521	540	504	415	435	397	80	84	77
	農家慣行	608	826	471	446	524	394	75	84	63
2011	LPS区	563	571	554	443	479	407	79	84	73
	農家慣行	576	584	569	433	450	417	75	79	71
4年間の 平均	LPS区	570			450			79		
	農家慣行	626			443			72		
分散分析		*			n.s.			*		

注1: *は、処理間で二元配置の分散分析により5%水準で有意差があることを示す。

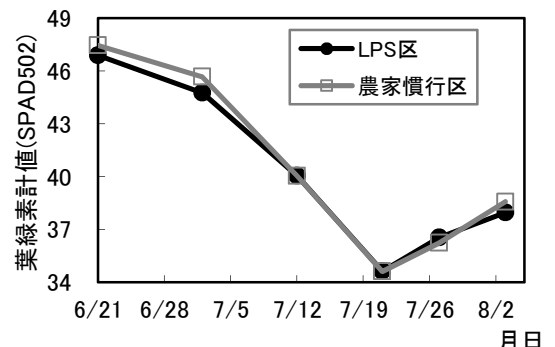


図1 葉色の推移(2010年、3圃場の平均値)

表4 収量及び収量構成要素(2008～2011)

年次	試験区	稈長		精玄米重		穂数 本/m ²	粗穀 千粒/m ²	登熟歩合 %	千粒重 g	整粒率		玄米タンパク 質含有率(%)	
		cm	sd	kg/a	sd					粒数%	sd	質含有率(%)	sd
2008	LPS区	—		59.5	3.9	480	31.8	83.4	22.8	79.3	2.1	6.8	0.2
	農家慣行	—		54.4	4.9	443	28.0	84.4	23.1	77.4	3.4	6.9	0.1
2009	LPS区	—		60.8	2.4	460	33.4	82.3	21.8	84.6	2.2	6.0	0.0
	農家慣行	—		57.5	3.2	452	31.3	84.8	22.2	85.1	2.8	6.1	0.2
2010	LPS区	89	1.9	45.5	3.2	415	28.7	84.5	22.4	76.1	5.5	6.9	0.2
	農家慣行	90	2.6	45.7	5.8	446	30.4	84.0	22.7	74.0	2.2	7.1	0.2
2011	LPS区	82	0.2	66.9	2.4	443	31.5	91.2	23.8	68.7	6.3	6.3	0.0
	農家慣行	84	0.5	64.9	1.5	433	30.5	89.5	23.7	68.5	5.2	6.3	0.0
4年間の 平均	LPS区	85		58.2(105)		450	31.3	85.4	22.7	77.2		6.5	
	農家慣行	87		55.6(100)		443	30.1	85.7	22.9	76.3		6.6	

注1: 整粒率は、Sa社穀粒判別器RGQI10Aによる(胴割れは判定していない)。

注2: 2008年は玄米タンパク質含有率は水分を15%とし、2008年はSa社CTA10C型で、他の年次は玄米窒素含有率に5.95を乗じて求めた。

注3: 2010年は登熟期高温のため、低収である。

[発表論文等]

進藤ら(2011)、東北農業研究、64、23-24、進藤ら(2012)、東北農業研究、65、43-44

成果 2

新技術名：「あきたこまち」栽培において低 PK 成分肥料の施用が収量へ及ぼす影響は小さい（平成 21～25 年）

研究機関名 農業試験場 生産環境部 土壌基盤担当
担 当 者 石田頼子・金和裕・渋谷允

〔要約〕 「あきたこまち」栽培において、籾として圃場外へ持ち出されたリン酸とカリ成分量と同量補給できる低 PK 成分肥料を施用することで、慣行栽培と同等の収量を確保できる。また、リン酸とカリの極端な減肥は減収につながる可能性がある。

〔普及対象範囲〕 県内全域

〔ねらい〕

リン酸とカリ肥料の価格高騰に加えて土壌中へのリン酸とカリ養分が蓄積傾向にあることから、近年、リン酸とカリ肥料を抑えた低 PK 成分肥料が開発されている。しかし、低 PK 成分肥料を施用することによる水稻への影響は明らかではない。そこで、「あきたこまち」栽培において低 PK 成分肥料を 5 カ年継続施用し、収量への影響を調べた。

〔技術の内容・特徴〕

1. リン酸施用量試験において、低 PK 成分肥料区（以下、低 PK 区）は慣行区と同等の収量で推移し、リン酸減肥の影響は見られない。無リン酸区は 5 年目で低下した（図 1）。
2. カリ施用量試験において、低 PK 区は慣行区と同等の収量を推移し、カリ減肥の影響は見られないが、無カリ区は 5 年目で収量が低下した（図 1）。
3. 圃場外へ持ち出したリン酸とカリの成分量の 5 カ年の平均は、リン酸量が 4kg/10a 程度であり、低 PK 区は投入施肥量と持ち出し量が同等である。カリ量も、持ち出し量が 3kg/10a 程度で、投入施肥量と概ね同等であり、持ち出し分が補給されている（図 2）。
4. リン酸とカリの持ち出し量分と同程度を化学肥料で補給することで、低 PK 成分肥料を 5 カ年継続施用しても、慣行施肥と同等の収量を確保できる。一方、リン酸とカリを無施肥とする極端な減肥は、減収につながる可能性がある。

〔成果の活用上の留意点〕

1. 農業試験場内水田圃場（細粒グライ土）での試験結果である。試験開始前（H21 年 4 月）に、土壌の可給態リン酸を重過リン酸石灰で 18.0mg/100g、交換性カリを塩化カリで 30.0mg/100g に調整している。
2. 低 PK 成分肥料は、土壌養分状態を把握した上で利用する。持続的な農業生産を行うためには、定期的な土壌診断を実施し、県の減肥基準に基づき施肥する必要がある。
3. 低 PK 肥料の成分は、窒素 14%、リン酸 8%、カリ 8%で、市販されている。窒素を 6kg/10a 施用した場合のリン酸とカリはそれぞれ 3.4kg/10a である。
4. 収穫後、圃場外への持ち出しは穂のみで、稲ワラはほ場へ還元している。

[具体的なデータ等]

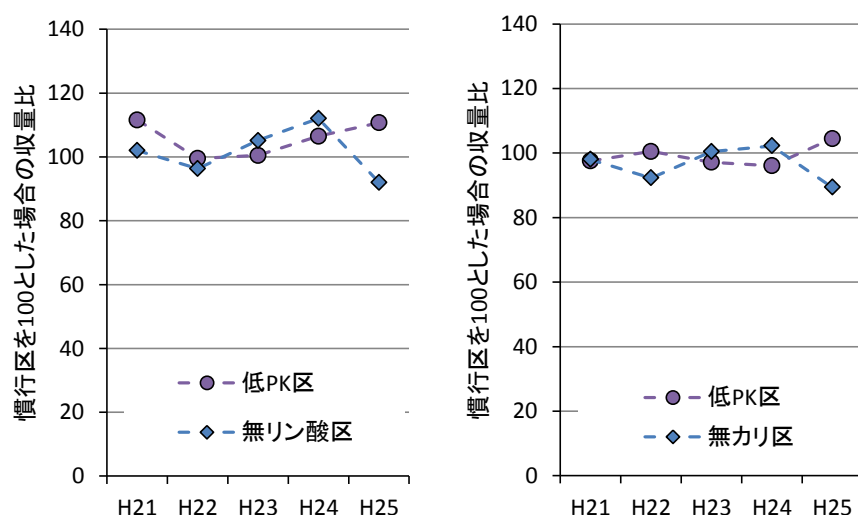


図1 慣行区を100とした場合の収量比の5カ年の推移（左：リン酸施用試験，右：カリ施用試験）

注1) 試験区の構成（基肥 $N-P_2O_5-K_2O$ kg/10a）：

①リン酸施用試験；無リン酸区 6-0-8，慣行区 6-8-8，低PK区 6-3.4-3.4。

②カリ施用試験；無カリ区 6-8-0，慣行区 6-8-8，低PK区 6-3.4-3.4。

注2) 追肥はいずれの区も窒素単肥（硫安）で 2kg/10a 施肥している。

注3) 全層施肥である。

注4) 耕種概要（試験年；移植日，栽植密度）：H21；5/21，20.6 株/m²，H22；5/20，20.3 株/m²，H23；5/19，20.1 株/m²，H24；5/21，21.0 株/m²，H25；5/21，21.3 株/m²。中苗移植，植付本数は 4 本/株。

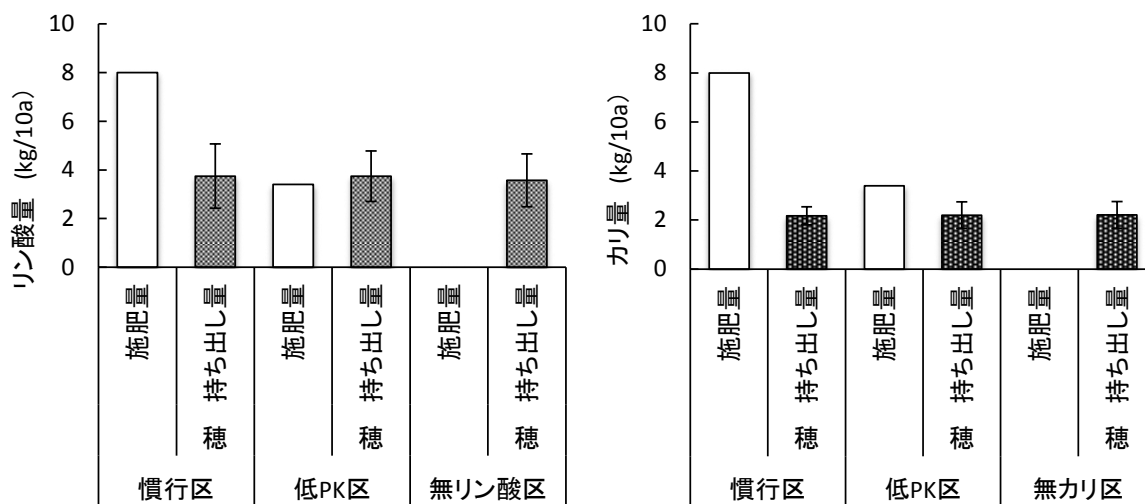


図2 投入施肥量と圃場外への持ち出し量との比較（左：リン酸施用試験，右：カリ施用試験）

注1) 持ち出し量（穂）は5カ年の平均値である。

注2) エラーバーは標準偏差を示す。

注3) 収穫後，圃場外への持ち出しは穂のみで，稲ワラはほ場へ還元している。

[発表論文等]

「秋田県における低PK成分肥料を用いたあきたこまち栽培」，グリーンレポート No. 536，6-7（2014）

成果3 [参考事項]

新技術名： 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（平成19～23年）

研究機関名 農業試験場 生産環境部 土壌基盤担当
担 当 者 渋谷允・金和裕・他5名

[要約]

県内で生産される豚糞、豚鶏糞混合、牛豚糞混合堆肥 500kg/10a と育苗箱全量施肥による窒素 4kg/10a を組み合わせると、品質を低下させずに、570kg/10a 以上の収量を確保することができる。これら堆肥の連用により土壌養分が蓄積し、土づくり効果が認められる。

[普及対象範囲]

あきたこまち栽培ほ場

[ねらい]

近年、地域内の有機質資源を活用して農地の生産力の維持・増進を図ることや、施肥効率の向上により農業生産に伴う環境負荷を低減することが求められている。このためには、経済的合理性を維持しつつ、生産物の量や質を低下させないで、持続的農業生産技術を確立する必要がある。

そこで、異なる特徴を持つ県内主要堆肥と窒素利用効率の高い育苗箱全量施肥との組み合わせによる持続的生産技術について検討する。

[技術の内容・特徴]

- (1) 堆肥 500kg/10a から供給される窒素の肥料代替量は、10a あたり豚糞堆肥で 3.8kg、鶏糞堆肥では 5.4kg に相当する。ただし、牛糞堆肥は 0kg に近い。豚鶏糞混合堆肥は 2.5kg、牛豚糞混合堆肥は 0.6kg であり主原料によって異なる（表1）。
- (2) 豚糞、鶏糞、豚鶏糞混合、牛豚糞混合区においては、育苗箱全量施肥（窒素 4kg/10a）との組み合わせにより、あきたこまちの県の目標収量である 570kg/10a を安定して確保できる（表2）。
- (3) 玄米蛋白質は鶏糞区以外では平均で 6.4%以下であるが、鶏糞区では 6.8%と高い傾向である（表2）。
- (4) 外観品質は、鶏糞区以外では 1等米（2.3～2.7）であるが、鶏糞区では 2等米（3.7）である（表2）。
- (5) 堆肥を3年施用し続けることで、可給態窒素はすべての区で蓄積傾向にあり、可給態リン酸は豚糞、鶏糞区で蓄積傾向にある。交換性カリは牛糞区以外で蓄積傾向にある。無堆肥区は可給態リン酸、交換性カリが減少しており、リン酸、カリの補給が必要である（図1）。

[成果の活用上の留意点]

- (1) 堆肥の肥料代替量は、窒素は有効窒素量、リン酸は可溶性リン酸量、カリは可溶性カリ量とする（2010 実用化できる試験研究（参考・普及事項）、農業試験場）。
- (2) 栽植密度は 23.8～25.8 株/㎡（田植機の設定は 80 株/坪）とした（2005 実用化できる試験研究（普及事項）、農業試験場）。
- (3) 鶏糞堆肥 10a あたり 500kg または 250kg 施用する体系では、倒伏や品質の低下といった問題が発生したので、施用量を減ずる検討が今後必要である。
- (4) 堆肥の主原料によっては肥料成分が高いものも多く、連用によって土壌への過剰な養分蓄積が懸念される。定期的に土壌診断を行い、秋田県減肥マニュアル（暫定版）の土壌養分の維持水準内に収める必要がある。

[具体的なデータ等]

表 1 基肥と堆肥中に含まれる窒素、リン酸、カリの肥料代替量

試験区	主原料	副資材	堆肥 生産地域	基肥	堆肥現物	堆肥肥料代替量		
				窒素-リン酸-カリ (kg/10a)	施用量 (kg/10a)	窒素	リン酸	カリ
無堆肥区				4-0-0				
豚糞区	豚	木質系	県北	4-0-0	500	3.8	32.9	15.4
鶏糞区	鶏	無し	県央	4-0-0	500	5.4	13.9	19.4
牛糞区	牛	モミガラ・わら等	県央	4-0-0	500	0.0	2.4	5.4
豚鶏糞混合区	豚+鶏	モミガラ・わら	県南	4-0-0	500	2.5	19.8	9.5
牛豚糞混合区	牛+豚	モミガラ・わら	県南	4-0-0	500	0.6	9.8	12.3

注 1) 供試した堆肥は、年間の生産量が1千t以上の秋田県内の堆肥センターで生産されたもの。

注 2) 無堆肥区、豚糞区、鶏糞区、牛糞区の供試年次はH20～H22年。豚鶏糞混合区、牛豚糞混合区の供試年次はH19～H22年。

注 3) 鶏糞堆肥区では連用2年目で倒伏がみられたため、3年目から250kg/10a施用とした。

表 2 収量および品質

試験区	精玄米重 (kg/10a)±SD	玄米蛋白質 (%)±SD	外観品質 (1-9)±SD
無堆肥区	553 ± 10	6.3 ± 0.3	2.3 ± 0.6
豚糞区	608 ± 3	6.4 ± 0.1	2.7 ± 0.6
鶏糞区	611 ± 38	6.8 ± 0.1	3.7 ± 0.6
牛糞区	540 ± 27	6.1 ± 0.3	2.3 ± 0.6
豚鶏糞混合区	600 ± 15	6.3 ± 0.2	2.7 ± 0.6
牛豚糞混合区	582 ± 30	6.2 ± 0.4	2.3 ± 0.6

注 1) 基肥:被覆尿素肥料(育苗箱全量施肥)を窒素4kg/10aを施用。追肥なし。

注 2) 供試品種はあきたこまち。栽植密度は23.8～25.8株/m²、植え付け本数は4本/株。

注 3) 玄米蛋白質は、15%水分換算値。

注 4) 各値は4年間(H20～H22)の平均値±標準偏差(SD)。

注 5) 外観品質は(財)日本穀物検定協会仙台支所による(1:1等上～9:3等下、カメムシ、胴割は除く)。

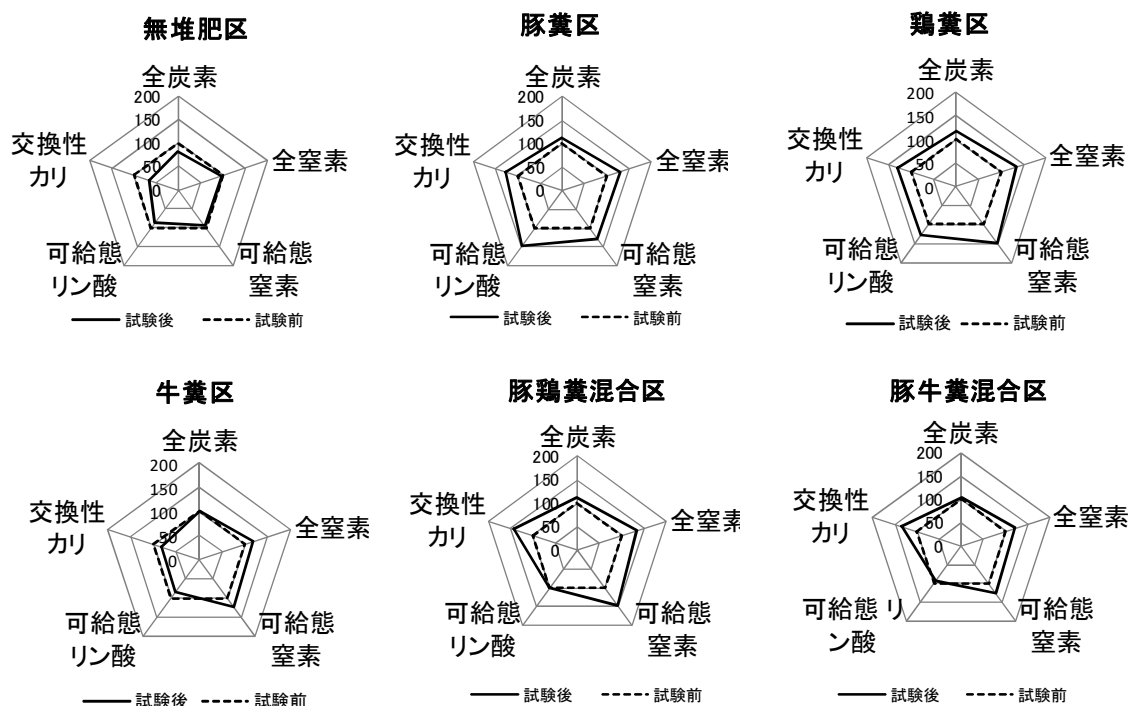


図 1 連用による跡地土壌の化学性の変化

注 1) 無堆肥区、豚鶏糞混合堆肥区、豚牛糞混合堆肥区は4年間連用、ほかは3年間連用の結果。試験前を100%とした。

注 2) 可給態リン酸はTruog法による。

[発表文献等] なし

成果 4

成果情報名：緩効性ペースト肥料による水稻の基肥全量施肥

研究機関名 農業試験場 生産環境部 土壌基盤担当
担 当 者 中川進平・伊藤千春 他3名

[要約]

窒素源としてCDUを含む緩効性ペースト肥料の基肥全量施肥は、速効性ペースト肥料の追肥体系と比べて、施肥窒素量が少ないにも関わらず、成熟期の窒素吸収量には差が認められず、また、施肥窒素の利用率も高い。緩効性ペースト肥料の2年間の収量は速効性ペースト肥料と同等であり、あきたこまちの目標収量570kg/10aを確保できる。

[キーワード]

緩効性ペースト肥料・基肥全量施肥・窒素利用率

[普及対象範囲]

グライ低地土

[ねらい]

速効性ペースト肥料の側条施肥は、初期生育が良好であるものの、8葉期頃になると施肥窒素がほぼ消失するため、地力の低い土壌ではつなぎ肥を必要とする。肥切れを解消するため、ジシアンジアミド等の化学合成緩効性窒素を含むペースト肥料が利用されているものの、1段施肥では追肥を省略できず、基肥全量施肥には至っていない。このことは、ほ場の大区画化や経営規模の大きい生産者が増えている昨今において、ペースト肥料の利用推進を困難にしている。そこで、窒素源としてCDUを含む緩効性ペースト肥料の基肥全量側条施用が水稻の生育・収量に及ぼす影響を検討する。

[成果の内容及び特徴]

- 1 緩効性ペーストは速効性ペーストよりも茎数が少なく推移するものの、有効茎歩合は高い(表1)。
- 2 栽培期間をとおして、稲の窒素吸収量に試験区の差は認められない(図1)。
- 3 栽培期間全体の施肥窒素の利用率は、緩効性ペースト64.7%、速効性ペースト34.8%、慣行50.1%であり、緩効性ペーストの利用率は高い(図2)。
- 4 緩効性ペーストは速効よりも稈長が短く、穂数と総粒数は差がない。登熟歩合は高く、結果として、精玄米重は同等である。また、外観品質は緩効が良好である(表2)。

[成果の活用上の留意点]

- 1 本肥料は、名称「くみあいペースト488C」(登録番号：生第105060号)として平成31年1月に登録されている。
- 2 調査ほ場は下層に有機質土層が埋没するグライ低地土で、作土の可給態窒素が271mg/kgの生産性の高いほ場で行っている。
- 3 本研究は全農肥料委託試験(H26-H27)により実施した。

[具体的なデータ等]

表1 水稻の茎数、葉色の推移と有効茎歩合(平成26~27年)

年次	試験区	茎数(本/m ²)				有効茎歩合(%)	葉色値(SPAD502)			
		6月中	6月下	7月上	成熟期		6月下	7月上	7月中	7月下
H27	緩効	286	424a	511a	479	93.7	45.1	44.8	41.5	42.5
	速効	316	507ab	554ab	489	88.3	46.0	43.1	42.7	41.7
	慣行	341	536b	624b	542	86.8	45.6	43.3	41.4	38.4
H26	緩効	266a	381a	477a	380a	79.6	44.2a	42.5a	40.5ab	34.3
	速効	324b	457b	556ab	432b	77.6	45.2ab	41.1b	39.7a	36.6
	慣行	352b	496b	600b	476c	79.3	46.3b	42.6a	41.8b	37.1

注1) H27年は6月中=6/18、6月下=6/26、7月上=7/2、7月中=7/15、7月下=7/24、成熟期=9/16。H26年は6月中=6/18、6月下=6/25、7月上=7/3、7月中=7/14、7月下=7/24、成熟期=9/18。

注2) 表中アルファベットの同符号間には有意差が無い(p<0.05、Tukey)。

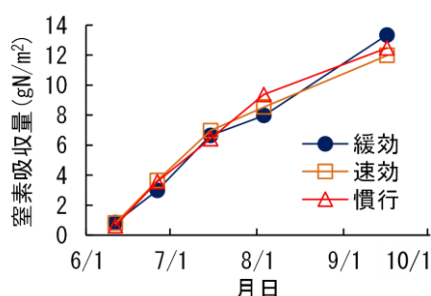


図1 窒素吸収量の推移

注1) 2年間の平均値(各年n=3)。

注2) 無施肥区の成熟期の窒素吸収量は8.6gN/m²(H27年)。

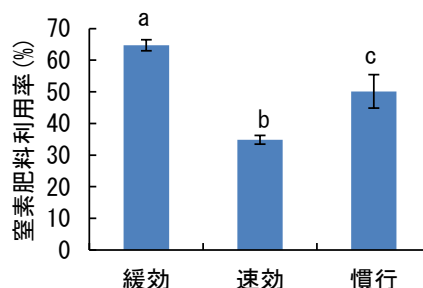


図2 差引法による窒素肥料の利用率

注1) 利用率は各試験区と無施肥区の窒素吸収量の差を施肥窒素量で除して算出(H27年)。

注2) 図中アルファベットの同符号間には有意差が無い(p<0.05、Tukey)。

表2 水稻の収量構成要素、収量

年次	試験区	稈長 (cm)	穂数 (本/m ²)	一穂粒数 (粒/穂)	総粒数 (×10 ³ 粒/m ²)	登熟歩合 (%)	千粒重 ¹⁾ (g)	精玄米重 ^{1,2)} (kg/a)	外観品質 ³⁾	タンパク質 含量 ^{1,4)} (%)
H27	緩効	77.3a	479	74.5	35.7	88.5	22.8	59.9	1.0a	6.8
	速効	80.7b	489	71.3	34.9	87.1	22.6	59.5	1.7ab	6.7
	慣行	76.9a	542	63.4	34.2	90.7	22.5	58.2	2.0b	6.4
H26	緩効	81.7	380a	73.4	27.9a	88.6	23.2a	58.0	3.7a	6.7ab
	速効	83.8	432b	69.9	30.2ab	81.2	23.5b	59.3	5.0b	6.9a
	慣行	84.8	476c	70.1	33.4b	86.3	23.2a	61.2	4.0a	6.4b
平均	緩効	79.5a	430a	74.0a	31.8	88.5a	23.0ab	58.9	2.3a	6.8a
	速効	82.3b	460a	70.6ab	32.5	84.2b	23.1a	59.4	3.3b	6.8a
	慣行	80.9ab	509b	66.8b	33.8	88.5a	22.8b	59.7	3.0b	6.4b

注1) 千粒重、精玄米重、玄米タンパク質含量は水分15%換算値。

注2) 精玄米重は粒厚1.9mm以上の玄米の重さ。

注3) 外観品質は穀物検定協会による評価(1等上・中・下:1・2・3、2等上・中・下:4・5・6、3等上・中・下:7・8・9)。

注4) タンパク質含量は玄米の窒素濃度に5.95を乗じた。

注5) 表中アルファベットの同符号間には有意差が無い(p<0.05、Tukey)。

【耕種概要】

調査ほ場: 秋田市雄和(グライ低地土、20a)。品種: あきたこまち、中苗4.2本/株、栽植密度19.3株/m²

H26年: 移植5月16日、出穂8月1日、成熟期9月18日、H27年=移植5月18日、出穂8月1日、成熟期9月16日

①緩効区: 緩効性ペースト肥料(N-P₂O₅-K₂O=14(内緩効性50%) -8-8%) 6.4gN/m²を側条施肥。無追肥。

②速効区: 速効性ペースト肥料(12-12-10%) 5.2gN/m²を側条施肥、粒状肥料(15-4-15%) 1gN/m²を2回追肥。

③慣行区: 苗箱専用肥料((シグモイド溶出型被覆尿素60タイプ) 2.7gN/m²+速効性ペースト2.2gN/m²側条施肥の組合せ、粒状肥料(15-4-15%) 1.5gN/m²を1回追肥。

[その他]

研究課題名: 緩効性ペースト肥料による水稻の生育・収量安定化及び品質向上のための肥培管理
技術確立試験

研究期間: 平成26年度~27年度

予算区分: 外部(全農肥料委託試験)

成果 5

IV-4 ネギの局所施肥

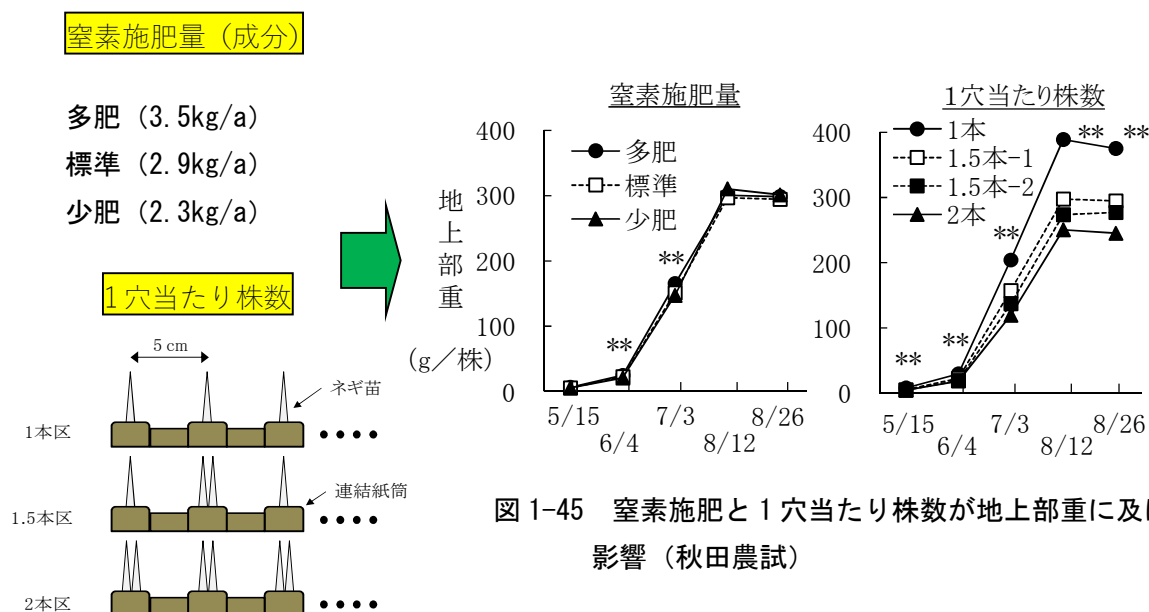
8. ネギの窒素施肥の考え方

(「ネギ栽培マニュアル2、2019年2月発行」P20～23より)

①必要以上の窒素は吸収されない

図1-45は、「越冬苗8月どり作型」において、窒素施肥量（3水準）と1穴当たり株数（3水準）を組み合わせる試験を行い、それらの影響をみたものである。生育途中の6月4日と7月3日は多肥区の地上部重がやや重いものの、8月12日以降になると、地上部重はいずれの施肥量区とも同等となり、窒素施肥量の影響が認められなかった。一方、1穴当たり株数の影響は生育期間をとおして認められ、1本区の地上部重が重く、最終的には1穴当たり株数に応じた地上部重に収束した。

以上のことから、ネギの生育には株間の影響が大きく、土壌養分がある一定以上の水準であれば、株間（おそらくは光環境）が制限要因となり、肥料を多く与えても生育が促進されないことが理解できる。



②必要以上の肥料はべと病の発生を助長する

窒素含有率の推移をみたのが図1-46である。6月4日、7月3日および8月26日に窒素施肥量の影響が認められ、多肥区が少肥区より0.1～0.3%高かった。しかし、この窒素含有率の高まりは、前述のとおり、収穫期の地上部重の増加にはつながらないことから、いわゆる「ぜいたく吸収」である。

図 1-47 は、6 月 10 日にべと病の発生状況を調査した結果である。1 穴当たりの株数が多い処理区ほど（密植ほど）べと病の発生が多くなるのに加え、施肥量が多い処理区ほどべと病の発生が多く、とくに 1 本区では多肥区での発生が顕著に増加した。

したがって、生育に影響しない必要以上の施肥は、肥料の無駄になるだけでなく、べと病などの病気の発生を助長することから、窒素施肥量はネギの生育を遅延させない程度に抑えることが、栽培技術として重要である。

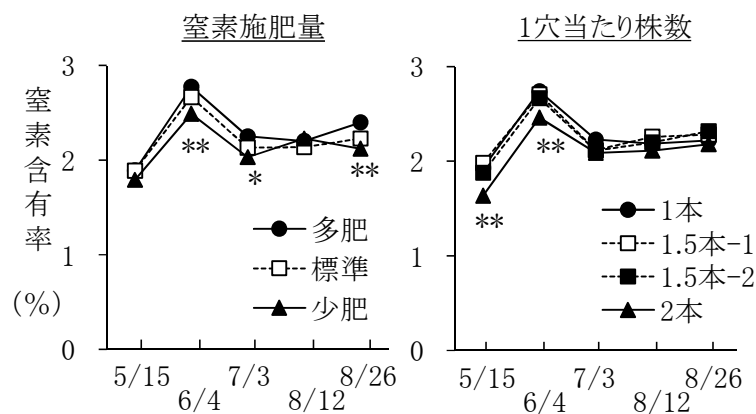


図 1-46 窒素施肥と株間が窒素含有率に及ぼす影響（秋田農試）

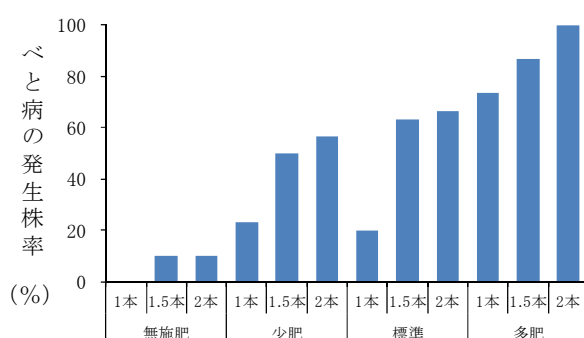


図 1-47 べと病の発生株率（秋田農試、調査日 6 月 10 日）

③ネギの窒素吸収量

表 1-7 は、収穫期の 8 月 12 日と 8 月 26 日の窒素吸収量である。少肥区の 8 月 26 日収穫でみると、10a 当たりの窒素吸収量は 1 本区で 12.7kg、1.5 本区で 14.4kg、2 本区で 16.0kg である。また、無窒素区では 1 本区で 6.0kg、1.5 本区で 5.1kg、2 本区で 5.8kg の窒素が吸収され、この量が土壌から供給された窒素と考えられる。したがって、施肥された窒素肥料がネギに吸収された量は、それらの差であり、1 本区で 6.7kg、1.5 本区で 9.3kg、2 本区で 10.2kg である。その結果、少肥区において施肥された窒素の利用率は、1 本区で 28.9%、1.5 本区で 40.0%、2 本区で 43.8% である。

表 1-7 窒素施肥量と 1 穴当たり株数が収穫期の窒素吸収量に及ぼす影響
(秋田農試)

試験区		8月12日		8月26日	
窒素 施肥量	1穴当たり 株数	窒素 吸収量 (kg/10a)	施肥窒素 利用率 (%)	窒素 吸収量 (kg/10a)	施肥窒素 利用率 (%)
多肥	1本	12.0	23.5	14.3	24.1
	1.5本	13.2	25.5	16.0	31.1
	2本	14.1	28.4	17.4	33.3
標準	1本	11.5	26.5	12.5	22.6
	1.5本	12.8	29.0	14.8	33.5
	2本	14.3	34.6	16.3	36.2
少肥	1本	12.0	35.5	12.7	28.9
	1.5本	13.5	39.9	14.4	40.0
	2本	15.5	49.1	16.0	43.8
無窒素	1本	4.7	—	6.0	—
	1.5本	5.2	—	5.1	—
	2本	5.3	—	5.8	—

9. 施肥の実際

①越冬大苗 7 月どり作型における標準窒素施用量（成分）

前述の「少肥・1 本区」でみると、1 穴当たりの播種粒数が 1 粒である本作型では、収穫期の 10a 当たりの窒素吸収量（成分）は 13kg 程度である。地力窒素は、それぞれの土壌により異なるが、ここでは、土壌から供給される窒素量を 10a 当たり 5kg と想定する。その差が施肥された肥料からの窒素吸収量である。また、施肥された肥料の窒素利用率は、前述の「少肥・1.5 本区や 2 本区」程度の 40% とする。以上の条件で算定し、これを本作型における 10a 当たりの標準窒素施用量（成分）とする（表 1-8）。

表 1-8 越冬大苗 7 月どり作型における 10a 当たりの標準窒素施用量（成分）

・試験結果からの算定（10a 当たり成分量）	
施肥された肥料からの窒素吸収量／施肥された肥料の窒素利用率	
(13kg－5kg) ／ 0.4＝ 20kg	
◎10a 当たりの標準窒素施用量（成分）20kg	

②「パワフルねぎ 599」による植え溝施肥

「パワフルねぎ 599（くみあい LP コート入りねぎ複合 599CA）」は、植え溝に施用し、追肥を省略できるように、設計されたねぎ専用肥料である（図 1-48）。ねぎの生育に応じた緩効性肥料を配合し、これまで4～5回必要であった追肥作業を省略できるので、利用価値が高い。また、植え溝に施用することから、肥料の利用率が高い。成分量は、窒素 25%、リン酸 9%、カリ 9%である（表 1-9）。

本作型の 10a 当たりの標準窒素施用量（成分）は、20kg である（表 1-8）。その場合、「パワフルねぎ 599」10a 当たりの現物の施用量は 80kg となる（表 1-9）。また、畝の総延長は、畝間が 1m であれば、1,000m となるので、10m 当たりの現物の施用量は 0.8kg となる。

なお、施用量は、ほ場の肥沃度や堆肥投入量を勘案して微調整する。べと病の発生やねぎの葉先の枯れが、周りの生産者のほ場より多い場合は、窒素過多を疑う。

本肥料の窒素成分量が 25%と高いことから、肥料の散布ムラは生育の不揃いにつながるので、肥料は均一になるように注意して施用する。



図 1-48 植え溝に施用した「パワフルねぎ 599」

表 1-9 「パワフルねぎ 599」の施用例

肥料名 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	施用量 (kg/10a)	成分量・N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/10a)
パワフルねぎ599 (25%-9%-9%)	80	20-7.2-7.2

成果 6 [参考事項]

新技術名：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
(平成 21～23 年)

研究機関名 農業試験場 生産環境部 土壌基盤担当
担 当 者 石田頼子・武田悟

[要約] 堆肥を施用するキャベツ栽培において、堆肥中の作物に利用可能な窒素・リン酸・カリ量を減肥しても、化学肥料に上乗せして堆肥を一定量施用する慣行栽培と比べて、同等の収量を確保でき、窒素成分の地下への溶脱も低減できる。

[普及対象範囲]

県内の堆肥を施用する露地キャベツ栽培ほ場

[ねらい]

現状の堆肥利用では、堆肥主原料の違いに関わらず、一律に一定量を施用する場合が多い。ここでは、キャベツ栽培において、秋田県内で製造されている堆肥に含まれる作物に利用可能な窒素・リン酸・カリを化学肥料の代替量として減肥して、収量の確保と環境負荷を軽減することを目的としている。

[技術の内容・特徴]

1. 堆肥を $2,000\text{kg } 10\text{a}^{-1}$ 施用した時の化学肥料の減肥量は、2009 年は窒素 (N) $5\text{kg } 10\text{a}^{-1}$ 、2010 年は窒素 14.4、リン酸 (P_2O_5) 15、カリ (K_2O) $24\text{kg } 10\text{a}^{-1}$ 、2011 年は窒素 14.4、リン酸 15、カリ $15\text{kg } 10\text{a}^{-1}$ である (表 1)。
2. 2009、2010、2011 年の 3 年間を通して、堆肥＋減肥区のキャベツ可販物収量および可販物重は慣行区と同等であり、目標収量 $4,000\text{kg } 10\text{a}^{-1}$ を確保している (図 1)。
3. 地下浸透水の 2009 年 4 月から 2011 年 10 月までの累積全窒素量は、堆肥＋減肥区が慣行区よりも低く推移している (図 2)。
4. 堆肥を上乗せする慣行栽培よりも、堆肥を施用し、化学肥料を減肥することで窒素の地下への溶脱量は低くなり、収量も慣行並に確保可能である。

[成果の活用上の留意点]

1. 堆肥の有効窒素量 (栽培期間中に作物が利用可能な堆肥の窒素量)、く溶性リン酸量 (2%クエン酸溶液に溶けるリン酸量)、く溶性カリ量 (2%クエン酸溶液に溶けるカリ量) を、窒素・リン酸・カリの化学肥料代替量とする (2010 実用化できる試験研究 (参考・普及事項)、農業試験場)。
2. 試験ほ場は、秋田農技セ農試内の水田転換畑 (褐色低地土) 3 年目であり、転換後 2 年間はエダマメを作付している。収穫後は、地上部全てをほ場から持ち出している。
3. 施用した堆肥は、秋田県内で製造された豚ふんを主原料とし、木質系の副資材と戻し堆肥を混合しており、成分は、水分 28.5%、pH9.0、全窒素 2.7%、リン酸 7.5%、カリ 3.0%、全炭素 19.2% である。
4. 秋田県野菜栽培技術指針では、キャベツ (秋冬どり栽培) の施肥量は、堆肥 $2,000\sim 3,000\text{kg } 10\text{a}^{-1}$ 、窒素 23～27、リン酸 15～17、カリ $23\sim 27\text{kg } 10\text{a}^{-1}$ である。
5. 堆肥から投入されるリン酸・カリ量は堆肥主原料によっては非常に高い場合もあり、連用すると土壌へ蓄積するため、堆肥の種類や施用量は土壌診断によって判断する必要がある。
6. 2009 年と 2011 年の作付跡土壌の可給態窒素は、慣行区が $7.7、9.3\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ 、堆肥＋減肥区が $7.2、7.9\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ である。

[具体的なデータ等]

表 1 堆肥の化肥代替量からの減肥量と施肥量

試験区	2009年			2010年			2011年		
	堆肥		施肥量 化学肥料 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	堆肥		施肥量 化学肥料 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	堆肥		施肥量 化学肥料 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O
	施用 量	化肥代替量 (減肥量) N		施用 量	化肥代替量 (減肥量) N-P ₂ O ₅ -K ₂ O		施用 量	化肥代替量 (減肥量) N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	
慣行	2000	—	24-15-21	2000	—	24-15-24	2000	—	19-15-15
堆肥+減肥	2000	5	19-15-21	2000	14.4-15-24	9.6-0-0	2000	14.4-15-15	4.6-0-0

注 1) 施肥量の単位は kg 10a⁻¹ である。

注 2) 試験区は 2 反復

注 3) 慣行区は、化学肥料に堆肥を上乗せしている。

注 4) 減肥量は、2009 年は堆肥の窒素無機化率を基に、窒素のみ減肥。2010 と 2011 年は、堆肥の化学肥料代替量から窒素・リン酸・カリを減肥。

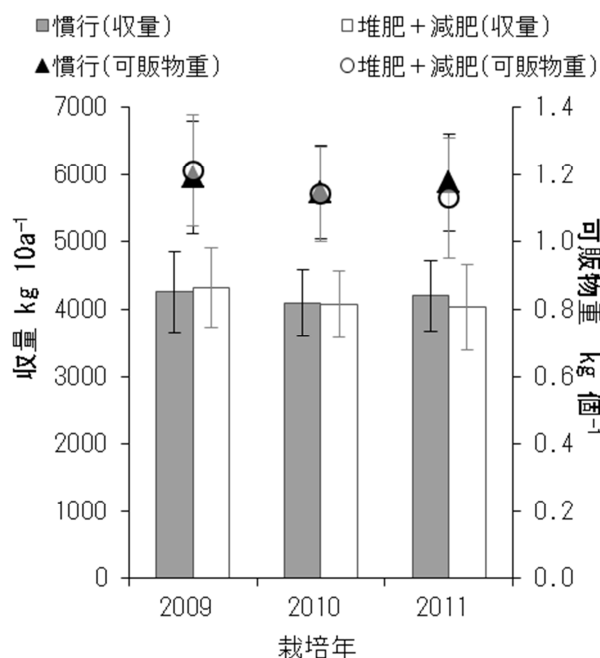


図 1 キャベツ可販物収量と可販物重

注 1) 2009 年: 株間 35cm、畝間 80cm、定植 7/24、収穫 9/10、品種「YR 青春 2 号」、2010 年: 定植 7/12、収穫 9/24、品種「楽園」、2011 年: 定植 4/24、収穫 7/7、品種「YR 青春」
 注 2) 調査株数は 10 株/試験区、2 反復
 注 3) 可販物は、外葉を 2 枚残し調製したもの
 注 4) エラーバーは標準偏差を示す。

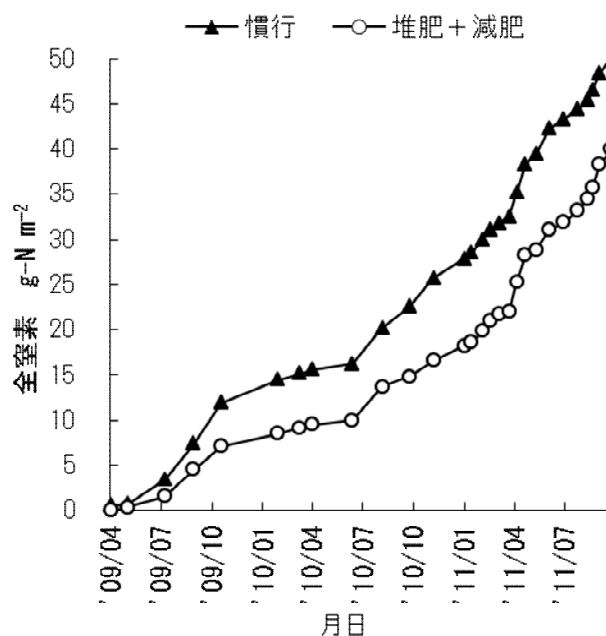


図 2 地下浸透水の全窒素量の累積

注 1) 地下浸透水は地表面下 80cm から採取できるように埋設型ライシメーターを設置している。
 注 2) ライシメーターは 2007 年から埋設
 注 3) 2009 年 4 月から 2011 年 10 月までの累積データである。

[発表文献等]

なし

成果 7

新技術名：ヘアリーベッチの緑肥すき込みにより、窒素無施用でエダマメが栽培できる
(平成 24～26 年)

研究機関名 農業試験場 野菜・花き部 野菜担当
担 当 者 武田 悟・本庄 求 他 3 名

〔要約〕ヘアリーベッチを秋季に播種し、根粒が着生してから越冬させると、融雪後旺盛に生育し、5 月下旬から 6 月上旬には約 2～3 kg/m²の草量が得られる。これを緑肥としてすき込みエダマメを栽培すると、窒素無施用でも慣行と同程度の収量・品質が得られる。

〔普及対象範囲〕

エダマメ栽培ほ場全域

〔ねらい〕

ヘアリーベッチはマメ科の緑肥作物として早春～初夏の作型で利用されるのが一般的である。ただし当県のような積雪寒冷地では播種期が遅れ、当年の緑肥利用が困難である。

近年、ダイズではヘアリーベッチ晩生種を前年の秋季（9 月下旬～10 月上旬）播種し、降雪まで生育させて根粒を着生させ、越冬・融雪後からダイズ播種期（6 月上旬）までに草量を確保し緑肥すき込みで地力を向上させる技術が確立している。

畑輪作されることの多いエダマメでも、休耕期間にヘアリーベッチを植栽、緑肥利用により、窒素無施用でエダマメが栽培できないか検討する。

〔技術の内容・特徴〕

1. ヘアリーベッチ晩生品種を 9 月下旬に 4 kg/10a 播種すると、越冬前に 100 株/m²以上、100～300g/m²に生育する。融雪後生長を再開し、5 月下旬から 6 月上旬には新鮮重で約 1,800～3,200g/m²に達し、緑肥利用で 9～16g/m²の窒素がすき込まれる（表 1）。
2. ヘアリーベッチをすき込んで窒素無施用でエダマメを栽培したところ、慣行と比較して 2013 年は初期から生育が劣るが収穫期の株重は同程度である（表 2）。2014 年は慣行と比較して初期から生育が勝り、収穫期には同等以上になる（表 3）。
3. ヘアリーベッチをすき込みし、窒素無施用で栽培したエダマメの商品収量は 2013 年、2014 年とも慣行と同等で、両年とも当品種の目標収量（600～800kg/10a）を上回っている（表 4）。
4. ヘアリーベッチをすき込みし、窒素無施用で栽培したエダマメの商品英割合、内部品質は両年とも慣行と同等である（表 4）。

〔成果の活用上の留意点〕

1. エダマメは、ヘアリーベッチが十分に繁茂し、目標草量（1,700g/m²以上）が確保できる 5 月下旬以降に播種する作型が適する。
2. ヘアリーベッチ植栽歴がない畑にヘアリーベッチを播種する場合、根粒菌接種資材（商品名：まめっち）を種子にコーティングすることが必要である。
3. ヘアリーベッチをすき込む際は、フレールモアなどで細断し、数日風乾後に行う。
4. 当試験圃場は、農試内の水田転換畑で、排水を良好にするため、本暗渠に籾殻補助暗渠を 2.5m 間隔で直交させて敷設したものである。

[具体的なデータ]

表1 水田転換畑におけるエダマメ休耕期間のヘアリーベッチ生育推移とすき込み量(2012～2014年)

年次	播種日	越冬前(生育停止期)			越冬後(再生育確認時)			細断時		
		調査日	株数 (株/㎡)	地上部重 (g/㎡)	調査日	株数 (株/㎡)	地上部重 (g/㎡)	月日	地上部重 (g/㎡)	窒素換算 ^z (g/㎡)
2012～2013年	10/2	12/3	121	106	5/9	66	71	6/3	1,867	9.0
2013～2014年	9/25	11/25	140	312	5/8	90	839	5/28	3,145	16.0

注) 試験区は細粒グライ土、同強グライ圃場にヘアリーベッチ植栽区と無植栽(慣行)区を設け、1区80㎡の3反復とした。

調査は区の対角線の4分の1、2、3位から0.25㎡分の植物体を採取(3連)し、一部を分析サンプルに供した。

z: サリチル硫酸分解後の全窒素分析値から算出

表2 ヘアリーベッチすき込みがエダマメ生育におよぼす影響(2013年)

処理	3葉期(7月9日)			開花期(7月29日)			収穫期(9月4日)				
	1株重	主茎 長	茎径	1株重	主茎 長	茎径	1株重	主茎 長	主茎 節数	茎径	分枝 数 ^z
	(g)	(cm)	(mm)	(g)	(cm)	(mm)	(g)	(cm)	(節)	(mm)	(本)
ヘアリーベッチ	17.2	11.8	3.9	165	40.8	7.5	605	57.4	14.1	9.8	6.2
慣行	21.7	13.7	4.4	188	43.6	8.3	631	60.5	14.6	10.5	7.1
有意性 ^y	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	*	**

注) エダマメ品種「あきたさやか」(中生)を6月10日に畝間75cm、株間27cmで播種。施肥量は窒素-リン酸-カリ成分

各2.5-7.5-7.5kg/10a。ヘアリーベッチ区は窒素のみ無施用とした。調査方法は表1と同様に、連続10株調査した。

z: 2節以上を有する1次分枝

y: 分散分析により**, *はそれぞれ1%, 5%水準で有意, nsは有意差なしを示す(n=18)

表3 ヘアリーベッチすき込みがエダマメ生育におよぼす影響(2014年)

処理	3葉期(7月7日)			開花期(7月28日)			収穫期(9月3日)				
	1株重	主茎 長	茎径	1株重	主茎 長	茎径	1株重	主茎 長	主茎 節数	茎径	分枝 数 ^z
	(g)	(cm)	(mm)	(g)	(cm)	(mm)	(g)	(cm)	(節)	(mm)	(本)
ヘアリーベッチ	16.6	10.7	4.7	277	42.1	10.0	672	49.6	14.9	12.1	8.1
慣行	13.4	10.1	4.4	225	39.2	9.6	586	45.0	14.6	11.7	7.7
有意性 ^y	ns	ns	ns	*	ns	ns	**	*	ns	ns	ns

注) 6月6日に播種した。品種、耕種概要、調査方法は表2の注釈と同じ。

z, y; 表2に準ずる

表4 ヘアリーベッチすき込みがエダマメ収量・内部品質におよぼす影響(2013、2014年)

処理	2013年(6月10日播種、9月4日収穫)				2014年(6月6日播種、9月3日収穫)			
	商品 ^z 収量	商品 ^z 莢 割合 ^y	糖含量 ^x (g/ 100gFW)	アミノ酸 ^w (mg/ 100gFW)	商品 ^z 収量	商品 ^z 莢 割合 ^y	糖含量 ^x (g/ 100gFW)	アミノ酸 ^w (mg/ 100gFW)
	(kg/10a)	(%)			(kg/10a)	(%)		
ヘアリーベッチ	862	62	3.5	193	1,081	72	4.4	250
慣行	910	63	3.5	207	1,003	72	4.4	278
有意性 ^y	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

注) 調査方法は表1と同様とし、連続5株で行った。

z: 莢当たりの粒数が2粒以上で、出荷基準に適合するもの, y: 全莢数に対する割合, x: スクロース, グルコース, フルクトース, マルトースの合計, w: グルタミン酸, アラニンの合計, v: 分散分析によりnsは有意差がないことを示す(n=18)

[発表論文等] なし

成果 8

成果情報名：マメ科緑肥「ヘアリーベッチ」を用いたキャベツの減肥栽培

研究機関名 農業試験場 生産環境部 土壌基盤担当
担 当 者 中川進平・渋谷允 他 3 名

[要約]

春播種のヘアリーベッチを90日間栽培して土壌に鋤き込むと、3週間で約40%の窒素が無機化する。これから推定したヘアリーベッチ由来の窒素量を化学肥料代替とし、秋冬作型キャベツの慣行施肥量の約30%を減肥して栽培しても慣行栽培と同等の可販物収量が得られる。

[キーワード]

マメ科緑肥・ヘアリーベッチ・キャベツ・窒素代替量・減肥栽培

[普及対象範囲]

県内全域

[ねらい]

園芸作では、土づくりや養分補給のため、堆肥等有機質資材が施用されている。しかし、生産地が偏在していること、散布の為の機械装備が必要なことから、堆肥の施用が難しい地域もある。緑肥は代替有機物としての利用のほか、連作障害の回避、土壌病害対策としての利用が注目されているが、緑肥由来の窒素供給や土壌肥沃度に及ぼす影響は不明な点も多い。そこで、マメ科緑肥であるヘアリーベッチを導入し、キャベツ栽培において化学肥料を減肥した栽培法を確立する。

[成果の内容及び特徴]

- 1 単位面積あたりのヘアリーベッチの新鮮重を5.3倍すると、地上部の窒素集積量を求めることができる(図1)。春播種(4月第3半旬)で約90日栽培したヘアリーベッチの窒素集積量は、7.9~17.9gN/m²である。
- 2 鋤込まれたヘアリーベッチの窒素は、25℃の条件下では、2週間で30%、3週間で40%が無機化する(図2)。図1と併せて、ヘアリーベッチ鋤込みから主作物の定植までに無機化する窒素量を推定できる。
- 3 ヘアリーベッチを導入した化学肥料の30%減肥栽培でも、キャベツの窒素吸収量は慣行と同等以上である(図3)。
- 4 秋冬作型キャベツ栽培においてヘアリーベッチを導入した場合、堆肥を無施用で化学肥料を30%減肥栽培しても、慣行栽培と同等の可販収量である。また、化学肥料を慣行量施肥した場合は、10%増収する(表1)。

[成果の活用上の留意点]

- 1 ヘアリーベッチは、晩生品種(ウィンターベッチ：タキイ種苗)を供試した。転換畑で安定した生育量を確保するには、ヘアリーベッチ専用の根粒菌(スーパーまめっち：秋田県立大学特許登録)を利用し、排水対策を実施する。また、刈倒しにはフレールモアを必要とする。
- 2 ヘアリーベッチの新鮮重は、50cm正方の枠内のベッチを地際から刈取り、生重を4倍することで単位面積当たり(kg/m²)に換算できる。
- 3 本試験の場合では、緑肥導入で化学肥料を30%減肥し、収量が慣行栽培と同等であれば10aあたり4,898円の所得増となる。また、慣行施肥で緑肥を上乗せすれば、慣行栽培よりも約10%程度増収し、37,712円の所得増となる。
- 4 本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発(H27-H31)」により実施した。

[具体的なデータ等]

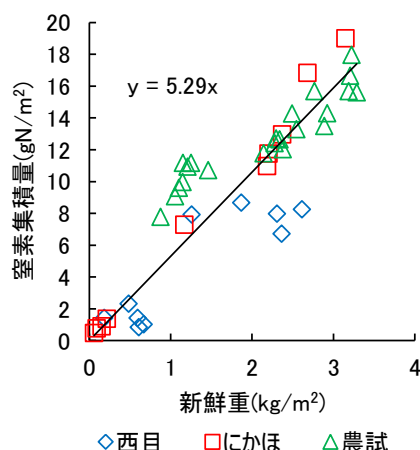


図1 ヘアリーベッチの新鮮重と窒素集積量

注1) 西目とにかほは転換畑(H30～R1年)、農試は普通畑(H27～30年)。

注2) ヘアリーベッチの播種量は3～4g/m²、4月中下旬に播種し、無施肥で約90日間栽培。

注2) 回帰式の決定係数は $R^2=0.78$ ($P<0.001$)。

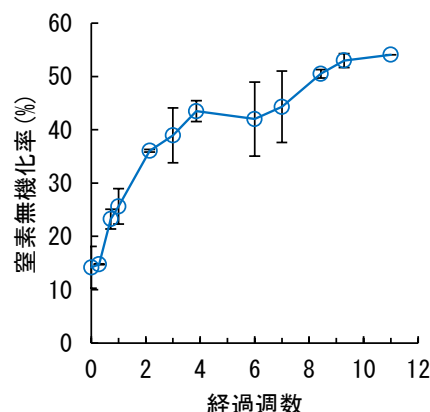


図2 鋤込まれたヘアリーベッチ由来窒素の無機化率

注1) 窒素無機化率は、ヘアリーベッチを混和した土壌と原土を畑条件で保温静置し、発現した無機態窒素(硝酸態+アンモニア態)の差引きを投入窒素量で除した割合。

注2) 緑肥は農試(H27年)で栽培し、農試畑ほ場(非アロフェン質黒ボク土)の作土に混和し、25℃で培養した。

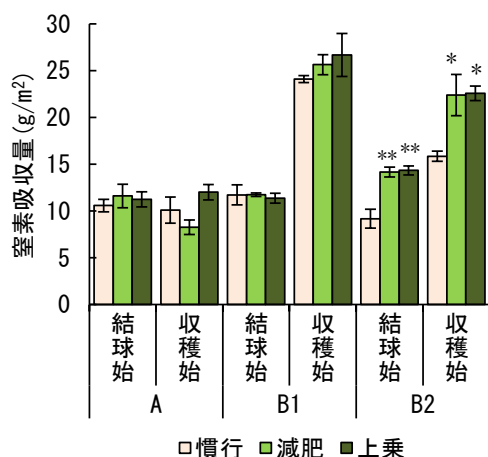


図3 キャベツの窒素吸収量

注1) 図中のエラーバーは標準誤差(n=3)。記号は、慣行に対して*: 5%、**: 1%水準で有意差あり(Dunnett)。

注2) 結球始はA=H30年9月27日、B1=H30年9月27日、B2=R1年9月24日。

注3) 収穫始はA=H30年11月16日、B1=H30年11月12日、B2=R1年10月30日。

表1 キャベツの収量と形態

ほ場	区	全重量 (kg/m²)	調整重 ²⁾ (kg/個)	球径 (cm)	球高 (cm)	可販収量 (kg/m²)
A ¹⁾	慣行	8.53	1.66	19.4	13.4	5.83
	減肥	7.85	1.52	18.8	13.1	5.36
	上乘A	9.57	1.92	20.8	14.4*	6.77
B1 ¹⁾	慣行	10.96	1.90	22.3	14.1	6.71
	減肥	11.93	2.06	22.7	14.7	7.28
	上乘B	11.90	2.07	22.5	14.6	7.31
B2 ¹⁾	慣行	8.89	1.74	21.5	14.3	5.73
	減肥	11.15*	2.11	23.8**	15.6*	6.97
	上乘B	10.82	2.10	23.8**	15.9**	6.92

注1) 調査は収穫始め、A=H30年11月16日、B1=H30年11月12日、B2=R1年10月30日に実施した。

注2) 調整重は外葉を1.5枚に調整した重さ。

注3) 記号は、慣行に対して*: 5%、**: 1%水準で有意差あり(Dunnett)。

【試験区】

慣行=堆肥+化学肥料慣行量、減肥=緑肥+化学肥料30%減、上乘A=堆肥+緑肥+化学肥料慣行量、上乘B=緑肥+化学肥料慣行量

【耕種概要】

A(西目): グライ低地土(転換2年目)、品種「あさしお」、栽植密度3.5株/m²、定植H30年7月26日、収穫始11月16日、慣行施肥=牛ふん堆肥2kg/m²+化肥(N-P₂O₅-K₂O)=27.8-20.6-27.8g/m²(速効性肥料の追肥体系)

B1(にかほ): 灰色低地土(転換2年目)、品種「金剛」、栽植密度3.5株/m²、定植H30年8月7日、収穫始11月12日、慣行施肥=牛ふん堆肥2kg/m²+化肥(N-P₂O₅-K₂O)=26.6-6.4-13.6(基肥は被覆尿素(LP40とLPS60)を50%含む)

B2(にかほ): 灰色低地土(転換4年目)、品種「金剛」、栽植密度3.3株/m²、定植R1年8月7日、収穫始10月30日、慣行施肥=牛ふん堆肥2kg/m²+化肥(N-P₂O₅-K₂O)=26.6-6.4-13.6(基肥は被覆尿素(LP40とLPS60)を50%含む)

【その他】

研究課題名: 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発

研究期間: 平成27年度～令和元年度

予算区分: 外部(農林水産省委託プロジェクト研究)

掲載誌等: 緑肥利用マニュアル土づくりと減肥を目指してー(2020)

[普及事項]

新技術名： 肥効調節型肥料を用いた局所施肥による夏どりキャベツの省力減肥栽培（平成8～11年）

研究機関名 農業試験場 生産環境部 土壌管理担当
担 当 者 進藤 勇人・金田 吉弘 他1名

[要約] 夏どりキャベツにおいて、肥効調節型肥料30日タイプを全量局所施肥することにより、2回の追肥が省略できるほか、20%減肥しても慣行施肥と同等の可販収量が得られる。この方式により、作付け期間中における施肥窒素の下層土への溶脱量も少ない。

[ねらい]

夏どりキャベツにおいて、作業の省力化と施肥窒素の溶脱を軽減するため、生育に適する溶出タイプの肥効調節型肥料を選択し、全量局所施肥による省力減肥栽培を検討する。

[技術の内容・特徴]

1. 全量局所施肥は、肥効調節型肥料に速効性肥料を20～30%混合し、畝上部から約10cm下の中央部の位置にスジ状になるように行う（図1）。
2. 夏どりキャベツの窒素吸収量は定植30日頃から急激に増加するため、定植20日頃からの溶出率が増加する肥効調節型肥料30日タイプ（LP30）が40日タイプ（LP40）に比べて適しており、2回（定植20日後と35日後）の追肥を省略することができる（図2）。
3. 30日タイプによる全量局所施肥は、40日タイプによる全量局所施肥に比べ収量で優り、慣行施肥に比べ、局所施肥量を慣行施肥全量（基肥量＋追肥量）に比して20%減肥してもほぼ同等の可販収量が得られる（図3）。
4. 肥効調節型肥料を用いた局所施肥区は慣行施肥区に比べ、作付け期間中における施肥窒素の下層土への溶脱量が少ない（図4）。

[普及対象範囲]

県内一円

[普及・参考上の留意事項]

1. 本方式は夏どりキャベツ（定植 4月下旬～5月下旬、収穫 6月下旬～7月下旬）に限定する。
2. 本施肥方式は、市販の畝内条施肥機により可能である。
3. このデータは、可給態窒素5～6mg/100g（30℃、4週間培養）の試験圃場での結果である。減肥割合は土壌の窒素供給量に応じて加減する。
4. 土壌診断に基づき、リン酸及びカリは別途施用する。

[具体的なデータ等]

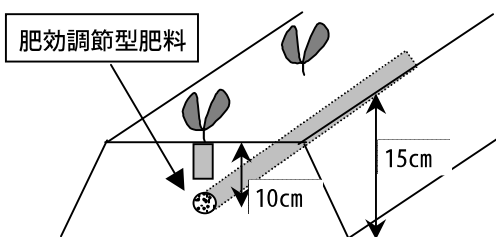


図1 肥効調節型肥料の局所施肥の状況

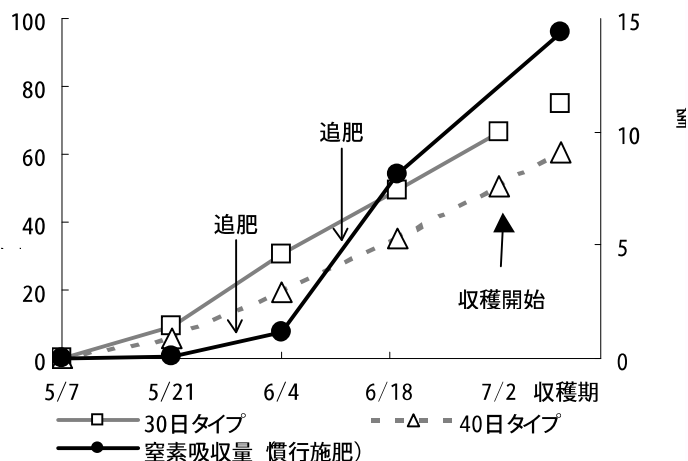


図2 夏どりキャベツの窒素吸収量と肥効調節型肥料の窒素溶出率の推移 (1999年)

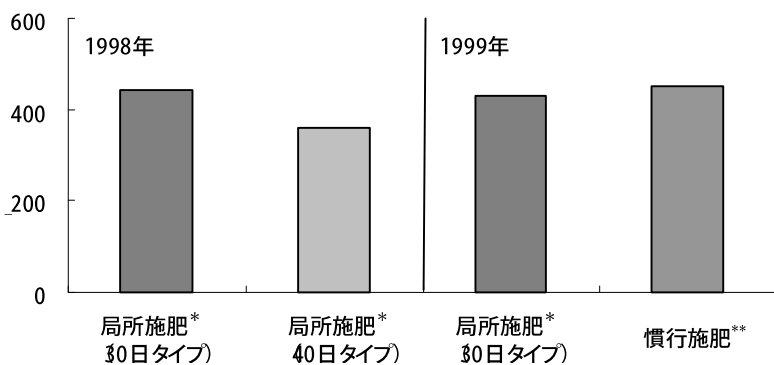


図3 肥料タイプ及び施肥法が収量に及ぼす影響

* 施肥窒素量：2kg/a (速効性N25%、緩効性N75%)

** 施肥窒素量：2.5kg/a (全層施肥；基肥N1.5+追肥N0.5×2)

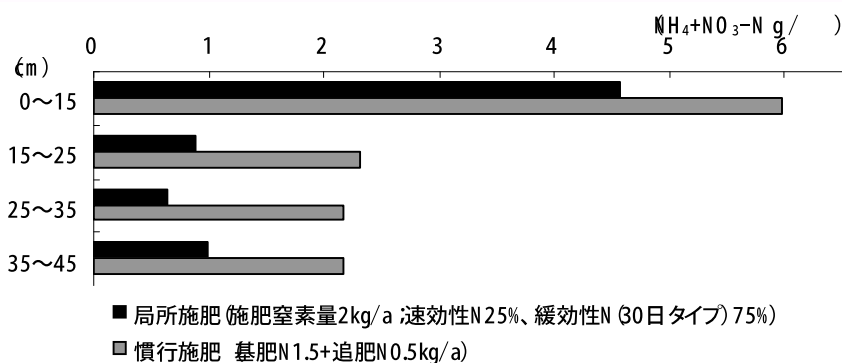


図4 土壌中の施肥窒素由来無機態窒素量の分布 (1999年 施肥39日後)

基肥日：5/6 追肥日：5/29 採土日：6/14 期間降水量：95mm

(* 施肥区土壌無機態窒素 - 無窒素区土壌無機態窒素)

- ・品種：YR 青春二号
- ・播種日：4/7 定植日：5/7
- ・追肥日：5/29、6/15
- ・畝幅：70cm 株間：30cm
- ・苗質：セル成型苗
- ・土壌条件：細粒褐色低地土 (転換畑)
- ・リン酸 (P_2O_5) 及びカリ (K_2O) はそれぞれ、1.5kg/a 全層施肥

[発表文献等]

平成11年度 東北地域研究成果情報 (生産環境部会)

成果 10

土壌の可給態リン酸を目安にしたネギのリン酸減肥

武田 悟・石田 頼子・中川 進平・伊藤 正志

1. ねらい

秋田県には沿岸砂丘地、県北黒ボク畑地帯などに古くからのネギ産地があり、近年は県内全域に栽培が拡大している。黒ボク土は比較的リン酸吸収係数が高く、土壌改良のためリン酸が多量に施用されてきた。また、ネギは可給態リン酸が低いと生育が遅延するとされ、28～35kg/10aの施用が基準である¹⁾。そのためネギ連作ほ場ではリン酸の蓄積が予想される。一方、近年国際的な肥料需要の高まりからリン酸価格が上昇し、それを機にリン酸肥料は適正量のみを施用する動きが強くなっている。そこで環境負荷軽減、肥料コスト低減のため、土壌診断に基づいた近隣県の減肥基準を暫定案として公表しているが、当県でも適用できるか確認が必要である。

そこで土壌の可給態リン酸蓄積が異なるほ場でネギを栽培し、生育、収量に影響する蓄積量を確認する。また、県内ネギ栽培ほ場の土壌を調査し、可給態リン酸の蓄積程度を把握する。同時にリン酸の蓄積が予想されるほ場で減肥（無リン酸）の現地実証を行い、生育、収量への影響を評価する。以上からリン酸減肥の可否、肥料費の節減や土壌へのリン酸過剰蓄積回避のためのリン酸減肥の目安を明らかにする。

2. 試験方法

(1) 場内試験

2010年、場内の可給態リン酸蓄積レベルが異なる3ほ場（高レベル区－83mg/100g、中レベル区－52、低レベル区－42）をリン酸無施用とし、慣行区（可給態リン酸46mg/100g、リン酸19kg/10a施用）と生育、収量を比較した。品種は「夏扇パワー」をチェーンポット1穴2粒播きとし、4月播種、6月定植の秋冬穫り作型で実施した。

(2) 実態調査

2010～2011年、県内の主要なネギ産地の現地ほ場33カ所の土壌の作土（1層）と耕盤（2層）を採取し、調査した。

(3) 現地実証

実態調査したほ場のうち、9ほ場にリン酸無施用区を設け、慣行施肥区と生

育・収量を比較した（2010～2011年）。

3. 結果及び考察

(1) 場内試験

慣行区と比較して、高レベル区では収量は同等であった。中レベル区はやや劣り、低レベル区では目標収量5,000kg/10aに満たなかった（図1）。6,000kg/10a弱の収量を確保した慣行区、高レベル区でもリン酸持ち出し量は4～5kg/10aであった（図1）。このことから、施肥基準量とされる28～35kg/10aを毎年施用し続ければ、リン酸は蓄積すると考えられた。

(2) 実態調査

現地ネギ栽培ほ場の作土層の可給態リン酸は、調査した33カ所のうち28カ所が野菜畑改良目標値（10～40mg/100g）を超えていた。その傾向は耕盤層にも及び、約6割の19地点が目標値を超えており、環境負荷が懸念された（図2）。

(3) 現地実証

栽培履歴やリン酸施肥量から、リン酸の蓄積が予想された現地ほ場では、無リン酸区の可販物収量は、慣行施肥区とほぼ同等であった（図3）。

以上の試験や調査結果は、可給態リン酸がやや高い状態を好む、高リン酸野菜の減肥基準（表1）に概ね合致した²⁾。

これらのことから、土壌の可給態リン酸が100mg/100gを超えていれば、リン酸無施用でも十分収量を確保できる。一方50程度では無施用の場合、収量に影響する恐れがある。よって50～99で50%減肥、100以上では無施用とした減肥基準（表1）を目安にすれば、生育・収量に影響なくリン酸肥料を減肥でき、土壌へのリン酸過剰蓄積を回避できると考えられた。

4. まとめ

県内ネギ栽培ほ場は、野菜畑の改良目標値以上にリン酸が蓄積している場合が多い。土壌診断を行い、可給態リン酸を目安にリン酸を施用すれば、生育・収量に影響なくリン酸の適正施用ができ、土壌へのリン酸過剰蓄積も回避できる。

なお、家畜糞堆肥にはリン酸成分が高いものがあるため、土壌の可給態リン酸が高

い場合、化学肥料だけでなく、堆肥の種類や施用量にも考慮する必要がある。

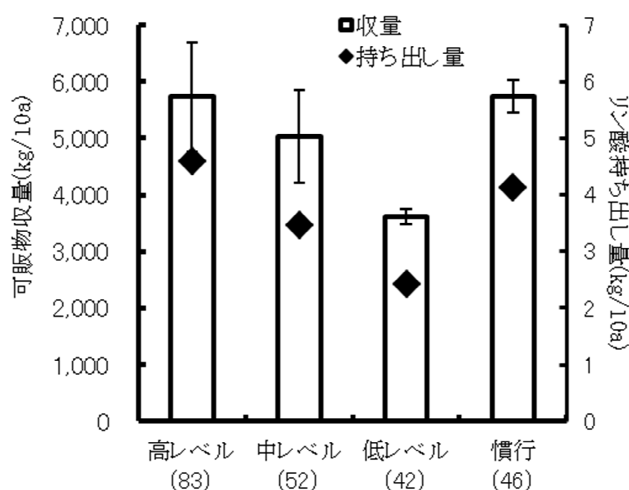


図1 リン酸蓄積が異なるほ場のリン酸無施用の影響 (2010年)

注1) 区()内の数値は作付け前の可給態リン酸 (Truog mg/100g乾土)
 注2) 収量の誤差線は標準偏差を示す
 注3) 場内のネギ初作ほ場である

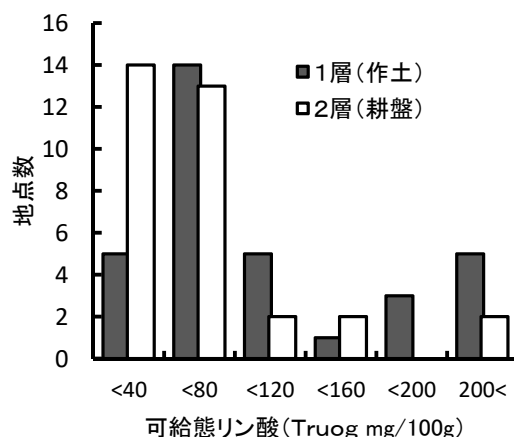


図2 現地ほ場のリン酸蓄積程度(33地点)

注) 野菜畑の改良目標値は10~40mg/100g (平成9年、秋田県の農耕地土壌より)

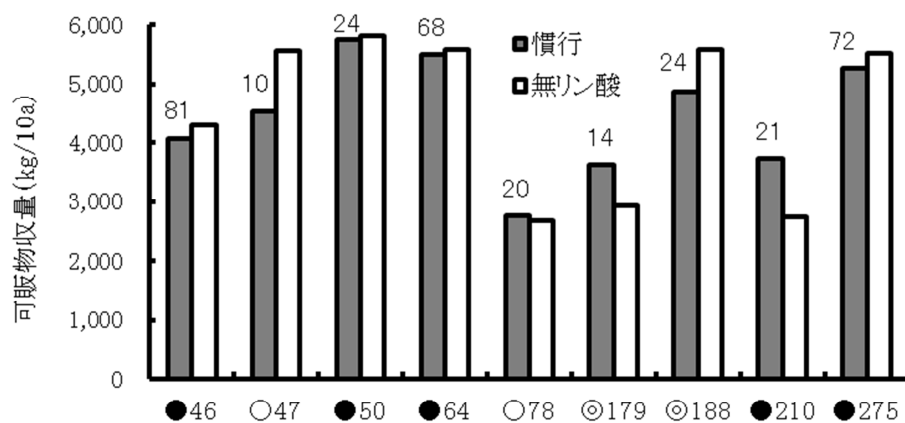


図3 現地圃場での慣行と無リン酸区の可販物収量比較(2010、2011年)

注1) 区のマークは●黒ボク土系、◎低地土系、○砂質土系、続く数値は作付前作土の可給態リン酸(Truog法 mg/100g)
 注2) 慣行棒グラフ上の数値はリン酸施肥量(kg/10a)
 注3) 慣行と無リン酸区間にt-test(両側検定)による有意差なし

表1 高リン酸作物(ネギ含む)のリン酸減肥基準

可給態リン酸 (mg/100g 乾土)	リン酸減肥基準	
	黒ボク土	非黒ボク土
～49	標準施肥	標準施肥
50～99	50%減肥	50%減肥
100～	無施肥	無施肥

注) 秋田県減肥マニュアル(暫定版、平成23年2月)より抜粋

引用文献

- 1) 野菜栽培技術指針～あきたブランド野菜づくりの手引き～、2006年
- 2) 秋田県減肥マニュアル(暫定版)、2011年

成果 11

土壌の可給態リン酸を目安にしたエダマメのリン酸減肥

武田 悟・石田 頼子・中川 進平・伊藤 正志

1. ねらい

秋田県はエダマメ栽培を奨励しており、その結果、販売向け作付け面積は野菜類の中で最も多くなった。水田転換畑での栽培が主であるが、転換初期は可給態リン酸（トルオーグ法）が野菜栽培ほ場の目標値である $10\sim 40\text{mg}/100\text{g}$ に達していないことが多い。そのため、堆肥や土壌改良資材を用いて畑地化促進とリン酸の水準を上げ、さらに化学肥料のリン酸（以下化肥リン酸）も施用している。

一方、栽培年数が長いと、連年の資材施用によるリン酸の蓄積が予想される。特にエダマメは地力が重視され、堆肥利用が推奨されている。しかし近年の堆肥はリン酸成分が高い畜糞堆肥がほとんどで、リン酸が過剰に蓄積している可能性が高い。一方、リン酸資材の価格は近年上昇しており、適正量のみを施用する動きが進んでいる。

そこで、エダマメ栽培土壌の可給態リン酸の値に応じたリン酸施肥量（減肥割合）を示し、施肥コスト節減と土壌のリン酸水準適正化を図る。

2. 試験方法

(1) 場内試験

2013 年、場内の可給態リン酸蓄積レベルが異なる 4 ほ場（低レベル区－ $13\text{ mg}/100\text{g}$ 、中レベル区－ 41 、高レベル区－ 54 ）を化肥リン酸無施用とし、慣行区（可給態リン酸 $29\text{mg}/100\text{g}$ 、化肥リン酸 $7.5\text{kg}/10\text{a}$ 施用）と生育、収量を比較した。品種は「湯あがり娘」を用い、6 月 7 日に条間 80cm 、株間 27cm で 2 粒播きし、8 月 20 日に収穫した。

(2) 実態調査

県内の主要なエダマメ産地の現地ほ場 10 カ所の土壌の作土（深さ 20cm まで）を採取し、可給態リン酸などを分析した。また、堆肥や土壌改良資材（リン酸成分含有）、施肥量を聞き取り調査した。

(3) 現地実証

実態調査したほ場のうち、5 ほ場に化肥リン酸無施用区を設け、慣行施肥区と生育・収量を比較した。

3. 結果及び考察

(1) 場内試験

慣行区と比較して、低レベル区は生育量・収量とも極端に劣った。中レベル区は慣行区とほぼ同等であり、高レベル区は生育・可販物収量とも優った（表 1）。この結果は、可給態リン酸による野菜のリン酸施肥基準（低リン酸作物）と概ね対応しており¹⁾、当基準はエダマメのリン酸施肥量の目安になると考えられた（表 1、表 2）。

(2) 実態調査

県内エダマメ栽培ほ場の作土の可給態リン酸は、栽培を初めて 2～3 年までは概ね適正水準内である。一方畑転換 10 年以上のほ場では 5 カ所中 4 カ所が野菜ほ場改良目標値（ $10\sim 40\text{mg}/100\text{g}$ ）を超え、さらに $300\text{mg}/100\text{g}$ を超えるほ場もあり、環境負荷が懸念された（表 3）。

(3) 現地実証

実態調査ほ場のうち 5 カ所でリン酸肥料の有無とエダマメの生育量・可販物収量を比較した。可給態リン酸が高く、減肥基準でも無施肥レベルの No.6、7、8、10 のほ場では、化肥リン酸無施用でも各品種、作型の目標収量が得られた（図 1）。可給態リン酸が低く、慣行施肥が必要な No.2 ほ場では両区とも収量レベルが低く、差が見られなかった。これは、播種期の乾燥により発芽・初期生育が大幅に抑制されたためと思われる。

以上の試験や調査結果から、エダマメは可給態リン酸を目安にした施肥基準（低リン酸作物）が適応できると思われる。すまわち、土壌の可給態リン酸が $30\text{mg}/100\text{g}$ 未満では慣行施肥、 $30\sim 50$ 程度では $50\sim 80\%$ 減肥、 50 以上では無施用でも生育・収量への影響はないと考えられた。

4. まとめ

県内エダマメ栽培ほ場は、栽培年数が長いとリン酸が蓄積している可能性が高い。土壌診断を行い、可給態リン酸を目安にリン酸を施用すれば、生育・収量に影響なくリン酸適正施用ができ、土壌へのリン酸過剰蓄積も回避できる。

表1 可給態リン酸が異なる土壌(表層多腐植質黒ボク土)での、リン酸無施用の影響

区	可給態リン酸	施肥基準	リン酸	pH	EC	収穫調査(g/m ² 8月20日)			
	mg/100g	での判定	施肥	H ₂ O	mS/cm	地上部重	可販莢重	くず莢重	茎葉重
慣行	29	標準施肥	慣行量	6.0	0.057	1,130	383	312	435
低	13	標準施肥	無施用	5.5	0.055	528	197	158	172
中	41	50%減肥	無施用	6.2	0.064	1,154	335	319	500
高	54	無施肥	無施用	6.0	0.067	1,333	501	263	569

注) 品種は「湯あがり娘」、6月7日条間80×株間27cmで播種(1株2粒)。土改材は無施用。
施肥はN-P2O5-K2Oを各5-7.5-7.5kg/10a(慣行区)とし、他はリン酸のみ無施用。

表2 低リン酸作物の施肥基準(暫定案)

可給態リン酸 (mg/100g 乾土)	減肥基準	
	黒ボク土	非黒ボク土
～29	標準施肥	標準施肥
30～49	50%減肥	80%減肥
50～	無施肥	無施肥

表3 調査ほ場の栽培履歴

ほ場No.	地域	品種	土壌	作付け履歴	可給態リン酸 mg/100g
1	山本(八竜)	錦秋	中粗粒強グライ土	水田転換畑2年目	30
2	秋田(雄和)	湯あがり娘	細粒グライ土	水田転換畑2年目	10
3	秋田(雄和)	湯あがり娘	細粒灰色低地土	水田転換畑2年目、マルチ栽培	18
4	仙北(仙北)	あきたさやか	細粒強グライ土	水田転換畑3年目	29
5	平鹿(平鹿)	雪音	黒泥土	水田転換畑3年目	67
6	仙北(太田)	湯あがり娘	表層腐植質多湿黒ボク土	転換畑10年程度、野菜輪作	88
7	山本(琴丘)	錦秋	細粒黄色土	転換畑10年程度、野菜輪作	89
8	平鹿(大雄)	北の初恋	表層腐植質多湿黒ボク土	転換畑10年以上、野菜輪作	303
9	由利(鳥海)	味源	中粗粒灰色低地土	転換畑10年以上、野菜輪作	16
10	仙北(太田)	晩酌茶豆	表層多腐植質多湿黒ボク土	普通畑20年以上、野菜輪作	86

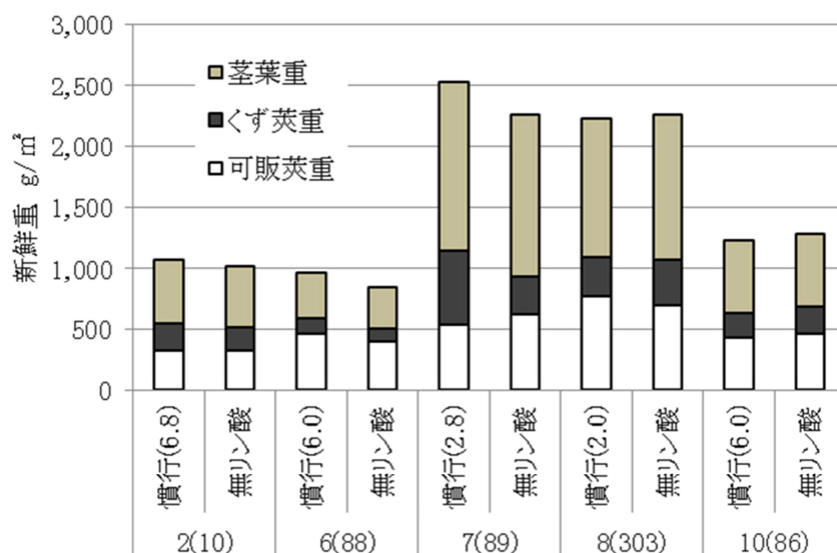


図1 現地ほ場での化肥リン酸施用の有無とエダマメ収穫時の新鮮重の比較

注) 横軸の数字と()内の数値はほ場No.と可給態リン酸(mg/100g)。

各ほ場の慣行()内の数値は化肥リン酸施肥量(kg/10a)である。

引用文献

- 1) 秋田県減肥マニュアル(暫定版)、2011年

成果 1 2 [普及事項]

新技術名：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（平成21年）

研究機関名 果樹試験場
担 当 者 船山瑞樹

[要約]

改植時に豚糞堆肥を投入し土壌改良を行った圃場では、地力窒素量が増加し、定植後に化学肥料の代わりに堆肥で施肥しても、良好な樹体の成長と果実生産が維持され、減化学肥料栽培が可能である。

[ねらい]

近年、肥料費高騰や環境負荷問題への意識の高まりから、従来の化学肥料主体の施肥体系が見直され始めている。そこで、地域で生産される家畜由来堆肥を土壌改良や施肥に積極的に活用し、化学肥料施用量を削減した場合のリンゴ樹への影響を明らかにする。

[技術の内容・特徴]

1. 果樹試験場鹿角分場（表層多腐植質黒ボク土）において、2002年11月の改植時に豚糞堆肥 8 t/10a相当を投入した圃場と、豚糞堆肥を投入しなかった圃場において、2003年4月に「ふじ」/M.9ナガノ1年生樹を定植し（部分草生栽培、樹冠下清耕）、2009年まで施肥試験を行った結果、改植時に豚糞堆肥を投入した圃場では、化学肥料を豚糞堆肥に代替しても幹周肥大量、新梢長、葉色、果実品質、収量に明らかな違いはなく（図1、表1、表2）、減化学肥料栽培が可能である。
2. 改植時に豚糞堆肥を投入した圃場は、投入しなかった圃場に比べて、地力窒素量の指標の一つである可給態窒素量が多く、その効果は少なくとも7年間は継続する（図2）。

[普及対象範囲]

県内リンゴ栽培地域

[普及・参考上の留意事項]

1. 豚糞堆肥は良く腐熟したものを使用し、改植時に堆肥を投入した後は深耕して根域まで土壌改良する。
2. 肥料として豚糞堆肥を施用する場合は、表面施用でよい。
3. 豚糞堆肥以外の堆肥では同様の成果が得られない可能性がある。
4. 全窒素 1 kg当たりの費用は、豚糞堆肥336円、化学肥料750円である。

[具体的なデータ等]

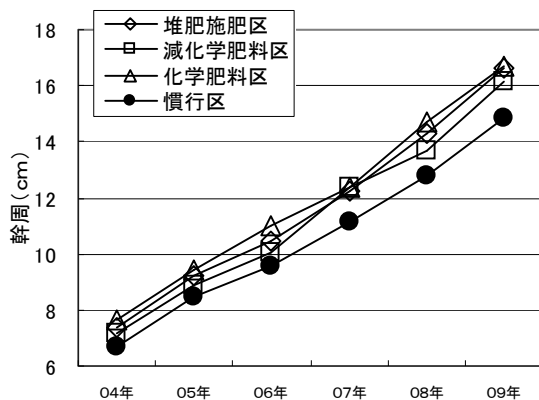


図1 幹周の年次別推移(11月)

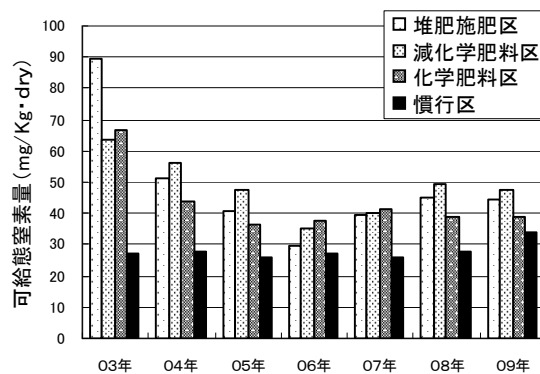


図2 可給態窒素量の年次別推移 (深さ0~20cm、4~11月平均)

堆肥施肥区：改植時豚糞堆肥投入あり、定植後は施肥窒素量の全量を豚糞堆肥で施肥

減化学肥料区：改植時豚糞堆肥投入あり、定植後は施肥窒素量の半量ずつを豚糞堆肥と化学肥料で施肥

化学肥料区：改植時豚糞堆肥投入あり、定植後は化学肥料で施肥

慣行区：改植時豚糞堆肥投入なし、定植後は化学肥料で施肥

豚糞堆肥(豚糞 100%)の化学性は、N：2%、 P_2O_5 ：6%、 K_2O ：2% (乾物%)、C / N：7.1、水分：33%

改植時に投入した豚糞堆肥と定植後に肥料として使用した豚糞堆肥は同一

全ての試験区で改植時に深耕を実施

化学肥料の成分は、N：20%、 P_2O_5 ：8%、 K_2O ：14%

施肥時期と施肥割合は春7割秋3割とし、施肥量は樹齢に合わせて2~10KgN/10aの範囲で施用

表1 新梢長と葉色 (SPAD値)の年次別推移(7月上旬)

試験区	2004年		2005年		2006年		2007年		2008年		2009年	
	新梢長 (cm)	葉色	新梢長 (cm)	葉色	新梢長 (cm)	葉色	新梢長 (cm)	葉色	新梢長 (cm)	葉色	新梢長 (cm)	葉色
堆肥施肥区	62.4	47.7	41.2	53.2	30.4	46.3	25.0	46.3	25.0	44.0	32.1	43.6
減化学肥料区	66.1	49.5	45.6	52.8	31.6	45.7	26.2	44.9	24.1	45.8	29.4	44.5
化学肥料区	64.5	48.0	42.4	52.5	32.9	47.3	28.5	48.0	23.8	45.5	30.1	45.7
慣行区	66.2	45.8	45.3	51.9	33.7	45.5	26.9	43.6	30.1	41.7	28.7	43.1

調査樹：「ふじ」 / M.9 ナガノ

表2 果実品質と収量(2009年)

年次	試験区	果重 (g)	着色割合 (%)	硬度 (lbs)	糖度 (Brix%)	リンゴ酸 (g/100ml)	みつ入り指数	でんぷん指数	収量 (Kg/樹)	累積 ^z 収量 (Kg/樹)
2006年	堆肥施肥区	299	90	16.7	15.3	0.45	2.1	0.6	5.4	
	減化学肥料区	304	90	17.1	15.5	0.51	1.9	0.5	4.8	
	化学肥料区	311	85	16.5	16.1	0.45	1.4	0.6	5.5	
	慣行区	280	85	17.8	15.4	0.43	1.9	0.7	2.3	
2007年	堆肥施肥区	252	86	15.5	15.4	0.36	1.7	1.0	3.4	
	減化学肥料区	270	87	16.1	15.7	0.39	1.9	0.6	3.9	
	化学肥料区	270	88	15.0	15.6	0.38	1.4	0.9	5.4	
	慣行区	277	91	15.0	15.6	0.37	2.2	0.9	5.0	
2008年	堆肥施肥区	356	92	15.8	16.4	0.43	1.4	0.7	7.9	
	減化学肥料区	367	87	16.4	16.4	0.42	1.9	0.8	8.2	
	化学肥料区	363	93	15.9	16.2	0.43	1.5	0.6	9.5	
	慣行区	328	88	16.1	16.2	0.43	1.4	0.7	6.4	
2009年	堆肥施肥区	345	81	15.9	16.4	0.53	2.0	0.4	11.3	29.3
	減化学肥料区	358	75	16.0	16.4	0.52	2.5	0.6	9.1	26.9
	化学肥料区	343	80	15.8	16.4	0.52	2.2	0.6	10.6	33.0
	慣行区	328	77	16.4	16.5	0.50	2.3	0.6	6.1	20.8

調査樹：「ふじ」 / M.9 ナガノ 8年生樹。^z 2005~2009年の合計。

[発表文献等]

園芸学会平成22年度秋季大会発表

成果 13 [参考事項]

新技術名： 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できる

(平成23～26年)

研究機関名 果樹試験場 生産技術部

担当者 中澤みどり・佐藤善政 他1名

[要約]

黒ボク土におけるブドウ「巨峰」栽培において、化成肥料での窒素施肥を全窒素含量をもとに家畜ふん堆肥で代替施用しても樹体生育・果実品質に差はみられない。

[普及対象範囲]

普及指導機関、県内ブドウ生産者

[ねらい]

家畜排泄物の循環利用の面から、県内でも多くの家畜ふん堆肥が生産されている。果樹栽培でもこれら家畜ふん堆肥の肥料成分を活用し、化成肥料を低減することで施肥コストの削減と持続的な安定生産を促すことが必要である。

このため、黒ボク土におけるブドウ「巨峰」栽培において、化学肥料による慣行の施肥を対照とし、その窒素施用量を地域内で製造された堆肥で代替した場合（表1）の樹体生育や果実品質への影響を調査し、ブドウ栽培での活用を検討する。

[技術の内容・特徴]

- 1 新梢長、葉色等の樹体生育は堆肥区、化成区の間で大きな差はない（図1）。
- 2 枝の登熟率は、化成区より堆肥区が低かったが、6割程度と栽培上問題となるレベルではない。なお、無施肥区では年により5割を下回り、優良な結果枝の確保が厳しくなる（表2）。
- 3 1粒重は堆肥区で化成区より小さい傾向にあったが、13g以上と果実品質に問題のない程度である（表3）。なお、収量は試験期間において施肥の違いによる有意な差が無かった。

[成果の活用上の留意点]

- 1 堆肥の施用量は、窒素成分の肥効率は換算しないで全窒素含量（T-N）を基に算出した。
- 2 施肥は、区全面に一律に表面施用した。
- 3 「巨峰」／テレキ5Cの1年生苗を2007年5月に定植した。試験時樹齢は7～9年生、X字型整枝による長梢せん定無核栽培である。
- 4 窒素連年無施用の園地では充実した芽が得られない場合も出てくる恐れがあるため、木の状態を確認しながら数年に一度は窒素施肥を行う。

[具体的なデータ等]

表 1 窒素施肥量と施肥時期

(Nkg/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
施用量	4.0	1.2 4.8	1.2 4.8	1.2 4.8

化成区：苦土・ほう素入り尿素複合燐加安

(T-N20%、P₂O₅8%、K₂O14%)

堆肥区：牛糞・豚糞・鶏糞・生ごみ・モミ殻が原料の堆肥

(現物当たりT-N2.5%、P₂O₅4.2%、K₂O3.4%)

表 2 「巨峰」の枝の登熟率

(%)

試験区	2012年	2013年	2014年
化成区	67.1±9.3	69.4±24.0	91.0±8.4
堆肥区	68.7±7.8	60.9±23.6	79.5±5.4
無施肥区	49.7±10.6	59.3±18.4	67.0±14.9

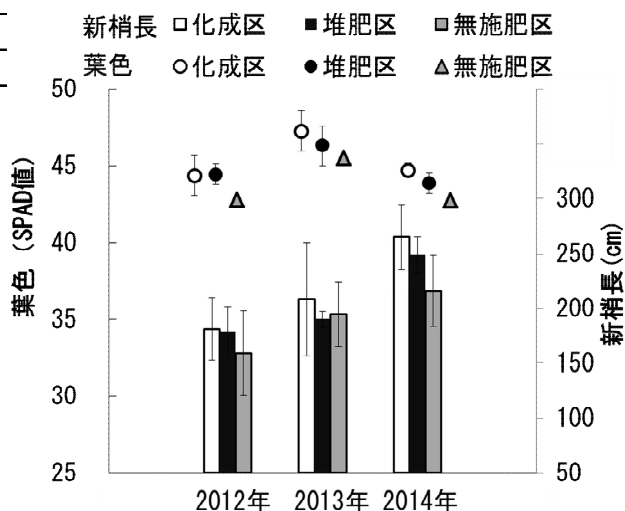


図 1 新梢長、葉色の推移

バーは、標準偏差

表 3 「巨峰」の収穫盛期の果実品質

年次	試験区	果房重 (g)	果皮色 (c. c)	着粒数 (個)	1粒重 (g)	糖度 (Brix%)	酒石酸 (g/100ml)
2012年	化成区	469 ± 41	7.5 ± 0.2	34	13.8 ± 1.1	18.8 ± 0.5	0.47 ± 0.02
	堆肥区	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	化成区	467 ± 15	7.3 ± 0.3	30	15.1 ± 0.2	18.2 ± 0.6	0.51 ± 0.05
	堆肥区	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	化成区	533 ± 22	6.5 ± 0.4	36	14.6 ± 0.6	17.7 ± 0.7	0.53 ± 0.03
	堆肥区	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

C. C は、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

[発表論文等]

中澤みどり・船山瑞樹・佐藤善政「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」東北農業研究 68: 103-104 (2015)

附表

秋田県における堆肥供給施設一覧

	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	備考
1	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	4,151	5,000	耕種農家	
2	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	JICAへの 耕種農家	
鹿 角 計							5,976			
3	北秋田	大館市	大館市	生産総合対策案件	H12	鶏糞・牛糞 ミ、粗穀	1,100	5,060	耕種農家	
4	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 粗穀	1,080	5,500	耕種農家	
5	北秋田	北秋田市	アグリはくおう	畜産経営環境整備事業	H8	牛糞 粗穀	1,850	4,000	耕種農家	
6	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	
7	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	2,500	自家利用	
8	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			
9	山本	藤里町	J A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	
10	山本	三種町	J A秋田やまもと(琴丘)	体質強化対策	H2	牛糞	1,500	2,500	組合員	
11	山本	三種町	J A秋田やまもと(八重)	新生産総合他	S60	牛糞 豚糞	4,500	2,500	組合員	
山 本 計							6,450			
12	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	-	-	
13	秋田	秋田市	河辺備後センター(専任:秋田特)	畜産経営環境整備事業	H8	家畜糞尿	360	4,000	J A 市内農家	
14	秋田	秋田市	太子第1堆肥利用組合	畜産経営環境整備事業	H5	牛糞	150	3,000	周辺農家	
15	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	周辺農家	
16	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	周辺農家 自家利用	
17	秋田	男鹿市	J A秋田なまはげ	畜産経営環境整備事業	H5	牛糞	160	-	周辺農家	
18	秋田	男鹿市	秋田県畜産農協センター協議会	畜産・環境協力施設整備特別対策事業	R2	牛糞	2,230	-	周辺農家	
19	秋田	湯上市	J A秋田なまはげ	農業生産体制強化総合推進対策事業	H11	粗穀	1,152	-	-	
秋 田 計							4,772			
20	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/m ³	耕種農家	
21	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円/t	耕種農家	
22	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	4,000	耕種農家	
23	由利	由利本荘市	由利本荘市(大内)	畜産経営環境整備事業	H14	牛糞	2,418	2,000 円/m ³	耕種農家	
24	由利	にかほ市	J A秋田しんせい	新農業構造改善事業	S61	粗穀	600	1,500円/t	耕種農家	
由 利 計							7,856			
25	仙北	大仙市	J A秋田おばこ	体制強化	H11	粗穀	384	2,900	管内農家	
26	仙北	大仙市	(有)佐々木農場	畜産経営環境整備事業	H4	豚糞・粗 穀	2,000	220	自己農地	
27	仙北	大仙市	J A秋田おばこ	体制強化	H9	粗穀	384	3,333	地区内農家	
28	仙北	大仙市	全農畜産サービス 秋田大仙SPF豚センター	畜産環境総合整備事業	H29	豚糞	1,000	0	大仙市内	
29	仙北	大仙市	J A全農北日本くみあい飼 料株式会社 秋田大仙農場	畜産環境総合整備事業	R2	豚糞	6,000	0	大仙市内	
30	仙北	仙北市	仙北市	畜産環境総合整備事業	H29	牛糞・豚糞・粗 穀・おが屑	4,021	5,625	市内農家	
31	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	7,238	管内農家	
仙 北 計							18,089			
32	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	1,000	0	市内農家	
33	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	300	0	市内農家	
34	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	市内農家	
35	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	7,238 ~30,799	市内農家	
平 鹿 計							5,800			
36	雄勝	湯沢市	湯沢市	畜産環境総合補助事業	H14	牛糞	3,591	4,000	市内農家	
37	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	H19	牛糞 豚糞	2,661	2,250	市内農家	
38	雄勝	羽後町	J Aうご	地域環境保全型農業推進総合整備事業	H12	糞尿	2,500	3,135	J A 耕種農家	
39	雄勝	羽後町	羽後町	山村振興等農林漁業特別対策事業	H17	牛、豚有機 堆肥	1,200	2,500	耕種農家	
雄 勝 計							9,952			
合 計							63,040			

※稲作指導指針より転載

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（2001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）
 - ・ ネギ栽培ほ場はリン酸が蓄積する傾向にあり、土壌診断により減肥できる（2011年）
 - ・ 土壌の可給態リン酸を目安に、エダマメのリン酸減肥ができる（2013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」栽培では、化成肥料による窒素施用を堆肥に代替できる（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

- ・ 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）

問い合わせ先

秋田県農林水産部	水田総合利用課	0 1 8 - 8 6 0 - 1 7 8 5
〃	農業試験場	0 1 8 - 8 8 1 - 3 3 3 0
〃	果樹試験場	0 1 8 2 - 2 5 - 4 2 2 4

【執筆箇所と執筆担当機関】

- | | | |
|-----|----------|---------|
| I | ・・・・・・・・ | 水田総合利用課 |
| II | 1 ～ 5 | 農業試験場 |
| | 6 | 果樹試験場 |
| III | 1 ～ 4 | 農業試験場 |
| | 5 | 果樹試験場 |
| IV | 1 ～ 11 | 農業試験場 |
| | 12 ～ 13 | 果樹試験場 |

令和 4 年度秋田県施肥低減マニュアル

令和 5 年 3 月

編集発行 秋田県農林水産部
水田総合利用課

この印刷物は再生紙を使用しています。

