

緑肥利用マニュアル

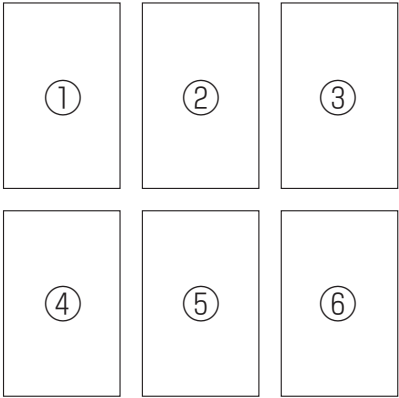
— 土づくりと減肥を目指して —



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」
(2015～2019年度)
有機質資材コンソーシアム

表紙写真

- ① エンバク
- ② クロタラリア
- ③ ソルガム
- ④ ヘアリーベッチ
- ⑤ ライムギ
- ⑥ エンバク根の下層土への伸長



目次

	ページ
第1章 はじめに	1
1-1 背景	1
1-2 本マニュアルの目的	1
1-3 本マニュアルの位置づけ・適用範囲	2
1-4 本マニュアルの構成・使い方	2
第2章 土づくり・減肥に役立つ緑肥の効果	5
2-1 土づくりに役立つ効果	6
2-2 減肥に役立つ効果	8
2-3 その他の効果	12
第3章 緑肥の使い方	13
3-1 緑肥の種類と選び方	13
3-2 緑肥の栽培・すき込みの方法	16
3-3 腐熟期間	18
3-4 主作物の減肥栽培	19
3-5 利用上の注意点	19
第4章 ソルガム	20
4-1 ソルガムの特徴	20
4-2 品種と栽培方法	20
4-3 ソルガムの生育	21
4-4 すき込み	21
4-5 主作物の減肥栽培	22
4-6 養分供給以外の効果	23
4-7 導入上の注意点	23
4-8 ソルガムの導入事例と経営評価	24
第5章 エンバク	30
5-1 エンバクの特徴	30
5-2 品種と栽培方法	30
5-3 エンバクの生育	31
5-4 すき込み	32
5-5 主作物の減肥栽培	32
5-6 養分供給以外の効果	33
5-7 導入上の注意点	33
5-8 エンバクの導入事例と経営評価	34

第6章	ライムギ	38
6-1	ライムギの特徴	38
6-2	品種と栽培方法	38
6-3	ライムギの生育	39
6-4	すき込み	39
6-5	主作物の減肥栽培	40
6-6	養分供給以外の効果	41
6-7	導入上の注意点	41
6-8	ライムギの導入事例と経営評価	42
第7章	ヘアリーベッチ	44
7-1	ヘアリーベッチの特徴	44
7-2	品種と栽培方法	44
7-3	ヘアリーベッチの生育	45
7-4	すき込み	46
7-5	主作物の減肥栽培	46
7-6	養分供給以外の効果	47
7-7	導入上の注意点	47
7-8	ヘアリーベッチの導入事例と経営評価	48
第8章	クロタラリア	58
8-1	クロタラリアの特徴	58
8-2	品種と栽培方法	58
8-3	クロタラリアの生育	59
8-4	すき込み	60
8-5	主作物の減肥栽培	60
8-6	養分供給以外の効果	61
8-7	導入上の注意点	61
8-8	クロタラリアの導入事例と経営評価	62
第9章	混播	70
9-1	混播の特徴	70
9-2	混播した緑肥の生育	70
9-3	混播した緑肥の窒素無機化と炭素残存率	71
9-4	導入上の注意点	71
Q & A		72

第1章 はじめに

1-1 背景

農耕地では、作物の生育を安定化し、高収量・高品質を確保することを目的として、古くから有機物を利用した土づくりが行われています。しかし、有機物の一種である堆肥は、原料となる家畜排せつ物などが発生する場所が田畑から離れていることが多いため、その利用には輸送のコストがかかります。加えて、重くかさばる堆肥を田畑に散布するのは労力的にも大変なため、ほ場に堆肥を入れる機会が減りつつあります。今後、農家の高齢化が進めば、この傾向はさらに加速すると考えられます。一方で、化学肥料に偏重した施肥などによる土壌劣化などの問題が顕在化しており、土づくりへのニーズが高まっています。また、国際的には、肥料需要が高い状態が続くことが予想され、化学肥料の価格を下げるには限界があると言われています。

緑肥は、施用にかかる労力や輸送コストの面で有利な有機物であり、以前から作物の肥料として作られてきました。しかし、戦後、化学肥料が手に入りやすくなると、肥料としての緑肥の栽培は減少しました。近年、緑肥のもつ有害線虫の抑制などの新たな効果が注目され、再び栽培が増えつつあります。しかし、本来の利用目的である肥料代替の効果や土づくりの効果については、まだ、十分に活用されているとは言えません。上述のように、堆肥の施用が減少し、化学肥料の価格が高い状況にある昨今、緑肥には堆肥と比べてどの程度の土づくりの効果があるのか、緑肥の導入で化学肥料をどのくらい減らせるのか、などを把握し、緑肥の導入を土づくりや施肥のコスト削減につなげることが重要になっています。

こうした中、2015～2019 年度に、農林水産省の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」において、緑肥による養分供給効果と土づくり効果および導入に必要な費用と労働時間を定量的に評価することで、緑肥の導入のメリットを明確化することを目指した技術開発を実施してきました。本書は、その成果を取りまとめたものです。

1-2 本マニュアルの目的

本書は、都道府県の試験場や普及指導センター、農協の担当者などが、緑肥の導入やその次の主作物への有機物施用や施肥を指導する際の参考として利用することを目的として作成しています。現場での導入事例や経営評価を掲載していますので、実際に栽培を行う農家の方が緑肥を自ら選んで導入し、土づくりや主作物の減肥栽培に取り組む場合にも参考になります。

本書では、緑肥の導入が土づくりにどう役立つのかについて、堆肥など他の有機物と比べた時の長所なども示しながら紹介します。これにより、堆肥にはみられない効果や特徴を知り、緑肥に興味を持ってもらうことで、様々な有機物の中から緑肥が選ばれる場面が増えると考えています。

また、緑肥の導入にあたって注意すべきポイントを示して、緑肥導入に取り組みやすくするとともに、あわせて、緑肥の種類、すき込み時期などに応じて、次の主作物の減肥栽培を行う方法を示しました。さらに、本書では、緑肥の導入事例とその経営評価を紹介し、緑肥導入による土づくりや次の作物の減肥が生産コストの削減につながることを具体的に示しました。

本書を参考に、緑肥導入の効果を考慮して化学肥料の削減や他の有機物の投入などに取り組む方法や意義を理解していただき、それを実践することで、緑肥導入が生産コスト削減や所得増加につながると確信しています。

1-3 本マニュアルの位置づけ・適用範囲

緑肥作物の栽培方法を示したマニュアルは、これまでにいくつかの都道府県などから出されており、そこには、それぞれの地域にあった緑肥の栽培方法が緑肥作物の種類ごとに紹介されています。また、緑肥作物の主な効果や品種については、成書や種苗メーカーのカatalogで解説がなされています。しかし、緑肥にはどの程度の土づくりの効果が期待できるのか、緑肥を導入した後にどのくらいの化学肥料を削減できるのかなどについては、これまでのマニュアルなどでは十分に示されていませんでした。本書では、緑肥が土づくりに役立つこと、緑肥導入後に化学肥料を削減できることを定量的に示し、さらに、それらを踏まえた栽培試験を行い、経営評価を行った結果を紹介しています。

現在、イネ科、マメ科、キク科、アブラナ科、ハゼリソウ科などに属する多くの作物の種子が緑肥種子として販売されています。また、その次に栽培される主作物の種類にも様々なものが考えられます。さらに、通常の作物と違い、緑肥は収穫を目的としないので、すき込むタイミングも自由度が高くなります。そこで、緑肥の種類×緑肥のすき込み時期×主作物の種類には、無数のパターンが考えられますが、本書には、それら全ての組み合わせを検討した結果を掲載しているわけではありません。

本書には、代表的な事例のみを示していますが、例えば、その事例よりも、すき込みの時期が遅くなった場合に、土づくり効果が大きくなるのか、小さくなるのか、肥料効果が大きくなるのか、小さくなるのかなどを知るヒントも書いています。本書に書かれた事例と全く同じ体系を試みていただくこともできますし、必要に応じ、ヒントをもとに、すき込み時期や減肥量などをアレンジすることもできます。

1-4 本マニュアルの構成・使い方

本マニュアルの構成は以下のとおりです。

第2章 土づくり・減肥に役立つ緑肥の効果

緑肥のもつ効果について、土づくり、減肥の観点から紹介します。緑肥にはどのような効果があるのかや堆肥などとはどう違うのかなど、緑肥の効果とその特徴を知りたい方や有機物を使ってみたいがどうしたら良いか分からない方は、こちらから読んでください。

第3章 緑肥の使い方

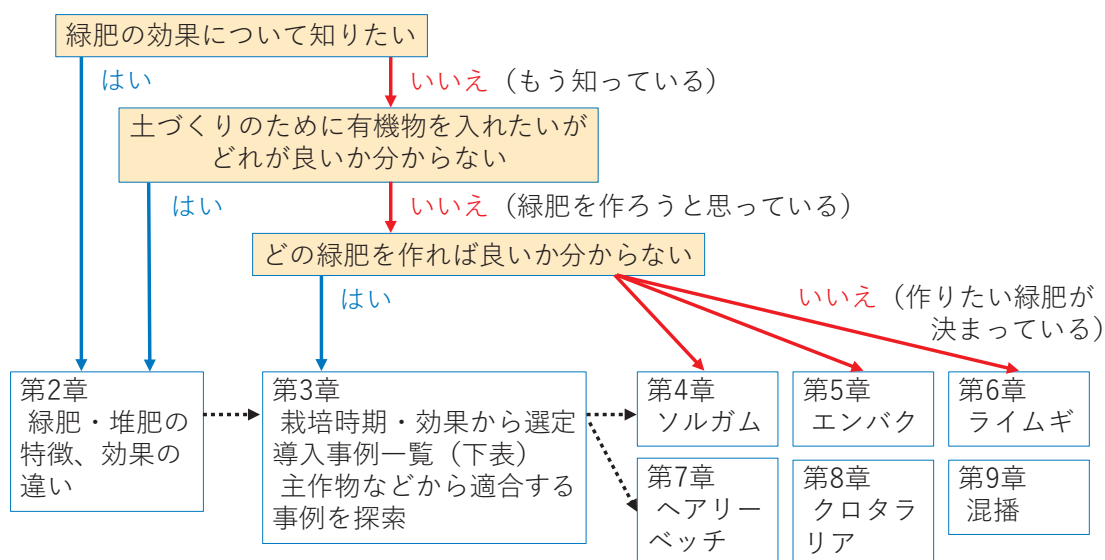
緑肥作物の種類と選び方、緑肥全般に共通する一般的な栽培方法、すき込み時期と方法、腐熟期間および主作物の減肥栽培方法など緑肥の効果に関係の深いポイントを解説します。緑肥を導入できる時期や期待される効果を記載していますので、どの緑肥を選んだら良いのか、こちらを見て決めてください。

第4章以降 緑肥の種類ごとの導入技術

ソルガム、エンバク、ライムギ、ヘアリーベッチ、クロタラリアの各作物について、作物や緑肥としての特徴、品種の種類と選び方、栽培方法、すき込み時期の決め方とすき込み方法、主作物の栽培開始時期や減肥可能量の決め方と減肥栽培の方法、養分供給以外の効果、導入にあたっての注意点などを解説しています。また、複数種の緑肥を混播して栽培する方法についても解説しています。さらに、それぞれの緑肥について、実際の導入事例とその経営評価の結果についても紹介しています。各章には、それぞれの緑肥について、生育量や生育ステージと有機物の供給量（土づくり効果）や減肥可能量との関係など、緑肥をすき込むタイミングを決める、あるいは、次の作物の減肥量や堆肥施用量などを決めるためのヒントとなる結果が紹介されています。

導入する緑肥が決まった方、すでに緑肥を導入している方は、第4章以降の該当する章からご覧ください。主作物の種類から緑肥の種類を選びたい場合、第3章を見ていただくか、次頁の導入事例一覧から、地域、主作物が適合する事例を探し、該当する緑肥の章の「8 導入事例と経営評価」の項目をご覧ください。

本書は、必ずしも、最初からすべて読む必要はありません。第2章、第3章と読んで、あとは、栽培する緑肥の章だけ読んでも良いですし、栽培する緑肥の種類が決まっているのであれば、第4章以降の該当の章から読むこともできます。



栽培する緑肥の種類は、第2章、第3章を見て決めても良いですし、以下に示す本書で紹介する導入事例一覧に興味がある栽培体系があれば、その項目から読むこともできます。すなわち、この表の主作物の種類や栽培した県などを参考に、緑肥の種類や栽培時期の目星をつけることができます。

本書では、限られた導入事例ではありますが、緑肥を導入してそれに応じた化学肥料の削減と堆肥施用量の決定を行った場合、それが所得や労働時間などに与える効果を示しています。以下の表には、本書に掲載している導入事例ごとに、所得への効果、労働時間への影響、フレールモアの要否、メリットや留意点を掲載しています。こちら、緑肥の導入体系を選ぶ際の参考にしてください。なお、各体系における詳しい緑肥の導入条件や所得への効果の算出方法などは、各章の導入事例と経営評価の項目をご覧ください。

本書で紹介する緑肥の導入事例ごとの所得への効果と労働時間の増減、メリット、留意点の一覧（その1）

主作物	実証地	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	所得への効果 (円/10a)	労働時間の増減	フレールモアの要否	メリット	留意点	章-節-項目 ページ
キャベツなど	千葉県			キャベツ			ソルガム						キャベツ	+410	無	○	牛ふん堆肥1.4t/10a相当の土づくり効果 リン酸の5.4 kg/10a減肥 除草作業の軽減		4-8-1 P24
	愛知県		キャベツ				ソルガム						キャベツ	+1,200	無	○	牛ふん堆肥1.0t/10a相当の土づくり効果 カリの大幅削減によるL型肥料の利用 除草作業の軽減 排水性の改善（降雨後の作業が容易に）		4-8-3 P28
	秋田県						ヘアリーベッチ						キャベツ	+38,000	有	○	窒素・リン酸・カリの3割減肥 キャベツの増収 除草作業の軽減 排水性の改善	所得は、減肥せずにキャベツが増収した時の試算	7-8-2 P50
	愛知県						クロタラリア						キャベツ	+6,000	無	○	牛ふん堆肥0.5t/10a相当の土づくり効果 窒素の2割減肥 キャベツの増収 除草・堆肥散布の作業の軽減	所得は、減肥してもキャベツが増収した時の試算	8-8-3 P66
	山梨県						クロタラリア						ハクサイ	+120,000	有	○	牛ふん堆肥0.8t/10a相当の土づくり効果 窒素・リン酸・カリの5割減肥 ハクサイの増収 除草作業の軽減	所得は、減肥せずにハクサイが増収した時の試算	8-8-2 P64
	長崎県						クロタラリア						ブロッコリー	-850	有	○	鶏ふん堆肥併用で窒素・リン酸・カリの5割減肥 梅雨の期間の土壌流出防止	土壌流出防止効果も考慮すると1,500円の所得増	8-8-4 P68

本書で紹介する緑肥の導入事例ごとの所得への効果と労働時間の増減、メリット、留意点の一覧（その2）

主作物	実証地	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	所得への効果 (円/10a)	労働時間の増減	フレールモアの要否	メリット	留意点	章-節-項目 ページ
レタス	長野県			レタス		ソルガム			レタス					+8,800	有	×	牛ふん堆肥0.9t/10a相当の土づくり効果 窒素・カリの5割減肥 播種6週間後のすき込みで、フレールモア不要	すき込み時期が遅くなれば、フレールモアが必要	4-8-2 P26
	栃木県	レタス				エンバク			レタス					+2,500	有	○	牛ふん堆肥0.7t/10a相当の土づくり効果 窒素・カリの4.5 kg/10a減肥 除草作業の軽減	線虫の抑制効果	5-8-1 P34
	長野県	ライムギ				レタス			レタス		ライムギ			+7,700	有	×	窒素・カリの5割減肥 草丈30 cmでのすき込みで、フレールモア不要 すき込み後のマルチ栽培の作業性は良好	すき込み時期が遅くなれば、フレールモアが必要	6-8-1 P42
長ネギ	秋田県	ヘアリーベッチ				長ネギ					ヘアリーベッチ			+45,000	有	○	窒素・リン酸・カリの3割減肥 長ネギの増収 除草作業の軽減 排水性の改善	所得は、減肥しても長ネギが増収した時の試算	7-8-3 P52
スイートコーン	千葉県			ヘアリーベッチ		スイートコーン								-500	有	○	牛ふん堆肥0.4t/10a相当の土づくり効果 窒素・リン酸・カリの3割減肥 スイートコーンの初期生育が良好		7-8-4 P54
	山梨県	ヘアリーベッチ				スイートコーン					ヘアリーベッチ			+22,000	有	○	牛ふん堆肥0.3t/10a相当の土づくり効果 窒素・リン酸・カリの5割減肥 有機栽培でバランスの良い養分供給	有機質肥料の削減による施肥コストの低減	7-8-5 P56
タマネギ	北海道					タマネギ					ヘアリーベッチ			+1,500	有	×	窒素・リン酸・カリの減肥 根はりの改善によるタマネギの増収 すき込みにフレールモアが不要	緑肥播種のためブロードキャスターが必要 所得は、減肥してもタマネギが増収した時の試算	7-8-1 P48
ニンジン	千葉県			エンバク					ニンジン					+92,500	無	○	牛ふん堆肥0.5t/10a相当の土づくり効果 リン酸の5 kg/10a減肥 根部肥大によるニンジンの増収 除草作業の軽減	所得は、減肥してもニンジンが増収した時の試算	5-8-2 P36
サツマイモ	千葉県					クロタラリア								+220,000	有	○	牛ふん堆肥0.5t/10a相当の土づくり効果 窒素・リン酸・カリの5割減肥 サツマイモの増収 サツマイモネコブセンチュウの抑制	サツマイモの休閒が必要 所得は、減肥してもサツマイモが増収した時の試算	8-8-1 P62

所得への効果に示した金額は、それぞれの体系に対応する異なる条件を元に算出したものです。詳しい算出の根拠については、各体系に対応した章一節一項目をご覧ください。かかり増しになる費用のうち、フレールモアの減価償却費が大きいことから、表には、各体系のフレールモアの要否も記載しました。

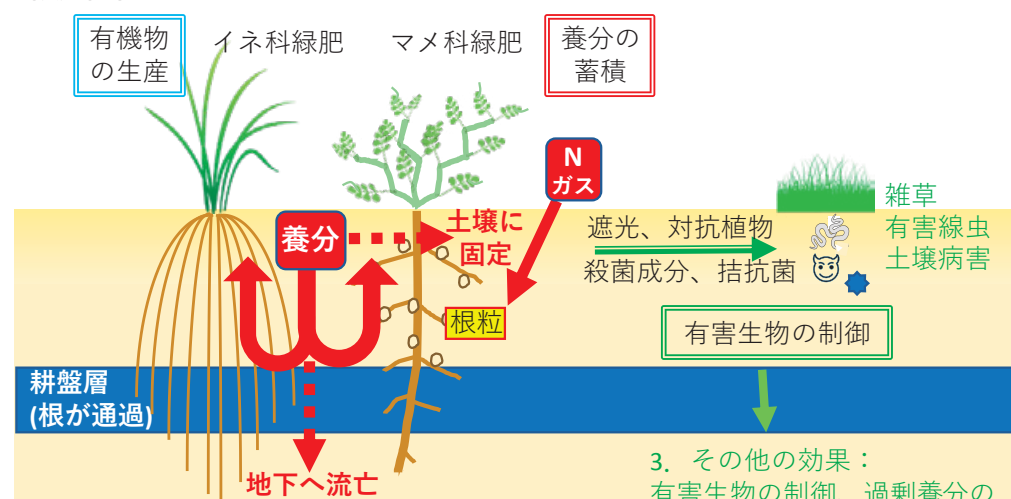
本書の最後には、Q & A も掲載しています。こちら、新たに緑肥の導入に取り組む際や緑肥の導入で困った時などには、参考になります。

第2章 土づくり・減肥に役立つ緑肥の効果

栽培している作物を収穫せずにそのまま田畑にすき込み次に栽培する作物の肥料にすること、またはそのために栽培する作物のことを緑肥と呼びます。近年、緑肥のもつ様々な効果が明らかになり、導入の拡大が期待されています。

本章では、まず、緑肥の導入が農地生態系の機能を高め、土壌のもつ作物の生産環境を改善する効果について、有機物施用による土づくり効果と減肥に役立つ養分補給効果に分けて紹介します（図 2-1）。土づくりの目的には、養分の補給も含まれていますが、本章では、両者を分けて記載しました。また、有機物の補給は、土壌微生物の増殖にもつながります。緑肥で増殖する土壌微生物のうち、養分吸収と関係があるものについては、減肥に役立つ効果のところで説明しています。また、緑肥のもつ土づくりや養分以外の効果として、雑草や有害線虫、土壌病害の制御が知られています。

緑肥栽培



1. 有機物の生産・補給は、土づくりに役立つ
2. 緑肥への養分の蓄積・補給が減肥に役立つとともに、有機物補給による有用生物の活性化も減肥に役立つ
3. 有害生物の制御効果も期待できる

* 下層土の改善や有用生物の活性化、有害生物の制御は、堆肥よりも緑肥の効果が大きいことが多い

主作物の栽培

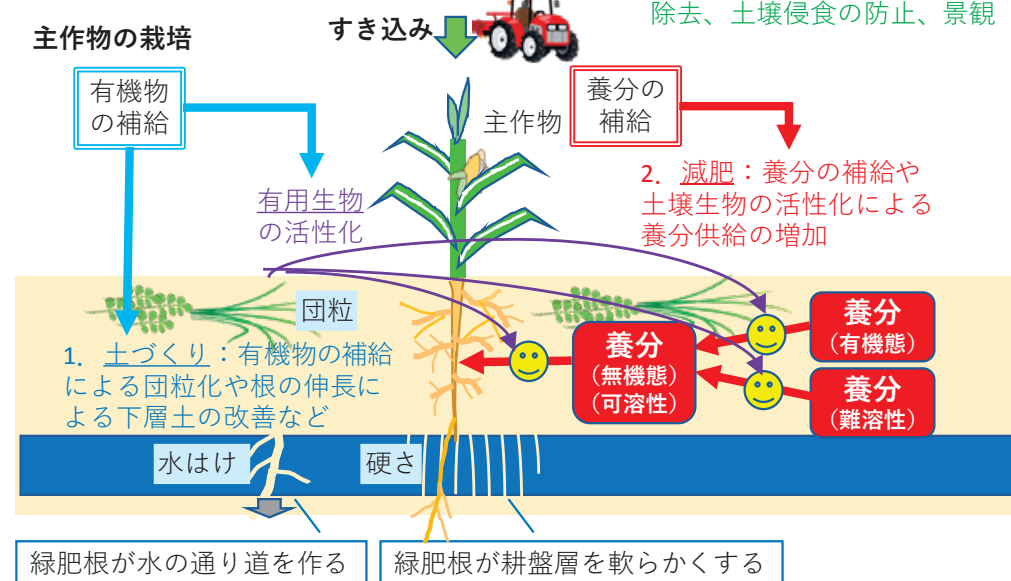
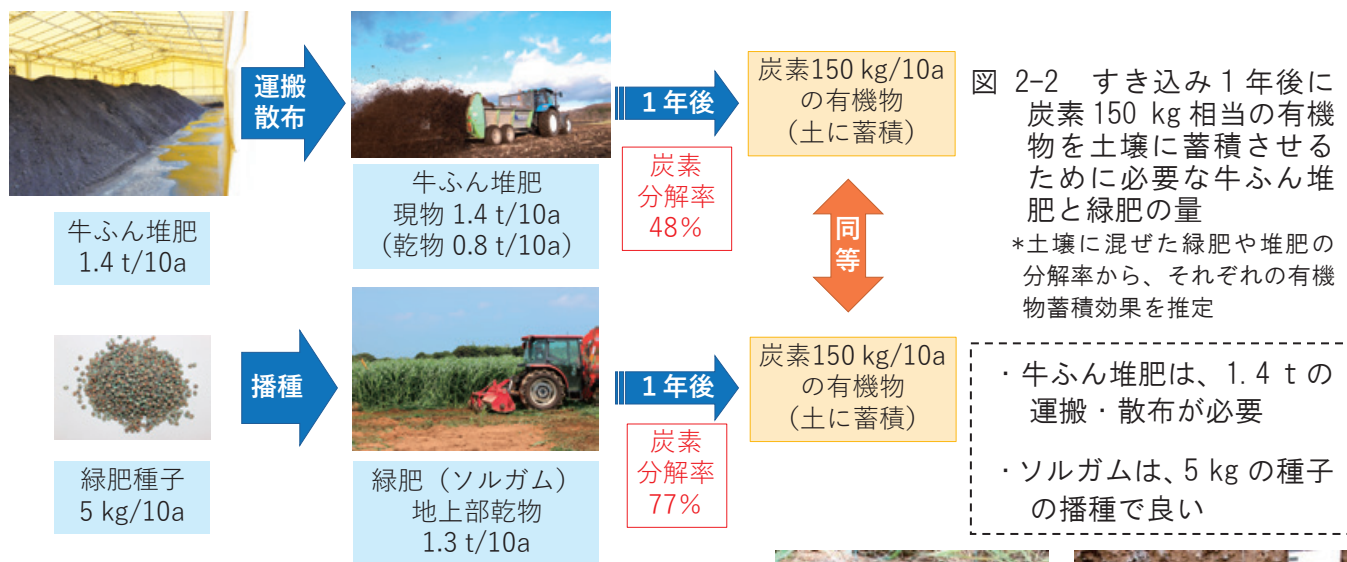


図 2-1 緑肥の様々な効果

2-1 土づくりに役立つ効果

<作土>

緑肥をすき込むことで、作土に多くの有機物が供給されます。緑肥は堆肥よりも分解しやすいですが、1年後に作土に残る有機物の量から考えると、例えば、草丈 220 cm、地上部乾物重 1.3 t/10a のソルガムなら、牛ふん堆肥 1.4 t/10a をすき込んだのと同じ効果が期待できます（図 2-2）。マメ科緑肥などはソルガムより分解しやすいため、土壌への有機物蓄積効果は少ない傾向にあります。また、一般にすき込みが遅くなると分解しにくくなり、肥料効果は小さく、有機物蓄積効果は大きくなります。



<下層土>

緑肥の根は、深さ 100 cm くらいまで伸びることも多いため（写真 2-1）、地上部がすき込まれる作土だけでなく、下層土にも影響を及ぼします。根が伸びる深さまで耕耘することは機械でも難しいので、通常は下層土を耕したり、有機物を下層に入れたりすることはありません。下層にまで伸びる緑肥の根には、機械による耕耘や堆肥施用ではできない深い土層の改良効果が期待できます。



写真 2-1 すき込み時のエンバクの根の分布

*左：0~110 cm、右：40~110 cm 深

2-1-1 団粒構造

緑肥をすき込むと、作土にたくさんの有機物が供給されます。有機物が増えると、団粒が形成され（図 2-3）、作土が軟らかくなったり、作土の保水性や透水性が良好になったりするなど、土壌の物理性が改良されます。

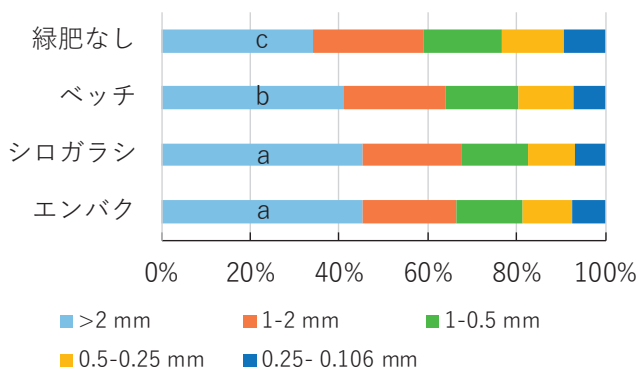


図 2-3 緑肥が土壌の粒径別団粒割合に与える効果

*ベッチはヘアリーベッチ

エンバク、シロガラシなどを連用すると、2 mm 以上の大きな団粒の割合が増加（異なるアルファベット間には有意差あり）

2-1-2 土壌硬度

エンバクなどの緑肥の根は量が多く、深くまで伸びます。エンバクを栽培すると、耕盤と呼ばれる深さ15～30 cmの硬い層の緻密度が低くなっていました（図2-4上）。

次にコマツナを栽培すると、緑肥無作付区では耕盤よりも下層にあまり根が伸びなかったのに対し、耕盤が軟らかくなったエンバク作付後には、コマツナの根が耕盤層を越えて深くまで伸びました（図2-4下）。さらに、多量の有機物供給で軟らかく根が多い表層の土も厚くなり、広範囲から養水分を吸収できるようになったと考えられます。



深さ100 cmの穴を掘り、10 cm×10 cmのメッシュごとに、緻密度（mm、土の硬さ）とコマツナの根の数（本/区画）を調査
縦100 cmは深さ別に10等分し、横50 cmも同じ幅でA～Eの5つに分けて調査

エンバク作付							緑肥無作付						
緻密度		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	
0-10 cm	1	6	5	7	6	7	1	7	8	11	10	9	
10-20 cm	2	10	12	12	15	14	2	21	22	23	22	20	
20-30 cm	3	23	23	26	26	27	3	22	26	27	29	32	
30-40 cm	4	23	25	24	21	21	4	18	24	21	27	24	
40-50 cm	5	23	21	25	23	23	5	20	21	24	21	24	
50-60 cm	6	20	19	22	22	22	6	18	19	20	19	22	
60-70 cm	7	20	21	20	22	18	7	17	17	18	19	20	
70-80 cm	8	18	20	20	19	16	8	19	19	17	20	20	
80-90 cm	9	19	18	15	20	18	9	17	18	18	16	18	
90-100 cm	10	18	16	16	19	17	10	18	17	18	18	18	

コマツナ							根の分布						
		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	
0-10 cm	1	200	200	200	200	200	1	200	200	200	200	200	
10-20 cm	2	200	200	200	200	200	2	40	32	32	37	37	
20-30 cm	3	66	63	53	75	60	3	38	12	31	35	14	
30-40 cm	4	13	22	13	13	16	4	23	7	10	14	1	
40-50 cm	5	20	21	6	5	6	5	8	1	13	10	0	
50-60 cm	6	9	14	36	22	6	6	8	0	4	6	0	
60-70 cm	7	6	6	20	9	8	7	3	0	7	10	0	
70-80 cm	8	0	0	4	8	9	8	3	0	4	8	0	
80-90 cm	9	0	0	0	0	4	9	1	0	2	2	0	
90-100 cm	10	0	0	0	0	1	10	1	0	1	2	0	

図2-4 エンバク作付で耕盤を改良した区と緑肥無作付区で栽培したコマツナほ場の土壌硬度とコマツナ根の分布（収穫時）

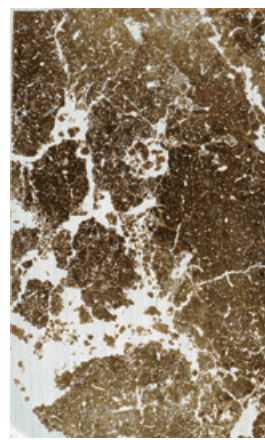
* 赤色が濃いほど土が硬く、緑色が濃いほど根が多い

2-1-3 透水性

緑肥導入により、作土の団粒化が進んだほか、耕起深より深い層の土の構造も変化しました。構造を壊さないよう樹脂で固め、薄く切った土壌の薄片を観察すると、エンバク栽培後では、下層でも白く見える隙間が多く、土壌構造が発達していると考えられました（写真2-2）。

雨が降っても、この隙間を通して余分な水が流れることから、緑肥導入後は、透水性が良くなります（写真2-3）。

エンバク



6.0 cm

緑肥なし

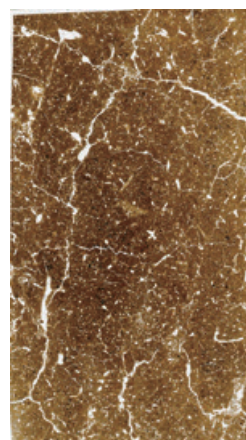


写真2-2

土壌薄片による
緑肥の効果の観察

* エンバク後と緑肥なし後の60-70 cm深の結果

* 白い部分が隙間

2-1-4 保水性

緑肥導入による土壌有機物の増加や土壌構造の発達で、土壌の保水性が高まることも期待できます。また、耕盤層の改良により次の作物の根が深く伸びるため、乾燥害の対策としても有効です。



写真2-3 ヘアリーベッチ作付後（左）と緑肥作付なし後（右）におけるネギほ場の降雨後の様子

前作に緑肥を栽培しなかったほ場でうね間に水がたまっているのに対し、ヘアリーベッチを栽培したほ場では水がしみ込んでいる

2-2 減肥に役立つ効果

<供給される養分の特徴>

緑肥などの有機物をすき込むと、そこに含まれる養分が土壌に供給されます。緑肥中の窒素、リン酸、カリのバランスは、ヘアリーベッチなどマメ科では窒素とカリが高く、ソルガムなどイネ科ではカリが高い傾向にあります。一方、家畜ふん堆肥のうち、豚ふん堆肥や鶏ふん堆肥はリン酸が高く、牛ふん堆肥も有効な窒素に比べてリン酸とカリが高い傾向にあります（図 2-5）。そこで、家畜ふん堆肥を施用するとリン酸やカリが窒素より多く投入されることになります。このアンバランスは化学肥料でも調節できますが、窒素濃度が高いマメ科緑肥を組み合わせることで改善できます。家畜ふん堆肥の施用でリン酸が蓄積したほ場での有機物補給にも有効です。

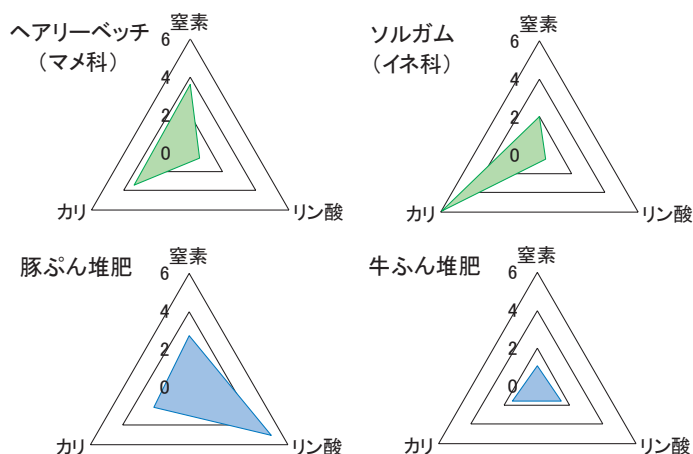


図 2-5 緑肥や家畜ふん堆肥に含まれる窒素、リン酸、カリ濃度（％）の一例

* 家畜ふん堆肥の成分組成は、西尾道德著、堆肥・有機質肥料の基礎知識より。緑肥の成分組成は、本プロジェクトで得られた結果の一例。緑肥の養分濃度は、作物の種類だけではなく、栽培環境、すき込み時期などによって変動する。

* 本図は、全量を示している。牛ふん堆肥などでは、含まれるリン酸、カリに比べて、窒素の有効性が低い。

<養分供給のしくみ>

緑肥に含まれる養分は、マメ科の根粒の窒素固定に由来するものか、土壌から吸収されたものです。窒素固定の場合、田畑の外からの窒素が富化されることとなりますが、それ以外は、元々、土壌に含まれていた養分を吸収しただけのものです。それでも、マメ科以外の緑肥の導入も、次の作物の施肥削減につながられることがあります。こうした緑肥の機能は、土壌中に含まれる養分を地下に流れる前に吸い上げて、作土に供給する働きで説明できる場合があります。また、すき込まれた有機物によって土壌中の微生物が増殖し、その中の有用微生物が次の作物への養分供給を増やすのに役立っていることもあります。

2-2-1 窒素

(1) マメ科による窒素固定

ほとんどの植物は、空気中の窒素ガスを利用できません。しかしながら、マメ科植物は、根に共生する根粒菌の働きで窒素ガスをアンモニアに変換し、養分として利用することができます（写真 2-4）。このようにして緑肥に取り込まれた窒素は、土壌中で分解され、それを窒素源に次の作物を育てることができます。



写真 2-4 ヘアリーベッチの根についた根粒

(2) イネ科などによる溶脱窒素の回収と供給

野菜畑や堆肥を多く施用している畑では、作物収穫時にも土壌に多くの養分が残っています。このうち、特に硝酸態窒素は、雨が降ると地下深くに流れてしまい、次の作物が吸収できなくなってしまう（溶脱）。そこで、野菜などの収穫後に作付けのない期間がある場合、イネ科緑肥などを栽培して溶脱前に硝酸態窒素を吸い上げ、それを作土に戻すことで作物に再供給できます。そのため、緑肥導入は減肥や地下水の硝酸汚染低減にも役立ちます。

2-2-2 カリ

(1) イネ科などによる溶脱カリの回収と供給

イネ科の緑肥などを栽培すると、作土中の交換性カリが高くなることがあります。緑肥を作らなかった区とエンバクを栽培してすき込んだ区で、土壌の交換性カリを深さ別に調べると、エンバク後では、下層のカリが減り、表層のカリが増えていました（図 2-6）。

カリも、雨が降ると下層に流れ、作物が利用できなくなります。そこで、エンバクなどを導入することによって、溶脱する前にカリを吸い上げ、作土に戻すことなどで、作土の交換性カリを高く維持できます。これにより、後作物のカリが減肥できると考えられます。

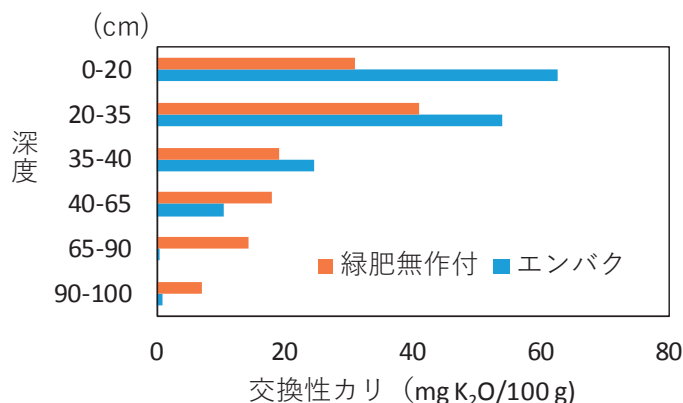


図 2-6 緑肥無作付区とエンバク区における深さ別の交換性カリ（すき込み 4 週間後）

エンバク区では、下層の交換性カリが減り、表層の交換性カリが増加

2-2-3 リン酸

(1) 植物のリン酸吸収メカニズム

作物の中には、難溶性リン酸を溶かしたり、有機態リン酸を無機化したりして、利用しにくい形態のリン酸を吸収するものが知られています。例えば、ルーピンは有機酸や酵素を根から放出することで、難溶性や有機態のリン酸を吸収することができます。一方、ソルガムやエンバクなど、乾物生産能が高い緑肥は、より多くのリン酸を吸収し、すき込むことで、後作物が利用できます（図 2-7）。

(2) 緑肥のリン酸源としての効果

リン酸は溶脱しにくいので、それを吸い上げて作土に戻すことによるリン酸供給の効果はあまり期待できません。しかしながら、リン酸肥沃度が低い畑であっても、緑肥の種類を選べば 10a あたり 4 kg 程度のリン酸をすき込むことができます（図 2-7）。これは、多くの作物の標準的なリン酸施肥量よりは低い水準ですが、多くの作物が吸収するリン酸の量に匹敵するため、減肥に結びつく可能性があります。

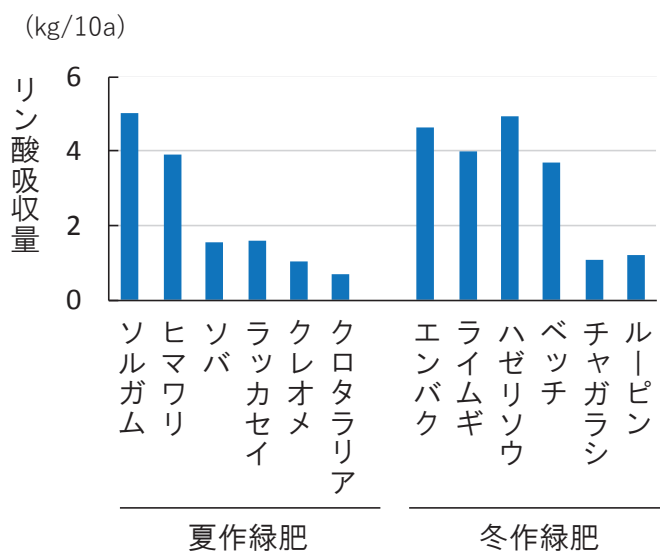


図 2-7 リン酸肥沃度が低い土壌で栽培した各種緑肥のリン酸吸収量

*ベッチはヘアリーベッチ

2-2-4 保肥力

(1) 有機物の供給による陽イオン交換容量（CEC）の増大

陽イオン交換容量（CEC）は、一定量の土が保持できる陽イオンの量で、カルシウム、マグネシウム、カリウム、アンモニウムなどの陽イオン（養分）を保持する能力の指標です。有機物を供給すると、CECが増えることが知られています。緑肥の導入を続けることによって施用した肥料が徐々に畑に保持されやすくなり、結果として肥料の利用率が高まることが考えられます。

2-2-5 有用微生物の働きによる養分供給

緑肥のすき込みにより有機物が供給され、土壌微生物が増殖、活性化します。その結果、以下のような養分供給の促進が期待されます。

(1) 緑肥などからの窒素・リンの無機化

緑肥中の窒素やリンには有機態のものが多く、作物の多くはそれを直接利用できません。通常、すき込み後に土壌微生物により分解され、無機態になってから作物に吸収されます。つまり、緑肥中の養分を作物が利用するには、土壌微生物の働きが欠かせません。

緑肥をすき込むと、有機態リンを無機化するホスファターゼを始めとする様々な土壌酵素の活性が高まります（図 2-8）。これにより、緑肥や土壌に含まれる有機態の養分が分解され、作物に利用されます。

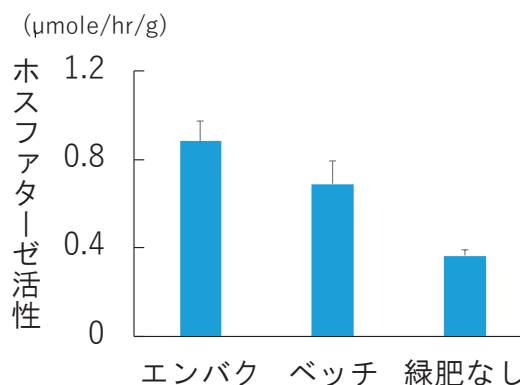


図 2-8 緑肥のすき込みが土壌のホスファターゼ活性に及ぼす影響
*ベッチはヘアリーベッチ

(2) 土壌に固定されたリン酸の可溶化

緑肥のすき込みで増殖する微生物の中に、有機酸を放出し、土壌中の難溶性リン酸を溶解できる微生物（リン溶解菌）がいることが分かりました（写真 2-5）。緑肥のすき込みによりリン溶解菌が増えると、土壌に固定されている難溶性リン酸が溶け、次の作物に利用されやすくなる可能性があります。

(3) バイオマス窒素・リン

緑肥すき込みで土壌微生物が増えると、その体内に窒素・リンが蓄えられます。これらがバイオマス窒素・リンで、養分のプールとして作物の養分吸収に有利に働きます。

バイオマスリンが増えるとキャベツのリン酸吸収も増えたことから、緑肥で増えたバイオマスリンは後作物に吸収されると考えられます（図 2-9）。無機態リン酸は土壌に速やかに固定されるので、バイオマスリンから徐々に放出されるリン酸は効率の良い養分といえます。

窒素についても、硝酸態など速効性で溶脱しやすい窒素が使われた後、バイオマスから徐々に供給される窒素が作物生育を支えてくれます。

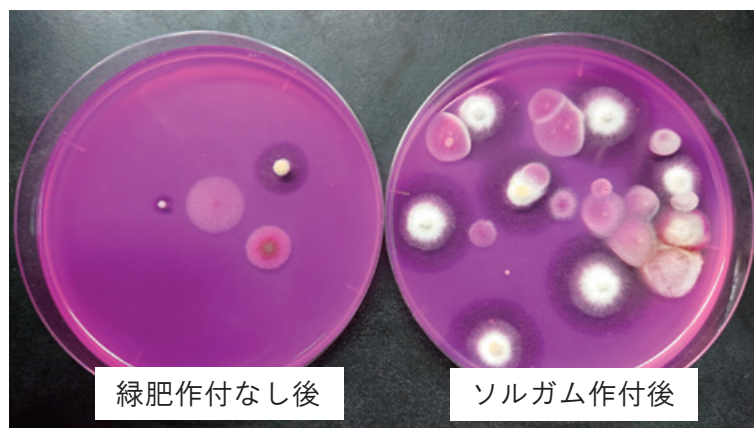


写真 2-5 緑肥のすき込みが土壌のリン溶解系状菌数に及ぼす影響
周りが黒に見えるコロニーは、周囲のリン酸カルシウムの沈殿を溶かしたリン溶解菌であり（周囲の沈殿が透明になり、下の机の黒色が見える）、周りが黒くなっていないものは、リン酸カルシウムを溶解していない系状菌

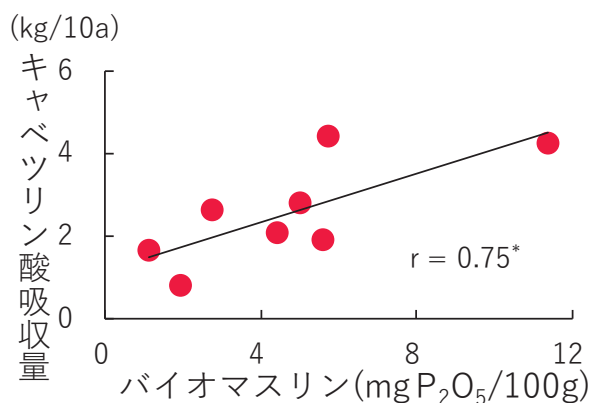


図 2-9 土壌のバイオマスリンとキャベツのリン酸吸収量との関係
*は、バイオマスリンとキャベツのリン酸吸収量の間に有意な相関関係があることを示す

(4) 共生菌（菌根菌）

菌根菌は多くの作物の根に共生し、そのリン酸吸収を助けるカビの仲間です。その生存には共生相手が必要で、宿主を見つけれないと減少します。一部の作物は菌根菌と共生しない（非宿主）ため、畑を裸地にしたり非宿主を栽培したりすると減っていきます。一方、宿主の栽培で増殖し、後作物の感染が増え、リン酸吸収や生育が改善します。アブラナ科を除き、緑肥作物の多くに土着菌根菌を増やす効果があります。

緑肥で増えた(1)～(4)のような微生物の働きが作物の養分獲得を助けています（図 2-10）。

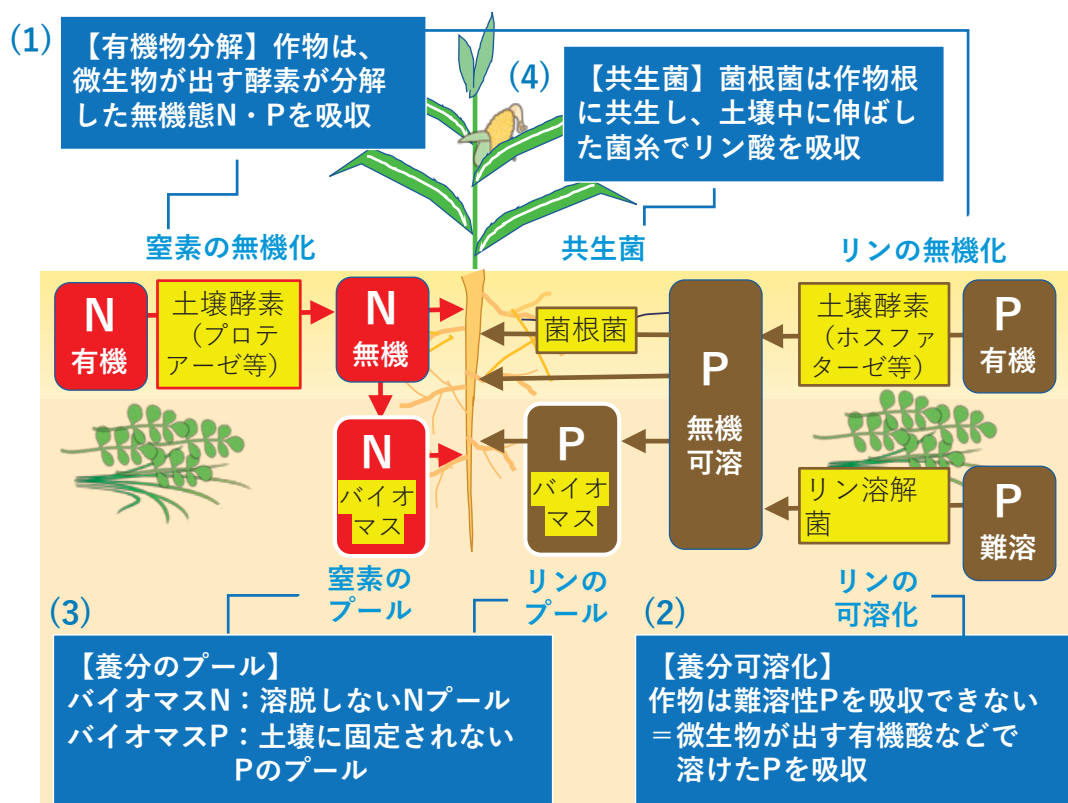


図 2-10 作物の養分吸収に重要な土壌微生物とその働き

2-3 その他の効果

2-3-1 有害生物の抑制

(1) 土壌病害

緑肥導入は輪作作物の種類を増やすため、土壌病害の軽減につながります。また、アブラナ科の緑肥などの中には、土壌にすき込むことで抗菌成分が発生し、土壌病害を抑制するものも知られています。

(2) 有害線虫

緑肥の中には有害線虫を抑制するものも知られています。そのメカニズムは様々で、殺線虫物質を作るもの（マリーゴールドなど）、根に線虫を侵入させ、そこで生育を止めるもの（エンバクなど）およびシスト線虫を孵化させるものの、栄養源とはならず、餓死させるもの（アカクロバなど）などがあります。

(3) 雑草

生育が比較的早い緑肥を栽培し、その茎葉で地面を覆って光を遮ることで、雑草種子の発芽や雑草の生育が抑制されます。愛知県の事例では、ソルガム導入区の雑草発生量は裸地区のわずか 0.4%でした。緑肥を刈り倒して、すぐにすき込まずに表面に敷いておくことにより、雑草の発生を抑える管理をしている人もいます。

2-3-2 クリーニングクロップ

(1) ハウスの土壌の塩類除去

長年使ったハウスでは、作物が吸い残した肥料成分が塩類として土壌に蓄積して EC（電気伝導度）や塩基飽和度が高くなりすぎるなど、問題となっていることがあります。このようなハウスにソルガムなどを栽培して過剰な塩類を吸収させ、生育した緑肥をハウスの外に搬出することで土壌に集積した塩類を持ち出すことができます。このような緑肥はクリーニングクロップと呼ばれています。

2-3-3 土壌侵食の防止

(1) 風食の防止

土壌を裸地で管理していると土壌が乾燥し、風が強い時期には、肥沃にしてきた表土が、風で飛散してしまいます。緑肥を栽培することで、作物の栽培にとって大切な作土を守るとともに、住宅地などへの土ぼこりの害を防ぐことができます。

(2) 水食の防止

降雨による土壌流亡によっても、表土が流亡します。また、田畑から流れ出た土壌は海を濁らせるなどの被害をもたらします。梅雨など雨が多い時期に緑肥を栽培しておくことで、土壌侵食を防ぐことができます。

2-3-4 景観の美化

(1) 景観緑肥

きれいな花をつける景観緑肥は各地で栽培され、農村の景観を美化したり、観光客を集めたりするのに、役立っています。

第3章 緑肥の使い方

緑肥の導入にあたってポイントとなる、緑肥の種類と選び方、緑肥の栽培・すき込みの方法、腐熟期間、主作物の減肥栽培について、概略を示します。栽培する緑肥が絞り込めたら、第4章以降のそれぞれの緑肥ごとの項目をご覧ください。

3-1 緑肥の種類と選び方

3-1-1 緑肥の種類

本書で扱う緑肥は、イネ科のソルガム、エンバク、ライムギ、マメ科のヘアリーベッチ、クロタリリアです。このうち、ソルガム、クロタリリアは、暑い時期に栽培する緑肥で、エンバク、ライムギ、ヘアリーベッチは、秋まきして越冬させたり、春の早い時期に播種して初夏までにすき込んだりする緑肥です。この5種類の作物以外にも、以下の表に示した作物が緑肥として使われます（表3-1）。

表 3-1 緑肥として利用されている主な作物の種類

科名	作物名
イネ科（寒） （暖）	エンバク、ライムギ、ライコムギ、コムギ、イタリアンライグラス ソルガム、スーダングラス、トウモロコシ、ギニアグラス、ヒエ
マメ科（寒） （暖）	ヘアリーベッチ、レンゲ、クリムソンクローバ、アカクローバ クロタリリア、セスバニア、エビスグサ
キク科	ヒマワリ、マリーゴールド
アブラナ科	シロガラシ、ナタネ、カラシナ（チャガラシ）
ハゼリソウ科	ハゼリソウ

（寒）越冬させたり、涼しい時期に栽培したりする作物

（暖）温暖な環境を好み、耐寒性の強くない暖地型牧草など暖かい時期に栽培する作物



クリムソンクローバ



シロガラシ



ヒマワリ



ハゼリソウ

本書で扱う緑肥の代表的な栽培適期を表に示しました（表 3-2）。地域や緑肥の種類によって、播種適期が異なるほか、品種によっても早生・晩生などの特徴が異なり、播種時期などが異なる場合があります。詳しくは、第 4 章以降の各緑肥作物の項目や種苗会社のカatalogなどでご確認下さい。

表 3-2 緑肥の種類と地域ごとの代表的な栽培適期（寒・高冷地、一般地、暖地）

寒・高冷地	1月			2月			3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下			
ソルガム															○								×	×												
エンバク																																				
エンバク																																				
ライムギ																																				
ベッチ（秋まき）																																				
ベッチ（春まき）																																				
クロタラリア																																				

一般地	1月			2月			3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下			
ソルガム															○								×	×												
エンバク																																				
エンバク																																				
ライムギ																																				
ベッチ（秋まき）																																				
ベッチ（春まき）																																				
クロタラリア																																				

暖地	1月			2月			3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下			
ソルガム															○								×	×												
エンバク																																				
エンバク																																				
ライムギ																																				
ベッチ（秋まき）																																				
ベッチ（春まき）																																				
クロタラリア																																				

○：緑肥播種、—：緑肥栽培、■：緑肥すき込み、×：腐熟期間、ベッチ：ヘアリーベッチ
 寒・高冷地は北海道、東北や長野、群馬などの標高の高い地域。種苗会社によっては寒地、高冷地、冷涼地、寒高冷地などと記載。
 一般地は寒・高冷地と暖地の間の地域。種苗会社によっては中間地、温暖地などと記載。
 暖地は南関東以南の海に近い地域。種苗会社によっては西南暖地などと記載。
 なお、区分の基準は、種苗会社ごと、完全には一致していない。

3-1-2 緑肥の選び方

主作物の栽培時期を考えて、緑肥の播種とすき込みの時期を決めます。その時期に栽培できる緑肥作物の中から、期待する効果が大きいものを選びます（表 3-3）。期待できる効果は、品種による違いがあるほか、すき込み時期などによって異なる場合があります。緑肥の選定にあたっては、第 4 章以降の緑肥作物ごとの減肥栽培技術、導入事例と経営評価なども参考にして下さい。

表 3-3 緑肥に期待される主な効果と効果があるとされる緑肥作物の種類

緑 肥 の 種 類		土づくり (物理性)			減肥		減肥 (有用微生物による)			有害生物の制御		
科 名	作物名	有機物の供給	土壌硬度改善	透水性の改善	窒素の供給	カリの供給	リン代 謝関連 微生物 *3	菌根菌 (リン 吸収促進)	根粒菌 (窒素 固定)	土壌 病害 抑制 *4	有害 線虫 抑制 *5	雑草 の 抑制
イネ科 (寒)	エンバク	◎	○		○	◎	○	○		○	○	○
	ライムギ	○	○		○	◎	○	○			○	○
イネ科 (暖)	ソルガム	◎	○	○	○*2	◎	○	○			○	○
	ギニアグラス	◎	○		○*2	◎		○			○	
マメ科 (寒)	ヘアリーベッチ			○	◎	○	○	○	○			○
	クリムソクローバ			○	◎	○		○	○		○	
マメ科 (暖)	クロタラリア	◎	—*1	○	◎	○	○	○	○		○	—*1
	ヒマワリ	◎	○	○	○*2	◎	○	○				
キク科	マリーゴールド	○	○		○	○		○			○	
	シロガラシ	○	○		◎	○						
アブラナ科	カラシナ (チャガラシ)	○	○		◎	○	○			○		

◎：非常に効果がある、○：効果がある。

本プロジェクトの結果、北海道緑肥作物等栽培指針（改訂版）、種苗メーカーカタログなどから作成。品種の細かい特性などは、第4章以降や種苗会社のカタログを参照のこと。

*1 試験未実施のため不明。*2 すき込みが遅れると窒素供給効果が小さく、窒素飢餓が起きることもある。*3 ホスファターゼ活性、リン溶解菌、バイオマスリンのいずれかに効果があるものに○、無印は、試験未実施のため効果は不明。*4 カタログ情報などに基づく。*5 効果のある線虫の種類は緑肥の種類によって異なる。

「本マニュアルの構成・使い方 (P2~4)」には、本書に掲載する緑肥と主作物の栽培時期と組み合わせの事例を掲載しています。表 3-4 には、それ以外のものも含め、導入が確認されている緑肥を主作物ごとに記載しました。ごく一部の組み合わせですが、主作物の種類から緑肥を選ぶ時の参考にしてください。

表 3-4 主作物ごとに導入事例のある緑肥の種類と地域

主作物	緑肥作物 (導入事例のある地域の例)
キャベツ	ソルガム (千葉県、愛知県)、ライムギ (神奈川県)、ヘアリーベッチ (秋田県、神奈川県、鹿児島県)、クロタラリア (愛知県)
ダイコン	エンバク (北海道、鹿児島県)、ライムギ (鹿児島県)
ハクサイ	ライムギ (長野県)、クロタラリア (山梨県)
ブロッコリー	ソルガム (愛知県)、クロタラリア (長崎県)
レタス	ソルガム (長野県、兵庫県、鹿児島県)、エンバク (栃木県)、ライムギ (長野県)
ネギ	ソルガム (宮城県)、ヘアリーベッチ (秋田県)
スイートコーン	ヘアリーベッチ (千葉県、山梨県)
キュウリ	ソルガム (北海道、宮城県、鹿児島県)、エンバク (鹿児島県)、クロタラリア (宮城県)
オクラ	ヘアリーベッチ (鹿児島県)
タマネギ	ヘアリーベッチ (北海道)
ニンジン	ソルガム (宮城県)、エンバク (北海道、千葉県)
サツマイモ	エンバク (鹿児島県)、ライムギ (鹿児島県)、クロタラリア (千葉県、茨城県)
パレイショ	エンバク (北海道、宮城県、鹿児島県)
ラッキョウ	クロタラリア (鹿児島県)
豆類	エンバク (北海道)、ヘアリーベッチ (北海道、秋田県、宮城県、千葉県、兵庫県)
水稲	ヘアリーベッチ (兵庫県、鹿児島県など)
麦類	クロタラリア (富山県など)、混播 (北海道など)

他にカラシナ (チャガラシ) (主作物 テンサイ、パレイショ、サツマイモ)、クリムソクローバ (豆類)、セスバニア (ネギ)、スーダングラス (キャベツ、ダイコン)、ヒマワリ (イチゴ)、ギニアグラス (ニンジン、ダイコン) などの導入がみられます

3-2 緑肥の栽培・すき込みの方法

3-2-1 播種

各種播種機を使えば条播もできますが、手播きや散粒機、ブロードキャスターなどを使った散播で播種することも可能です（写真 3-1）。散播した場合には、発芽や初期生育の安定化のため、覆土鎮圧を行います。覆土の厚さは、種子の大きさによって異なります。一般に、覆土の厚さは、種子の 3～5 倍と言われており、レーキなどで行うか、ロータリーを浅くかけます。覆土後、ローラーで鎮圧することにより、さらに発芽や定着が安定します（写真 3-1）。



散粒機による播種



ブロードキャスターで播種



ロータリーによる覆土



ケンブリッジローラーで鎮圧

写真 3-1 緑肥の播種方法

3-2-2 施肥

前作物が吸収し残した養分が作土にある場合や、養分を多く含む前作物の収穫残さが多くすき込まれている場合などは、無施肥で栽培できます。また、マメ科緑肥は、播種時に残存する吸い残しや残さに含まれる養分が少なくても無施肥で栽培できます。裸地管理を続けるなどして土壌中に養分がない場合、マメ科以外の緑肥には施肥が必要な場合があります。

3-2-3 すき込み時期

作物を大きくすれば、より多くの有機物をすき込むことができます。しかし、生育が進むと窒素に対する炭素の比率（C/N 比）が高くなり（図 3-1）、イネ科は出穂始期、マメ科は開花始期を過ぎると、分解に時間がかかるようになるとともに、次作での肥料効果が小さくなり、場合によっては、窒素の取り込みによる窒素飢餓が起こることがあります。また、緑肥が大きくなりすぎると、用いる機械によってはすき込みが難しくなり好ましくありません。一般的に、イネ科は出穂始期まで、マメ科なども開花始期にはすき込むようにします。第 4 章以降に、緑肥作物ごとのすき込み適期と生育ステージごとの効果を掲載しているので参考にしてください。

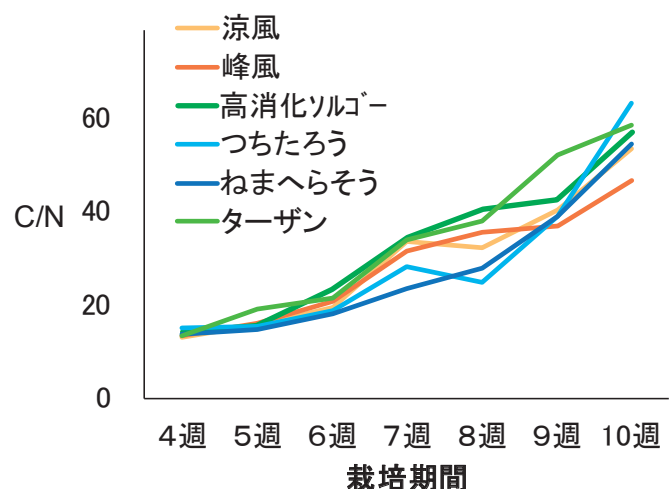


図 3-1 各種ソルガム品種の生育ステージごとの C/N 比

3-2-4 すき込み方法

ロータリーを使ったすき込みが一般的ですが、プラウを利用した反転すき込みもできます。ソルガムのように草丈が高い場合などは、フレールモアなどで細断した後ですき込むと、作業効率が良くなります（表 3-5、写真 3-2）。また、緑肥の分解を促すために、すき込み後 2 回ほどロータリーがけを行うことできれいな播種床を作ることができます。

すき込む量を減らすため、フレールモアで刈り取り、細断した緑肥を土壌の表面に放置して、乾燥させてからすき込むことも行われています。雑草の発生抑制にも役に立つことがあります。

表 3-5 緑肥の種類、草丈・生育ステージごとのすき込みに利用できる機械

	ソルガム				エンバク		ライムギ			ヘアリーベッチ		クロタラリア（細葉）		クロタラリア（丸葉）	
	50cm	1m	2m	3m	出穂前	出穂期	30cm	出穂前	出穂期	開花前	開花期	開花前	開花期	開花前	開花期
モア*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ロータリー	○	○	×	×	○	×	○	○	×	○	△	×	×	×	×
プラウ	○	○	×	×	○	△	○	○	×	○	○	×	×	×	×

*フレールモア、ハンマーナイフモア、ストローチョッパーなど、細断する機械



フレールモアによる細断



ハンマーナイフモアでの細断



すぐにすき込まずに
放置されたソルガム
（作業性向上や抑草
のため）



ロータリーによるすき込み



プラウによるすき込み

写真 3-2 緑肥の様々なすき込み方法

3-3 腐熟期間

3-3-1 肥料効果が得られる時期

緑肥は、すき込むまでは微生物による分解の作用を受けていない新鮮有機物です。このような有機物には、分解されやすい有機物が多く含まれるため、すき込むと直ちに急激な分解が始まります。特に、マメ科などのC/N比（炭素率）の小さい緑肥からは、すき込み直後からアンモニア態あるいは硝酸態の窒素などの養分が供給されます。このような養分は雨などで溶脱しやすいため、効率的に次の作物に吸収させるには、すき込み後、早い時期に次の作物の栽培を始めることが有効です（図3-2）。

しかし、3-3-2に示すように、すき込んですぐに次の作物を栽培すると、植え傷みが起こることがあります。その場合は、障害が起こらなくなるまで腐熟期間をとる必要があります。一方で、次の作物の種類によっては、栽培適期まで時間があり、すぐに作付けられない場合もあります。次の作物は、植え傷みが起こらない範囲で、なるべく早く栽培を始めた方が養分の利用率は高くなりますが、マルチなどを全面に張れば養分の溶脱が抑えられるため、次の作物までの期間が長くなっても養分の利用率は低下しないと考えられます。

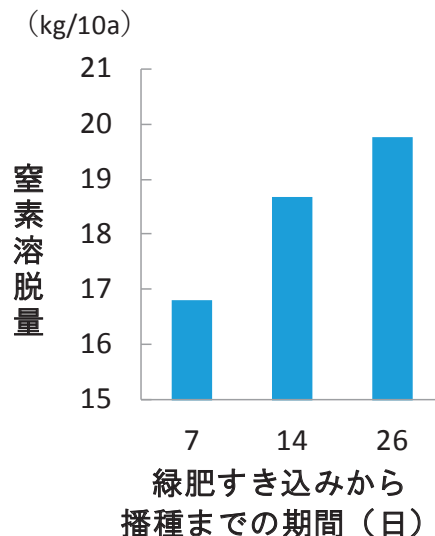


図 3-2 ヘアリーベッチのすき込みから主作物の播種までの期間が窒素の溶脱量に及ぼす影響

* 窒素溶脱量は、作物に吸収されず、地下に流亡した窒素の量

3-3-2 植え傷みが起きる期間

腐熟期間が短すぎると、緑肥の分解過程で急激に増殖したピシウム菌などの微生物や緑肥の分解過程で出てきたフェノール物質などの生育阻害物質が、作物の発芽や生育に障害を起こすことなどにより、植え傷みが起きる可能性があります。

最適な腐熟期間は、すき込む緑肥の種類や次の作物の種類などによって異なり、また、すき込み時の温度条件（季節など）によっても異なります。ヘアリーベッチすき込み後のスイートコーンで発芽障害を調べた結果、ヘアリーベッチをすき込んですぐにスイートコーンを播種すると発芽率が非常に低いことが分かりました。ただ、すき込んだ後、温度が高ければ、1週間後には、発芽率は緑肥を入れない場合と同等に回復します。一方で、すき込み後の温度が低ければ、発芽率が回復するまで、3週間程度かかります（図3-3）。第4章以降の各緑肥作物の導入のポイントなどを参考に、後作物の作付開始時期を決めて下さい。

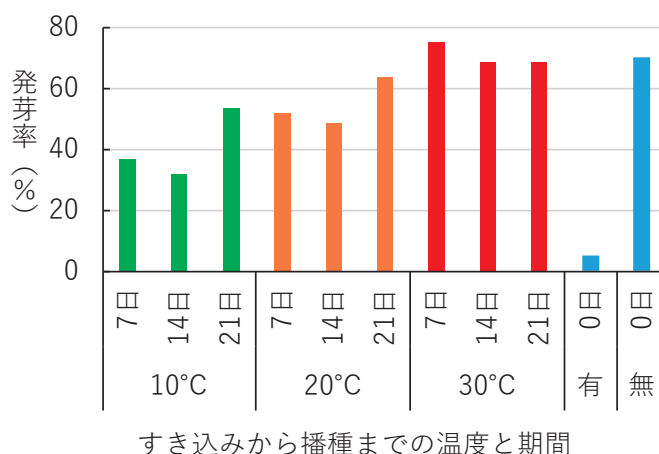


図 3-3 ヘアリーベッチすき込み後の温度と日数がスイートコーンの発芽率に及ぼす影響

* 有0日は、ヘアリーベッチをすき込んですぐに播種、無0日は、緑肥をすき込まずに播種。それ以外は、ヘアリーベッチをすき込んで培養した温度と日数を示す。

3-4 主作物の減肥栽培

緑肥などからの供給が期待される養分を差し引いた量を施肥して、主作物を栽培できます。減肥できる養分の種類や量は、緑肥作物の種類のほか、すき込み時の緑肥の生育ステージやすき込みから植え付けまでの期間、緑肥播種時に土壌に残っていた養分の量などによって異なります。第4章以降では、緑肥の種類ごとに、減肥可能量をどのように把握するかなどについて記載していますので、そちらを参考に、施肥量を減らして、主作物を栽培して下さい。なお、緑肥の種類やすき込み時期などによって、減肥できる養分の量などが異なる主な理由は以下のとおりです。

緑肥に含まれる窒素やリン酸などの養分の多くは有機態で存在するため、緑肥の次の主作物は、それらを直接吸収することができません。作物は、無機化した養分を主に吸収することから、分解しやすい緑肥ほど養分供給の効果が期待できます。一般に、イネ科などよりマメ科の方が分解しやすいため、マメ科緑肥はイネ科緑肥よりも減肥に役立ちやすい傾向にあります。また、緑肥は生育が進むにつれて分解しにくくなることから、一般に、早くすき込んだ方が減肥に役立ちやすいと考えられます（図3-4）。

一方で、1年後に土壌に残存する有機物の量を換算し、その分の堆肥を減らして栽培することも可能です。養分の供給とは逆に、分解しにくい緑肥ほど有機物の蓄積効果が大きいことから、一般にマメ科よりもイネ科の緑肥で、また、すき込み時期が遅くなるほど、有機物蓄積効果が大きく、堆肥代替効果が高いと言えます（図3-4）。

緑肥の分解性は、粗飼料の評価に用いられる酸性デタージェント分析でも推定でき、酸性デタージェントリグニンが多い緑肥は土づくり効果が、酸性デタージェント可溶有機物が多い緑肥は窒素肥効が大きいと考えられます。

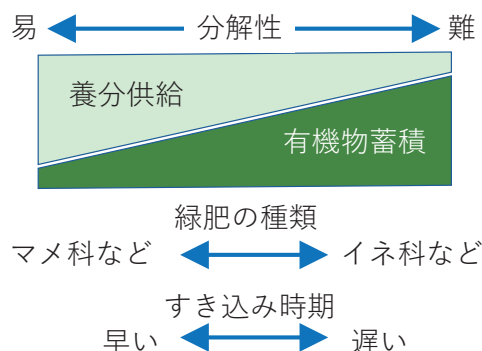


図3-4 緑肥の分解しやすさと効果の関係

3-5 利用上の注意点

緑肥の導入にあたっては、その効果が十分に発揮できるように、以下の点に注意します。

- ねらいとする導入効果をもつ緑肥を選びます。
- 主作物の栽培時期にあった緑肥を選びます。
- 次の主作物の病害虫を増やさない緑肥、周辺の作物の害虫を増やさない緑肥を選定します。
- 適期に適切な量の緑肥種子を播種し、発芽や生育の安定のため、覆土します。
- 土壌養分が不足している場合は、緑肥に対して施肥を行う必要があります。
- 緑肥にも連作障害が発生することがあるため、必要に応じて、緑肥の種類を変えます。
- すき込み時期は緑肥の効果に大きく影響するため、期待する効果が得られる時期にすき込みます。
- すき込み時期が遅れると、すき込み後、窒素の取り込みによる窒素飢餓が起きる可能性があります。
- すき込み時期は、すき込みの作業性も左右するので、使用機械に応じた適期にすき込みます。
- 結実させると野良生えが発生する緑肥の場合、結実する前にすき込みます。
- すき込んですぐに主作物を播種・定植すると、粗大有機物の影響で作業性が悪くなります。
- すき込み後の腐熟期間が足りないと、主作物の発芽や初期生育が障害を受けることがあります。
- すき込み後、主作物の作付けが遅くなると、腐熟期間中に緑肥から有効化した養分が溶脱し、肥料効果が小さくなります。

第4章 ソルガム

4-1 ソルガムの特徴

4-1-1 作物としての特徴

ソルガムは耐暑性が高く、高温を好む作物です。そのため、春～夏まきに適します。秋まきからの冬越えはできません。生育が早く、他の緑肥に比べて、有機物の生産量が多いのが特徴です。



写真 4-1 草丈約 200 cm のソルガム

4-1-2 緑肥としての特徴

ソルガムの C/N 比は 15～50 程度で、生育期間が長いほど高くなります。マメ科緑肥に比べると分解が遅く、窒素の無機化も緩やかです。窒素吸収量は 10～30 kg/10a と多く、窒素肥効も期待できます。草丈 250 cm 程度で根が約 95 cm まで張り、土壌の深さ 80 cm から窒素を吸収できるため、前作で残存した窒素を吸収して、次作に活かす効果があります。また、土壌物理性の改善効果も期待できます。

4-2 品種と栽培方法

品種	メーカー	播種時期			播種量 (kg/10a)	品種の特徴
		寒・高冷地	一般地	暖地		
つちたろう（ジャンボ）	雪印種苗(株)	5月下旬～ 7月下旬	5月中旬～ 8月中旬	5月上旬～ 9月上旬	5	初期生育が旺盛で、有機物生産量が極めて多く、50～60日で5～6t/10aのすき込みができる。出穂が極めて遅い。サツマイモネコブセンチュウに高い抑制効果を持つ。
グリーンソルゴー （スーパーダン）	雪印種苗(株)	5月下旬～ 7月下旬	5月中旬～ 8月上旬	5月上旬～ 8月下旬	4～5	有機物生産量が極めて多く、40～50日で3～5t/10aのすき込みができ、短期緑肥として露地野菜の前後作に適する。
やわらか矮性ソルゴー	タキイ種苗(株)	5月～7月	5月～8月	5月～8月	1～2	晩生。草丈が1.2～1.5mと低く、すき込みやすい。茎葉が柔らかく、すき込み後は分解されやすい。
ラッキーソルゴーNeo	タキイ種苗(株)	5月～7月	5月～8月	5月～8月	4～6	早生。出穂期の草丈は2.0～2.8m。適期まきの場合、播種後約60日に出穂する。サツマイモネコブセンチュウやキタネコブセンチュウの密度を抑制する。
元気ソルゴー	カネコ種苗(株)	5月～7月	5月～8月	4月～8月	4～5	早生品種で、短期輪作に適する。分げつが多く、細茎ですき込みやすい。
スタックス緑肥用	カネコ種苗(株)	5月～7月	5月～8月	4月～8月	4～5	耐暑性に強く、初期生育が旺盛。播種後約2ヶ月で草丈2mに達する。50～60日で5～6t/10aと多量の有機物を圃場に還元できる。サツマイモネコブセンチュウの密度を抑制する。

品種選定： 上表の特徴を参考にします。

播種時期： 寒・高冷地 5月下旬～7月下旬

一般地 5月中旬～8月中旬

暖地 5月上旬～9月上旬

播種量： 5 kg/10a 程度。5 kg 以上播種しても、10a あたりの新鮮重（すき込み量）は増加しません（図 4-1）。

播種法： 散播または条播（条間 60 cm）。

散播後は、ロータリーによる浅耕（数 cm）で軽く覆土します。

施肥： 野菜跡地では、原則として無肥料とし、肥料分の少ないほ場では窒素 5 kg/10a 程度の施肥をします。

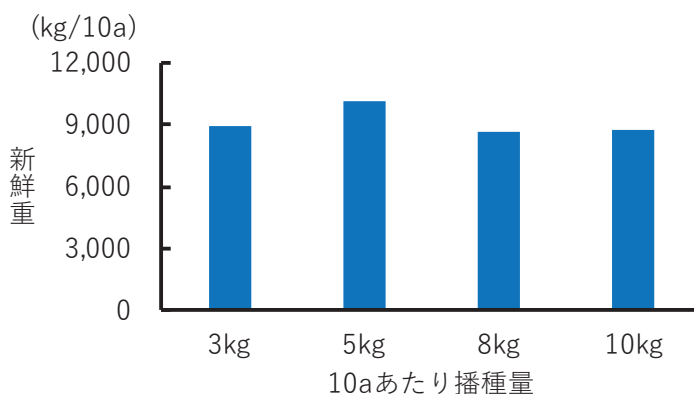


図 4-1 異なる播種量によるソルガムのすき込み量（新鮮重）の違い

4-3 ソルガムの生育

ソルガムは生育が早く、播種後 70 日を超えると草丈は 200 cm を超えます(写真 4-2～4-4)。すき込み時には多くの乾物重が得られます。ソルガムの根は作土層に多く分布しますが、根の下端は耕盤層を越えて、深さ約 90 cm までにも達します(写真 4-5、4-6)。



写真 4-2 播種 19 日後 (5 葉期)
「つちたろう (ジャンボ) (雪印種苗)」



写真 4-3 播種 50 日後 (草丈約 130 cm)
「つちたろう (ジャンボ) (雪印種苗)」



写真 4-4 播種 71 日後 (草丈約 240 cm)
「つちたろう (ジャンボ) (雪印種苗)」



写真 4-5 ソルガム栽培後の根域
「元気ソルゴー (カネコ種苗)」



根の下端

写真 4-6 ソルガム栽培後の
土壌断面
「つちたろう (ジャンボ) (雪印種苗)」

4-4 すき込み

すき込み時期：播種 50～60 日後、草丈約 200 cm、栄養生長期
窒素の肥効を期待する場合は、播種約 40 日後、草丈約 150 cm、栄養生長期

ソルガムは生育が進むほど C/N 比が高くなり、分解しにくく、窒素肥効が期待しにくくなります(第 3 章、図 3-1)。ソルガムの草丈と C/N 比は、播種 6 週間後に約 150 cm で 20 程度ですが、7 週間後には約 180 cm で 30 程度となります。また、C/N 比が 20 以上のソルガムは分解しにくく、すき込まれたソルガムの分解が十分でないと、すき込みから定植までの期間が 5 週間でも後作のキャベツなどに植え傷みが生じることがあります。

すき込み方法：ソルガムは草丈が高いため、フレールモアなどで細断後のすき込みがおすすめです(写真 4-7)。草丈約 150 cm 以下では、細断せずにロータリーですき込みが可能です(写真 4-8)。また、緑肥の分解を促すためにすき込み後、2 回ほどロータリーがけを行います。



写真 4-7 フレールモアによる細断
「つちたろう (ジャンボ) (雪印種苗)」



写真 4-8 細断なしのすき込み(ロータリー
30 馬力)「元気ソルゴー (カネコ種苗)」

4-5 主作物の減肥栽培

ソルガムの生育によって、主作物の減肥可能な成分は異なります。C/N 比は草丈と関係があるため、すき込むソルガムの草丈を選ぶことで減肥可能な成分を選択することができます。

また、草丈 200cm 程度のソルガムのすき込みによって、キャベツのリン酸吸収量が増加し、リン酸減肥が可能となります。リン酸減肥の詳細は導入事例 4-8-1 をご覧ください。

4-5-1 草丈約 150 cm のソルガムによる窒素減肥(導入事例 4-8-2)

草丈 150 cm 前後のソルガムは C/N 比が約 15~20 です。この大きさでほ場にすき込むと、窒素の無機化が進み、土壌の窒素肥沃度(施肥量)でも異なりますが、すき込み 1 ヶ月後までに 40% 程度無機化します(図 4-2)。

腐熟期間: すき込み後の腐熟期間は 3~4 週間。

定植時期: すき込み後、3~4 週間でレタスを定植。

施肥削減: 草丈 150 cm 前後、C/N 比 20 ですき込むことにより、後作レタスの窒素施肥量を 4.5 kg/10a (施肥基準量 9 kg/10a の 50% 程度) 削減可能(導入事例 4-8-2、2018 年、長野県野菜花き試験場ほ場試験での事例、可給態窒素 2 mg/100g の場合)。ただし、すき込み時期が遅くなると、窒素発現量が減少するので注意。

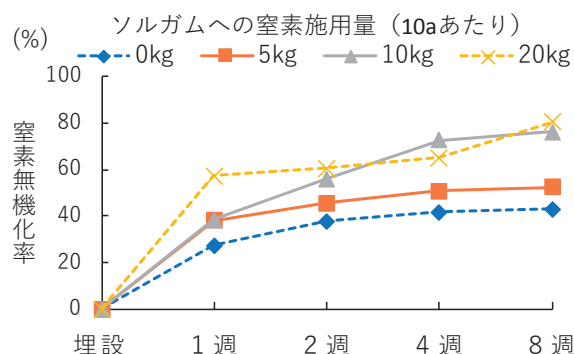


図 4-2 窒素施肥量が異なるソルガムのすき込み後の窒素の無機化率(埋設日: 2018 年 7 月 18 日)

施肥量ごとの C/N 比は、0 kg が 34.4、5 kg が 24.6、10 kg が 21.7、20 kg が 17.0

4-5-2 草丈 200 cm 超のソルガムによるカリ減肥(導入事例 4-8-3)

草丈 200 cm 以上のソルガムは C/N 比が約 30~40 となります。この大きさでほ場にすき込むと、窒素の取り込みが起こります。たとえば、草丈 243 cm、C/N 比 28 のソルガムの場合は、緑肥を土壌と混ぜて一定の温度・水分条件で微生物に分解させる培養を行うと、窒素の取り込みが起こり、30℃でも培養 12 週間後まで硝酸態窒素が出てこないことから、後作物には窒素肥効が期待できないことが分かります(図 4-3)。

一方、ソルガムはカリを多く吸収し、草高 150 cm 以上では 22 kg/10a 以上を吸収します(図 4-4)。すき込みによって、土壌中の交換性カリ含量も増加します。

そのため、主作物のカリ減肥が可能です。

腐熟期間: すき込み後の腐熟期間は 3~4 週間。

定植時期: すき込み後、3~4 週間でキャベツを定植。

施肥削減: 草丈 200 cm 程度、C/N 比 42 ですき込むと、後作キャベツのカリ施肥量を 22 kg/10a (施肥基準量 30 kg/10a の 77% 程度) 削減することが可能です(導入事例 4-8-3、2018 年、愛知県農業総合試験場ほ場試験での事例、交換性カリ 64 mg/100g の場合)。ただし、窒素施肥の削減効果は期待できません。

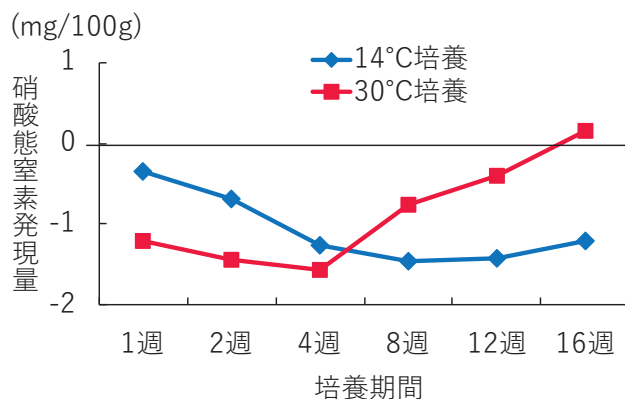


図 4-3 草丈 243 cm のソルガムの培養温度別の硝酸態窒素発現量の推移

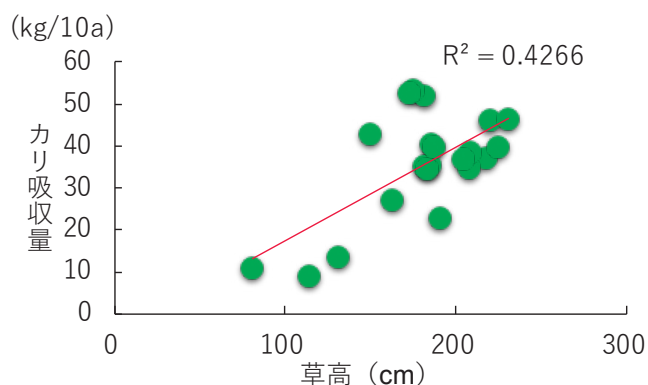


図 4-4 ソルガムの草高とカリ吸収量との関係

4-6 養分供給以外の効果

有機物供給

ソルガムはマメ科緑肥に比べて炭素貯留効果が高く、草丈約 220 cm、C/N 比 36 のソルガムは、牛ふんもみ殻堆肥（水分率 42% の場合）1.4t と同等の炭素貯留効果があります（第 2 章、図 2-2）。土壌中の炭素が増加することで、作土層の粗孔隙が増加し、通気性が改善されます。

土壌の物理性

ソルガムは、草丈 131 cm でも深さ 57 cm まで根が張り、土壌の物理性改善が期待できます。土壌硬度を低下させる効果があり、後作レタスの根が下層まで張るようになります（図 4-5）。

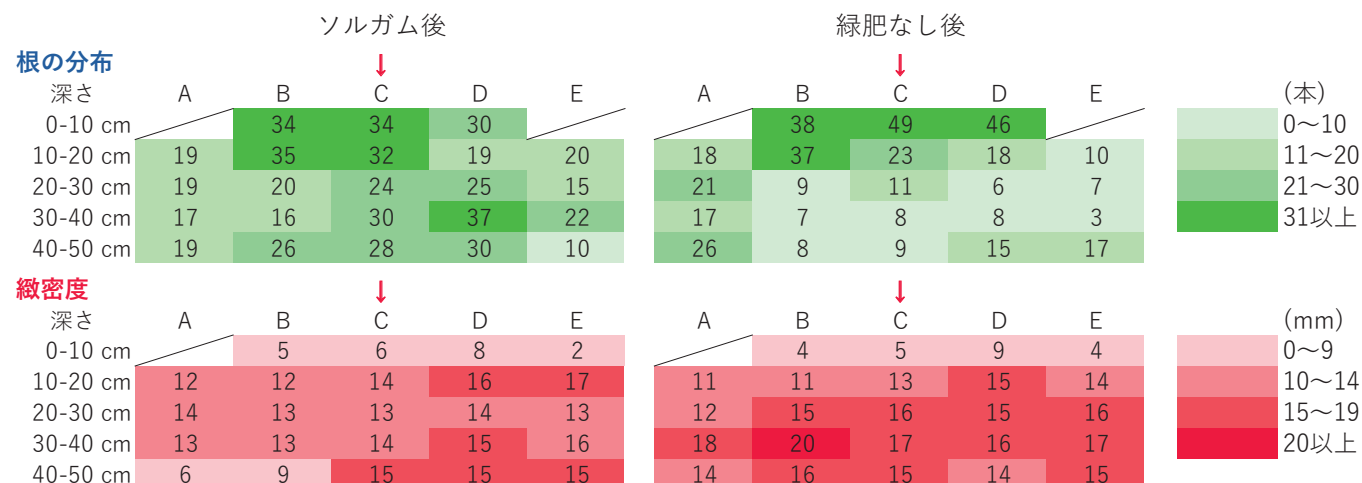


図 4-5 レタス収穫後のレタスの根の分布と土壌硬度の場所による違い

4-7 導入上の注意点

肥料成分の少ないほ場では、ソルガムの連作障害が発生することがあります。症状は、播種 2～3 週間後頃から、葉が赤紫色になり（写真 4-9）、その後生育が停滞します。原因として、養分欠乏やネグサレセンチュウの害などが指摘されていますが、はっきりとは分かっていません。

ソルガムの連作障害は休閑で改善されます。ソルガムを 1～2 年休閑した場合、初作のソルガムと同等の生育が得られました（写真 4-10）。肥料成分の少ないほ場で連作障害が発生する場合は、連作障害に比較的強い「つちたろう（ジャンボ）」を利用するか、ソルガムを栽培した翌年及び翌々年はギニアグラスなど、他のイネ科緑肥を栽培するなどの対策が必要です。



写真 4-9 ソルガム連作ほ場で発生した葉の赤紫化

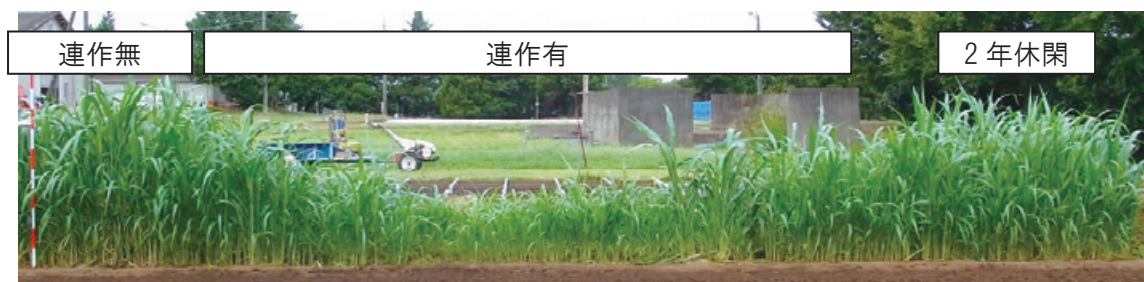


写真 4-10 休閑 1～2 年によるソルガムの連作障害の軽減効果

4-8 ソルガムの導入事例と経営評価

4-8-1 キャベツのリン酸減肥（千葉県）

a) 栽培暦

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
定植			キャベツ			収穫			播種		
						ソルガム			腐熟期間		
									定植		
									キャベツ		
									収穫		



春どりキャベツ収穫後に
ソルガム播種



草丈約 200 cm（栄養
生長期）にすき込み



ソルガムすき込み
4週間後に定植

b) ねらい

- ・銚子市周辺などでは、60 年以上に及ぶキャベツ栽培の歴史の中で、長期的な経営の維持のために連作障害の回避や有機物補給を目的に緑肥を栽培しています。
- ・この試験では、緑肥のもつ有機物補給効果を家畜ふん堆肥との比較から明らかにし、堆肥に替わる土づくり資材として緑肥を活用します。
- ・また、通常、緑肥導入によるリン酸施肥の削減は行われていませんが、ソルガム導入でキャベツの収量を減らすことなくリン酸を減肥できます。

c) 導入効果

- ・多量の有機物補給が期待できます。草丈 220 cm のソルガムは、牛ふん堆肥 1.4t/10a と同等の効果が期待できます（第2章、図2-2）。
- ・減肥しても慣行栽培と同等以上の収量が得られます。
- ・雑草抑制効果により除草作業が削減できます。

＜試験を行ったほ場＞ 腐植質普通黒ボク土(pH 6.2、可給態リン酸4.1 mg/100g、交換性カリ56 mg/100g)

すき込んだソルガムの特徴

生育 ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (kg/10a)	地上部 乾物重 (kg/10a)	炭素 含量 (g/kg)	窒素 含量 (g/kg)	リン 含量 (g P/kg)	カリウム 含量 (g K/kg)	C/N 比	1 年後 C 残存 率 (%)	同じ C 量を 残存させる 堆肥(kg/10a)
栄養 生長期	191	7,956	904	417	22.1	3.35	45.0	19.0	22.8	1,370

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、18 kg N/10a、6.3 kg P₂O₅/10a、45 kg K₂O/10a

キャベツ減肥栽培試験の施肥 (N-P₂O₅-K₂O) (kg/10a)

	基肥	追肥	合計
慣行施肥	19-25-19	8-1.8-5.3	27-27-24
リン酸減肥	19-19.6-19	8-1.8-5.3	27-21-24

ソルガムのすき込みによって、バイオマスリンが増加します（第2章、図2-10）。バイオマスリンはソルガムのリン酸吸収量と高い正の相関関係があります（図4-6）。バイオマスリンとキャベツのリン酸吸収量の間には正の相関関係があり、キャベツのリン酸吸収量が増加します（図4-7）。このため、リン酸の減肥が可能となります。可給態リン酸が4 mg/100 g と非常に低いほ場において、キャベツのリン酸施肥を20%（5.4 kg/10a）減らしてもキャベツの収量は慣行と同程度でした（図4-8）。可給態リン酸が4 mg/100g以上のほ場では、ソルガムすき込み後のリン酸施肥は約5 kg/10aの削減が可能です。

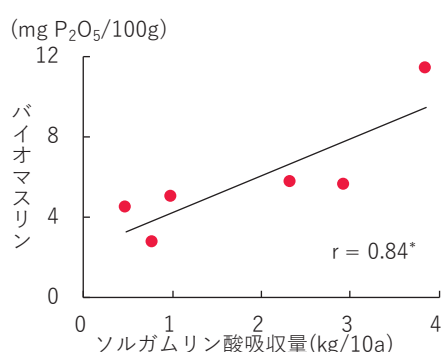


図4-6 ソルガムのリン酸吸収量と
土壌のバイオマスリン量との関係
*は有意な相関関係があることを示す

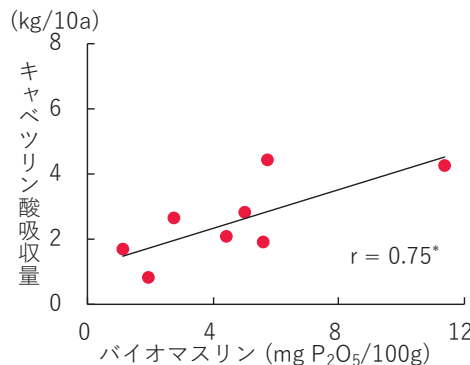


図4-7 土壌のバイオマスリン量と
キャベツのリン酸吸収量との関係
*は有意な相関関係があることを示す

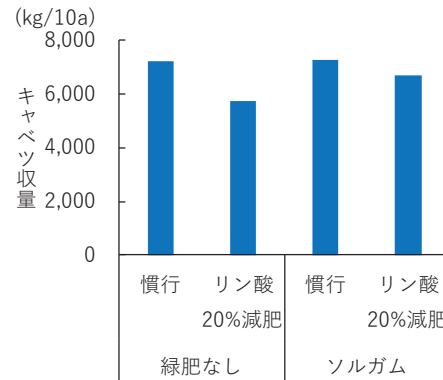


図4-8 キャベツの収量

d) 経営評価

- ・ 緑肥をすき込むことによる肥料や堆肥の節約で、10aあたり408円の所得増と試算されました。
- ・ 労働時間は、緑肥すき込みなどで10aあたり3時間ほど増加しますが、除草作業などの軽減により、トータルでは労働時間を増加させずに導入が可能です。

緑肥導入による所得増加の可能性

緑肥導入により	項目	内容	価格（円/10a）
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子（播種量5 kg/10a）	5,000
	減価償却費	フレールモア	3,392
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	2,698
	小計（A）		11,090
削減される費用	資材費	化学肥料	938
		牛ふん堆肥	5,269
	燃料費	堆肥散布・施肥・除草	2,698
	委託費	堆肥散布	2,593
	小計（B）		11,498
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	<収量0 kg/10a増> 0
	小計（C）		0
所得増効果	(C)-(A)+(B)		408

- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥すき込みのための労働時間が10aあたり3時間増加し、除草作業が3時間減少。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格1,000円/kg、播種量5 kg/10aとして算出。
- 3) 減価償却費は、緑肥の導入面積を2haとし、フレールモアの価格を475,000円、耐用年数を7年として算出。
- 4) 燃料単価は128.5円/Lとして算出（経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査、軽油）。
- 5) 削減される化学肥料費は、上記の試験結果に基づき、リン酸肥料の削減可能量を5.36 kg/10aとし、肥料価格は、重焼燐肥料代3,500円/20 kgとして算出。
- 6) 本緑肥が牛ふん堆肥（水分42.4%）を1.37 t/10aすき込んだのと同等の炭素貯留効果があるとする試験結果（千葉県）に基づき、堆肥の削減可能量を設定。堆肥の価格3,846円/t、削減量1.37 t/10aとして算出。堆肥価格は千葉県堆肥利用促進ネットワークによる。

4-8-2 レタスの窒素・カリ減肥（長野県）

a) 栽培暦

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下
定植			春レタス			収穫			播種		
						ソルガム			腐熟期間		
						↑すき込み			定植		
									夏秋レタス		
									収穫		



春どりレタス収穫後にソルガム播種



播種後6週間（草丈150 cm前後）ですき込み



すき込み（30馬力トラクター使用）



すき込み約3週間後に夏秋どりレタス定植

b) ねらい

- ・長野県では、レタスの連作による土壌病害の発生抑制、表土の風食低減、有機物の補給、土壌残存養分の回収・再利用を目的に緑肥を栽培しています。中信地域周辺では春・夏秋レタス作型の間作に、ソルガムを導入し、作業性、分解性のいずれも良好である出穂前の播種後6週間程度ですき込んでいます。
- ・緑肥の持つ有機物供給効果を家畜ふん堆肥との比較から明らかにし、堆肥に替わる土づくり資材として緑肥を活用します。
- ・これまで緑肥導入による施肥の削減は行われていませんが、播種6週間程度のソルガム導入によりレタスの収量を減らすことなく窒素とカリを減肥します。

c) 導入効果

- ・播種後6週間のソルガムには、多量の有機物補給（5～7t/10a）が期待できます。
- ・窒素やカリを減肥しても慣行栽培と同等の収量が得られます（図4-9、4-10）。

<試験を行ったほ場> アロフェン質淡色黒ボク土（pH 6.3、可給態リン酸 59 mg/100 g、交換性カリ 52 mg/100g）

すき込んだソルガムの特徴

生育ステージ	草丈 (cm)	地上部生収量 (kg/10a)	地上部乾物重 (kg/10a)	炭素含量 (g/kg)	窒素含量 (g/kg)	リン含量 (g P/kg)	カリウム含量 (g K/kg)	C/N比	1年後C残存率 (%)	同じC量を残存させる堆肥 (kg/10a)
出穂前	141	7,394	887	383	22.4	4.5	37.4	17.1	20	918

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、20 kg N/10a、4.5 kg P₂O₅/10a、37 kg K₂O/10a

レタスの窒素減肥栽培試験の施肥

(N-P₂O₅-K₂O) (kg/10a)

	基肥（合計）
慣行	10-10-10
窒素 30%減肥	7-10-10
窒素 50%減肥	5-10-10
窒素 100%減肥	0-10-10

レタスのカリ減肥栽培試験の施肥

(N-P₂O₅-K₂O) (kg/10a)

	基肥（合計）
慣行	9-9-9
窒素 50%・カリ 50%減肥	4.5-9-4.5
窒素 50%・カリ 100%減肥	4.5-9-0

カリ飽和度 4.4%のほ場

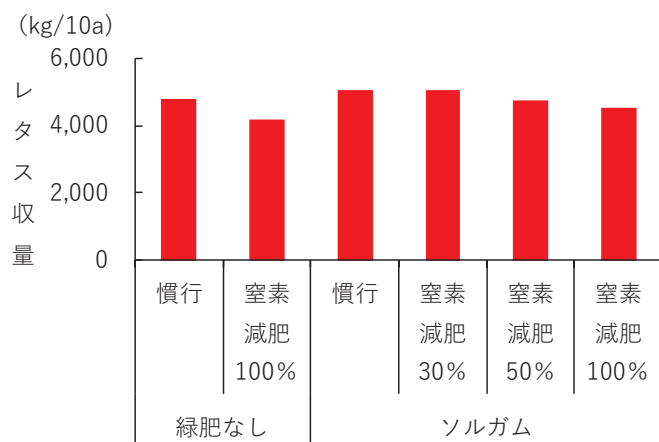


図 4-9 ソルガム導入と窒素減肥がレタス収量に与える影響

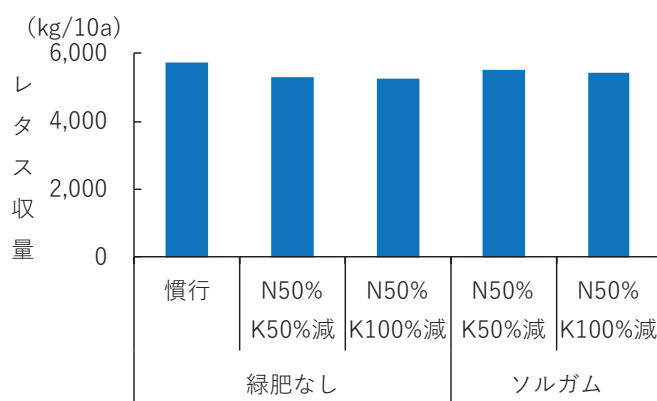


図 4-10 ソルガム導入とカリ減肥がレタス収量に与える影響

* 慣行以外は、窒素を 50%減らした (N50%) 上で、カリを 50%、100%減肥 (K50%減、K100%減)

d) 経営評価

- ・緑肥をすき込むことによる肥料や堆肥の節約で、10a あたり約 8,770 円の所得増が試算されました。
- ・労働時間は緑肥をすき込む作業などのため 10a あたり 1 時間程度増加します。

緑肥導入による所得増加の可能性

緑肥導入により	項目	内容	価格 (円/10a)
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子 (播種量 5 kg/10a)	6,850
	減価償却費	フレールモア	0
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	1,349
	小計 (A)		8,199
削減される費用	資材費	化学肥料	8,428
		牛ふん堆肥	4,950
	燃料費	堆肥散布・施肥・除草	90
	委託費	堆肥散布	3,500
	小計 (B)		16,968
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	<収量 0 kg/10a 増> 0
	小計 (C)		0
所得増効果	(C)-(A)+(B)		8,769

農業経営指標(2009 年 6 月)を参考に作成。

- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥すき込みのための労働時間が 10a あたり 60 分増加。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 1,350 円/kg、播種量 5 kg/10a として算出。
- 3) 本技術は新たな機械利用が不要のため、減価償却費は計上しない。
- 4) 燃料単価は 128.5 円/L として算出 (経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査、軽油)。
- 5) 削減される化学肥料費は、上記の試験結果に基づき、野菜複合肥料を施肥基準の 50%削減とし、価格は参考価格 (JA 全農長野から聞き取り) から算出。
- 6) 本緑肥が牛ふん堆肥 (水分 65.5%) を 0.9 t/10a すき込んだのと同等の炭素貯留効果があるとする試験結果 (長野県) に基づき、堆肥の削減可能量を設定。堆肥の価格 5,500 円/t、削減量 0.9 t/10a として算出。堆肥価格は現地参考価格 (JA 洗馬から聞き取り) による。

4-8-3 キャベツのカリ減肥（愛知県）

a) 栽培暦

1月			2月			3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月		
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下			
定植	キャベツ																	収穫	播種	ソルガム			すき込み	腐熟期間		定植	キャベツ			収穫					
																								腐熟期間		定植	キャベツ								
																																			
ゴールデンウィーク以降にソルガム播種			出穂始期（播種後2ヶ月程度）にすき込み			すき込み4週間後以降に定植																													

b) ねらい

- ・愛知県の主な露地野菜産地の東三河地域では、梅雨時の雑草抑制と粗大有機物の投入を目的として、多くの露地畑でソルガムが栽培されています。
- ・緑肥のもつ有機物補給効果を家畜ふん堆肥との比較から明らかにし、堆肥に替わる土づくり資材として緑肥を活用します。
- ・通常、緑肥導入によるカリ減肥は行われていませんが、ソルガムはカリ吸収量が多いため、ソルガムを経由してほ場還元されたカリを後作のキャベツで有効利用しカリ減肥をします。

c) 導入効果

- ・地力増強とともに、排水性向上により、降雨後の作業がしやすくなることが期待されます。
- ・緑肥栽培中に生える雑草を抑制するとともに、後作キャベツでの雑草発生も減らします。
- ・カリの施肥量を大幅に削減しても慣行栽培と同等の収量が得られ、L型肥料の利用が可能です（図4-11）。

＜試験を行ったほ場＞ 細粒質台地黄色土（pH 5.7、可給態リン酸 32 mg/100g、交換性カリ 66 mg/100g）

すき込んだソルガムの特徴

生育ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (kg/10a)	地上部 乾物重 (kg/10a)	炭素 含量 (g/kg)	窒素 含量 (g/kg)	リン 含量 (g P/kg)	カリウム 含量 (g K/kg)	C/N 比	1年後 C残存 率(%)	同じC量を 残存させる 堆肥(kg/10a)
出穂期	173	5,949	753	436	17.7	4.9	57.8	24.7	20.3	1,025

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、13 kg N/10a、8.5 kg P₂O₅/10a、52.5 kg K₂O/10a

キャベツカリ減肥栽培試験の施肥 (N-P₂O₅-K₂O) (kg/10a)

	基肥	追肥	合計
慣行施肥	11. 2-4. 8-11. 2	19. 2-2. 4-18. 0	30. 4-7. 2-29. 2
カリ減肥	11. 2-3. 2- 3. 2	19. 2-3. 6- 3. 6	30. 4-6. 8- 6. 8

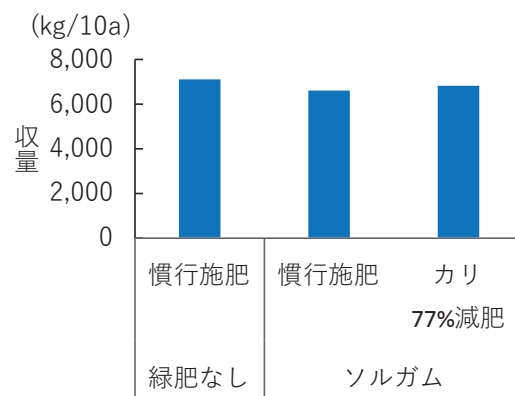


図 4-11 ソルガム導入とカリ減肥がキャベツ収量に与える影響

d) 経営評価

- ・ 緑肥をすき込むことによる肥料や堆肥の節約で、10a あたり 1,200 円の所得増の可能性があります。
- ・ 労働時間は、緑肥の播種、すき込みで 10a あたり 2 時間程度増加しますが、除草のためのロータリー耕や堆肥散布作業で同程度の作業時間が短縮されるので、トータルの労働時間を増加させることなく導入が可能です。

緑肥導入による所得増加の可能性

緑肥導入により	項目	内容	価格 (円/10a)
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子 (播種量 5 kg/10a)	4,000
	減価償却費	フレールモア	2,800
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	1,285
	小計 (A)		8,085
削減される費用	資材費	化学肥料	4,000
		牛ふん堆肥	4,000
	燃料費	堆肥散布・施肥・除草	1,285
	委託費	堆肥散布	0
	小計 (B)		9,285
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	<収量 0 kg/10a 増> 0
	小計 (C)		0
所得増効果	(C) - (A) + (B)		1,200

- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥の播種、すき込みのための労働時間が 10a あたり 2 時間増加するが、除草のためのロータリー耕や堆肥散布作業について、同程度の作業時間を短縮可能。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 800 円/kg、播種量 5 kg/10a として算出。
- 3) 減価償却費は、緑肥の導入面積を 2.5ha とし、フレールモアの価格を 490,000 円、耐用年数を 7 年として算出。
- 4) 燃料単価は 128.5 円/L として算出 (経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査、軽油)。
- 5) 削減される化学肥料費は、キャベツ減肥体系の表のとおり、V 型肥料から L 型肥料に変更するものとして算出。
- 6) 本緑肥が牛ふん堆肥 (水分 50%) を 1 t/10a すき込んだのと同程度の炭素貯留効果があるとする試験結果 (愛知県) に基づき、堆肥の削減可能性を設定。堆肥の価格 4,000 円/t、削減量 1 t/10a として算出。

第5章 エンバク

5-1 エンバクの特徴

5-1-1 作物としての特徴

エンバクはイネ科作物で種子は飼料となるほか、オートミールとして食用にもされます。茎は中空で直立し、出穂期ごろには高さ 100 cm 程になります。



写真 5-1 出穂期（草丈約 100 cm）のエンバク

5-1-2 緑肥としての特徴

エンバクはマメ科の緑肥作物と比較すると C/N 比が高く、窒素肥効は大きくありません。C/N 比は出穂前後での変化が大きく、出穂後に急激に高まるため、肥効を期待する場合には出穂前にすき込みます。深根性で、透水性などの土壌物理性の改善効果が期待できる上、硝酸態窒素の水系への流亡抑制も期待できます。品種によっては線虫抑制効果が期待できます。

5-2 品種と栽培方法

学名	品種	早晩性	メーカー	播種時期			播種量 (kg/10a)	品種の特徴
				寒・高冷地	一般地	暖地		
<i>Avena sativa</i>	アムリ2	中生	タキイ種苗(株)	4月～6月、 8月～10月	3月～5月、9月～11月		8～10	有機物量が豊富。耐寒、耐倒伏性が強い。
	アーリーキング	極早生	カネコ種苗(株)	4月～6月、 8月上旬～8月下旬	8月下旬～9月上旬	9月上・中旬	6～10	多収。倒伏に強い。冠さび病、ひょう紋病に強い。
	九州14号	超極早生	タキイ種苗(株)	4月～6月、 8月～10月	3月～5月、8月下旬～11月		8～10	暖地では9月下旬まきの年内出穂、すき込みが可能。
	極早生スプリンター	極早生	タキイ種苗(株)	4月～6月、 8月～10月	3月～5月、8月下旬～11月		8～10	草姿が直立型で、耐倒伏性が強い。
	ヒットマン	晩生	カネコ種苗(株)	4月～9月上旬	3月～5月、 8月下旬～11月上旬	3月～5月、 8月下旬～12月中旬	10	サツマイモコブセンチュウ密度抑制効果を有す。根量が多く、多収。
	スナイパー	極早生	雪印種苗(株)		8月下旬～9月中旬	9月上旬～9月下旬	8～10	サツマイモコブセンチュウ抑制効果。多収。
	スワン	早生	雪印種苗(株)	4月上旬～6月上旬、 8月中旬～9月上旬	3月上旬～5月下旬、 8月下旬～9月中旬、 10月中旬～11月上旬	2月下旬～5月上旬、 8月下旬～9月下旬、 10月下旬～11月下旬	6～8	低価格。
	前進	中生	タキイ種苗(株)	4月～6月、 8月～10月	3月～5月、9月～11月		8～10	耐寒性が強い。有機物量が豊富。
	たちいぶき*	極早生	タキイ種苗(株)			*3月～5月、8月下旬～ 11月(センチュウ抑制を目的 とする場合は8月下旬～ 9月上旬)	8～10	暖地の夏まき栽培でサツマイモコブセンチュウ抑制効果。耐倒伏性に優れる。冠さび病に強い。
			雪印種苗(株)			*8月下旬～9月中旬	6～8	
<i>Avena strigosa</i>	とちゆたか	中生	雪印種苗(株)	4月上旬～6月上旬、 8月中旬～9月上旬	3月上旬～5月下旬、 8月下旬～9月中旬、 10月中旬～11月上旬	2月下旬～5月上旬、 8月下旬～9月下旬、 10月下旬～11月下旬	8～10	直立型。耐倒伏性に優れる。
	ソイルセイバー		カネコ種苗(株)	4月～9月上旬	3月～5月、 8月下旬～11月	3月～5月、 8月下旬～11月	10～15	サツマイモコブセンチュウ抑制効果。根張り、耐倒伏性が強い。根量が多く、多収。
	ニューオーツ		カネコ種苗(株)	4月～9月上旬	3月～5月、 8月下旬～11月	3月～5月、 8月下旬～11月	10～15	サツマイモコブセンチュウ抑制効果。キスジノミハムシ被害軽減。多収。
	ネグサレタイジ		タキイ種苗(株)	5月～8月上旬	3月～11月（7～8月中旬は避ける）		10～15	サツマイモコブセンチュウ抑制効果。キスジノミハムシ被害軽減。
	ハイオーツ		雪印種苗(株)	4月上旬～6月上旬、 8月中旬～9月上旬	3月上旬～5月下旬、 8月下旬～9月中旬、 10月中旬～11月上旬	2月下旬～5月上旬、 8月下旬～9月下旬、 10月下旬～11月下旬	10～15	サツマイモコブセンチュウ抑制効果。キスジノミハムシ被害軽減。アブラナ科根こぶ病発生軽減。極多収。

*「たちいぶき」はメーカーごとに想定する播種時期が異なる

品種選定：線虫抑制効果を期待する場合、対象線虫に応じて品種を選定します。

春まきの *Avena sativa*（栽培品種）と *Avena strigosa*（野生種）の出穂始め頃の養分吸収量は同程度（表 5-1）。

表 5-1 エンバク品種の収量および養分吸収量の例

品種名	播種量 (kg/10a)	草丈 (cm)	地上部 生収量 (t/10a)	地上部 乾物収量 (kg/10a)	炭素 吸収量 (kg/10a)	窒素 吸収量 (kg/10a)	リン酸 吸収量 (kgP ₂ O ₅ /10a)	カリ 吸収量 (kgK ₂ O/10a)	C/N比
前進 (<i>Avena sativa</i>)	8	86	2.5	267	119	7.8	1.7	19	15
とちゆたか (<i>Avena sativa</i>)	8	78	2.2	277	125	7.8	1.6	17	16
ネグサレタイジ (<i>Avena strigosa</i>)	8	73	2.5	310	143	8.2	1.5	17	17
ハイオーツ (<i>Avena strigosa</i>)	10	76	2.9	324	146	8.6	2.2	21	17

1) 栃木県での春まき（5月17日播種）における播種後42日時点での値。

2) 播種量は各メーカー推奨量（試験実施当時）のうち最小量とした。

3) 2年間裸地管理ほ場で元肥 N:P₂O₅:K₂O=5:5:3 kg/10a を施用して栽培。



写真 5-2 とちゆたか
(*Avena sativa*)



写真 5-3 ヘイオーツ
(*Avena strigosa*)

播種時期：春まきが基本ですが、地域や品種により夏まき、秋まきが可能です。

播種量：10 kg/10a 程度（品種ごとに推奨される播種時期・播種量は、各メーカーが公開）。

播種法：散粒機で散播後、耕耘機で浅く耕起します（覆土がないと乾燥による発芽不良や鳥獣害の可能性）。

施肥：前作の残肥を利用した無施肥栽培が基本です。肥料分の少ないほ場では窒素 5 kg/10a 程度施肥します。

肥料分の非常に少ないほ場では施肥してもエンバクの養分吸収量が少ない場合があるため、すき込みによる後作物の減肥は避けましょう（表 5-2）。

表 5-2 施肥の有無によるエンバクの収量および養分吸収量

ほ場条件	施肥	草丈 (cm)	地上部 生収量 (t/10a)	地上部 乾物収量 (kg/10a)	炭素吸収量 (kg/10a)	窒素吸収量 (kg/10a)	リン酸吸収量 (kgP ₂ O ₅ /10a)	カリ吸収量 (kgK ₂ O/10a)	C/N比
初作地	有り	73	2.5	310	143	8.2	1.5	17	17
	無し	57	1.3	187	87	4.0	0.9	8.9	22
前作(レタス)有り	有り	88	6.3	643	280	23	4.1	42	12
	無し	86	5.9	604	268	19	3.9	39	14

- 1) 栃木県での春まき（5月17日播種）における播種後約40日時点での実測値。
- 2) エンバク品種はネグサレタイジ、播種量は8 kg/10a。
- 3) 施肥有りでの施肥量は元肥 N:P₂O₅:K₂O=5:5:3 kg/10a。

5-3 エンバクの生育

5月播種では、播種後1週間程度で発芽し、40～50日程度で出穂します。出穂前には止め葉のついた茎が伸びてくるので、肥効を期待する場合はその時期がすき込み適期です。

栃木県 5月17日播種

供試種子 *Avena strigosa*（エンバク野生種）

播種量 10 kg/10a

施肥 元肥 N:P₂O₅:K₂O=5:5:3 kg/10a



写真 5-4 5月24日（播種後7日）発芽



写真 5-5 6月18日
（播種後32日）生育期



写真 5-6 6月28日
（播種後42日）出穂前



写真 5-7 7月8日
（播種後52日）出穂期

5-4 すき込み

すき込み時期：エンバク由来の肥効を期待する場合は C/N 比が比較的低い出穂前のすき込みが適します（図 5-1）。すき込みが遅れると結実して雑草化する恐れがあります。

すき込み方法：フレールモアやハンマーナイフモアで細断後、耕起する方法があります（写真 5-8、5-9）。すき込みから 2 週間ほど経過した頃に再度耕起することで分解が促進されます。

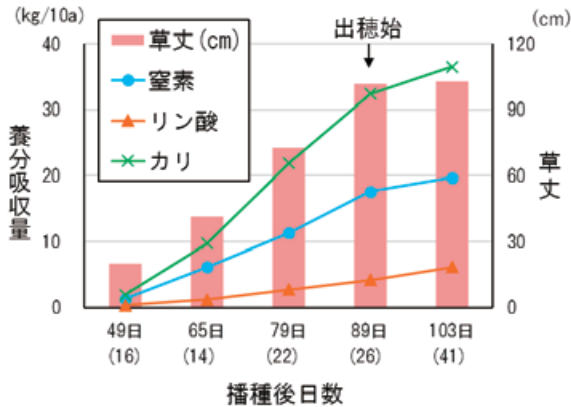


写真 5-8 フレールモアでの細断、すき込み



写真 5-9 ハンマーナイフモアでの細断、すき込み

図 5-1 播種後日数と養分吸収量

Avena strigosa(野生種)、2/11、10 kg/10a 播種。()は C/N 比。

5-5 主作物の減肥栽培

腐熟期間および定植時期：発芽率の低下を防ぐため、すき込みから主作物の播種までは少なくとも 2 週間以上の腐熟期間を設けることが望ましいと考えられます（表 5-3）。

表 5-3 エンバクの栽培期間とすき込み後の期間が後作物の発芽率に及ぼす影響（山梨県、5/18 播種）

栽培期間	すき込み後 期間	発芽率(%)			
		コマツナ	ダイコン	スイート コーン	ダイズ
40日	0日	81	61	56	0
	3日	66	100	44	0
	7日	81	94	78	0
	14日	81	100	72	58
47日	0日	22	44	56	0
	3日	81	94	94	17
	7日	78	100	83	8
	14日	97	100	72	100
54日	0日	0	67	83	0
	3日	81	89	67	8
	7日	81	100	94	25
	14日	91	100	89	75
すき込みなし		100	100	89	67

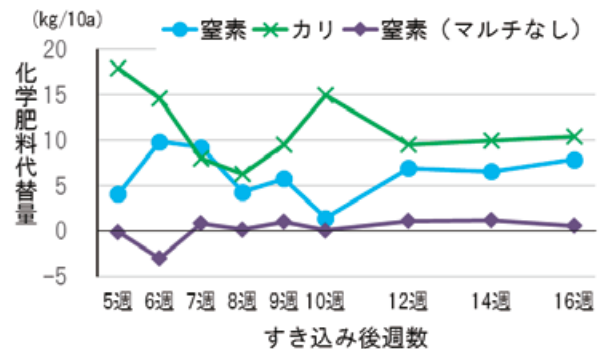


図 5-2 エンバクの化学肥料代替効果

- エンバクは 0 週にすき込み、2 週に耕起、4 週まで腐熟期間とした後にマルチを設置。同様に 0 週、2 週に耕起を実施し、4 週に化学肥料を施用してマルチを設置した区の値を用い次式により化学肥料代替量を算出した。
- 作土中無機態窒素および交換性カリについて
化学肥料代替量 =
$$\frac{(\text{緑肥区}-\text{裸地区})}{(\text{化肥区}-\text{裸地区})} \times \text{化肥施用量}$$

施肥削減：化学肥料の施用により増加する作土中の無機態窒素および交換性カリとの比較から、エンバクすき込みによる化学肥料代替効果を試算すると、すき込み後 5 週～16 週の期間では窒素で平均約 6.5 kg/10a、カリで平均約 10.5 kg/10a の化学肥料に相当する肥効が確認されました（図 5-2）。ただし、窒素ではマルチを設置しなかった場合、降雨などの影響により十分な肥効が得られないことも確認されたため注意が必要です。

導入事例 5-8-1 ではエンバクを活用することにより窒素とカリについて 4.5 kg/10a（県施肥基準量の 3 割）減肥が行われていますので、上述の結果も合わせるとエンバクすき込みとマルチ設置により窒素およびカリの 4.5 kg/10a 減肥は十分に可能であると考えられます。また、草丈 50～80cm 程度のエンバクのすき込みによって、ニンジンのリン酸吸収量が増加し、リン酸減肥が可能となります。詳細は導入事例 5-8-2 をご覧ください。

5-6 養分供給以外の効果

有機物供給：播種量 8 kg/10a の場合、出穂直前のエンバクに含まれる炭素量は約 190 kg/10a で、すき込み 1 年後に残存する炭素量は一般的な牛ふんもみ殻堆肥約 0.5t の 1 年後炭素貯留量と同等です。出穂後のエンバクの炭素量は約 310 kg/10a で、1 年後炭素貯留量は牛ふん堆肥約 0.8t 分に相当します。

線虫抑制：対象となる線虫種に応じた品種を栽培することで線虫抑制効果が期待できます（表 5-4）。

表 5-4 エンバク（品種：ヘイオーツ）栽培前後のカタネグサレセンチュウ密度推移（頭数/± 50g）

作型	緑肥播種時 A)		緑肥すき込み時 B)		ダイコン収穫時 C)		B/A		C/A	
	無栽培	エンバク	無栽培	エンバク	無栽培	エンバク	無栽培	エンバク	無栽培	エンバク
①夏ダイコン（8/10～10/7）					38.3	20.3			0.54	0.47
②秋ダイコン（9/4～11/5）	70.4	43.2	18.8	8.2	57.0	27.7	0.27	0.19	0.81	0.64
③冬ダイコン（9/14～12/6）					22.3	3.7			0.32	0.09

1) 栽培条件：エンバク栽培期間 5 月 24 日～7 月 16 日、播種量 10 kg/10a、無施肥。

2) すき込み時生育量：草丈 95 cm、出穂始め、生収量 3,133 kg/10a、389 kg/10a、乾物率 12.4%。

3) データ提供元：雪印種苗株式会社。

土壌硬度の改善：エンバクは深根性作物で、出穂期には地下 40～50 cm にも十分な根量があり（写真 5-10）、100 cm にも根が張っています。エンバクを栽培すると作土下の耕盤層を貫通する形で根を張り、結果として土壌硬度の改善が期待できます（図 5-3）。

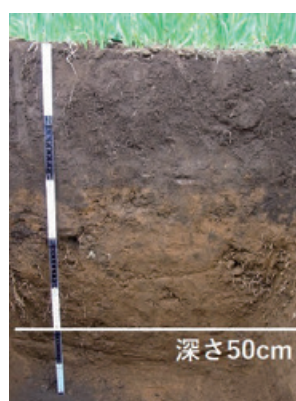


写真 5-10
エンバクの根

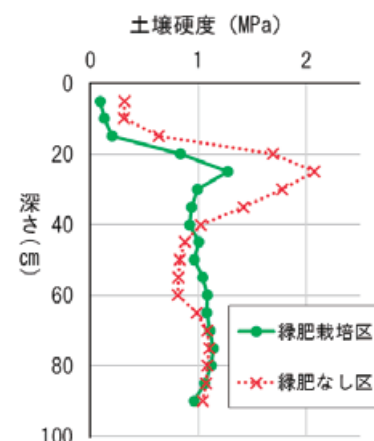


図 5-3 エンバクの有無と土壌硬度
* 緑肥栽培区はレタス作の間にエンバクを作付け、すき込む作型を 5 年間実施

窒素溶脱抑制：エンバクは深根性のため、降雨により地下へ溶脱する前作物の残肥窒素を地上へ吸い上げます。それをすき込むことで、エンバク由来窒素を後作物が利用できることにより施肥窒素のロスが減り、環境負荷の低減につながります（図 5-4）。

雑草抑制：エンバクは初期生育が旺盛なため、速やかに地上を覆うことで雑草の発生を抑える効果が期待できます。エンバクの播種量が 10a あたり 5 kg であってもエンバクなしの場合と比較して雑草量を 8 割以上減少させることが確認されています（図 5-5）。

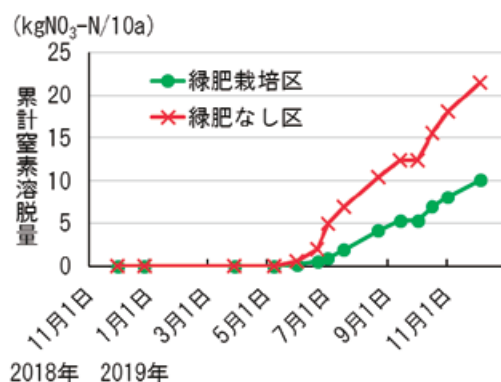


図 5-4 レタス作型での窒素溶脱量（累計）
* 両区とも栃木県で春と秋にレタスを栽培し、緑肥栽培区のみ 5 月播種でエンバクを栽培、すき込み

5-7 導入上の注意点

エンバクの冬枯れ：エンバクは他のムギ類と比べ、耐寒性が強くありません。そのため、秋まきの越冬作型では冬枯れに注意する必要があります。対策として農研機構から「エンバクの冬枯れ被害防止マニュアル」が公表されています。

https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/nilgs-enbaku.pdf

エンバクの雑草化：すき込み時期が遅れると種子が落ちて雑草化する恐れがあります。出穂後は早めのすき込みを心がけましょう。

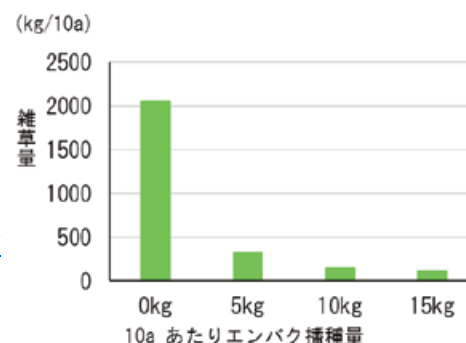


図 5-5 エンバク播種量と雑草量の関係
* エンバク出穂時点での雑草量を調査

5-8 エンバクの導入事例と経営評価

5-8-1 レタスの窒素・カリ減肥（栃木県）

a) 栽培暦

1月			2月			3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月				
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下					
レタス						収穫		播種			エンバク			すき込み			腐熟期間			定植			レタス			収穫									定植		
												秋レタス定植は8月下旬頃であるが施肥とマルチ設置は7月下旬頃																									
春レタスは減肥せずにトンネル栽培						エンバクは出穂前～出穂直後を目安にすき込む												秋レタス定植は8月下旬頃																			

b) ねらい

- ・連作障害の回避や土づくりを目的として緑肥作物が導入されています。
- ・リン酸過剰となっているほ場が散見されますが、そういったほ場ではエンバクによる窒素とカリの減肥に加えて土壌診断に基づくリン酸の減肥を実施することで、3要素を同時に減肥することができます。
- ・家畜ふん堆肥の施用量は生産者によって様々であるため、堆肥に替わって省力的に投入できる土づくり資材としてエンバクが期待されています。

c) 導入効果

- ・窒素とカリをそれぞれ 4.5 kg/10a 減肥しても慣行施肥と同等の収量が得られます（図 5-6）。
- ・播種量 6 kg/10a、出穂直後のすき込みで、堆肥約 0.67t/10a と同等の土づくり効果が期待できます。
- ・10年ほどエンバク野生種（*Avena strigosa*）が利用されている実証試験地では、その間ネグサレセンチュウの害は確認されていません。

<試験を行ったほ場> 厚層黒ボク土（pH 7.4、可給態リン酸 82 mg/100g、交換性カリ 104 mg/100g）

すき込んだエンバクの特徴

生育ステージ	草丈 (cm)	地上部生収量 (kg/10a)	地上部乾物重 (kg/10a)	炭素含量 (g/kg)	窒素含量 (g/kg)	リン含量 (g P/kg)	カリウム含量 (g K/kg)	C/N 比	1年後C残存率 (%)	同じC量を残存させる堆肥(kg/10a)
出穂始期	111	2,833	555	442	31	3	59	14	21	665

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、17 kg N/10a、4.3 kg P₂O₅/10a、39 kg K₂O/10a

レタス減肥栽培試験の施肥
(N-P₂O₅-K₂O) (kg/10a)

	基肥（合計）
慣行施肥	12-12-12
窒素・カリ減肥	7.5-12-7.5

本試験では、すでにエンバクが導入されている慣行施肥に対して減肥が可能であるのかを調査したため、両試験区でエンバクの作付け、すき込みが実施されています。

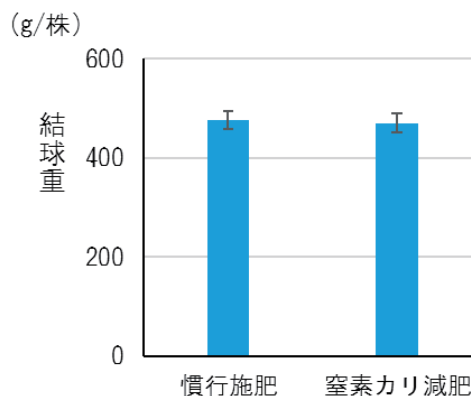


図 5-6 窒素・カリ減肥したレタスの収量

d) 経営評価

- ・ 緑肥をすき込むことによる肥料や堆肥の節約で、10a あたり 2,522 円の所得増と試算されました。
- ・ 緑肥を栽培することで雑草の生育が抑制され、除草に要する労働時間が 3 時間/10a 程度削減されますが、緑肥播種とすき込み作業に計 5 時間/10a 程度かかるため、結果として労働時間は 2 時間/10a 程度増加します。
- ・ 線虫対策が必要な地域では、下表の内容に加えて、エンバクの線虫抑制効果によって農薬代が削減できる可能性があります。

緑肥導入による所得増加の可能性

緑肥導入により	項目	内容	価格 (円/10a)
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子 (播種量 8 kg/10a)	4,800
	減価償却費	フレールモア	2,500
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	900
	小計 (A)		8,200
削減される費用	資材費	化学肥料	5,468
		牛ふん堆肥	5,254
	燃料費	堆肥散布・施肥・除草	0
	委託費	堆肥散布	0
	小計 (B)		10,722
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	< 収量 0 kg/10a 増 > 0
	小計 (C)		0
所得増効果	(C)-(A)+(B)		2,522

- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥すき込みのための労働時間が 10a あたり 2 時間程度増加。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、実売価格より 600 円/kg、現地慣行より播種量 8 kg/10a として算出。
- 3) 減価償却費は、フレールモアの価格を 350,000 円、耐用年数を 7 年、20 戸での共同利用として算出 (2017 年度栃木県経営診断指標)。
- 4) 緑肥の細断・すき込み作業に要する燃料費は緑肥未導入時の除草作業に要する燃料費に相当するものとし、ここでは播種時の耕起に要する燃料費のみを計上した。燃料単価は 128.5 円/L (経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査、軽油)、燃費は 7 L/h (2014 栃木県高性能農業機械導入計画) として算出。
- 5) 削減される化学肥料費は、上記の試験結果に基づき、減肥可能量 4.5 kg/10a、肥料価格には実売価格を用いて算出。
- 6) 本緑肥が牛ふん堆肥 (水分 56%) を 0.67 t/10a すき込んだのと同等の炭素貯留効果が有るとする試験結果 (栃木県) に基づき、堆肥の削減可能量を設定。堆肥の価格 7,900 円/t、削減量 0.67 t/10a として算出。堆肥価格は実売価格による。

5-8-2 ニンジンのリン酸減肥（千葉県）

a) 栽培曆

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下

播種	エンバク	すき 込み	腐熟 期間	播種	ニンジン	収 穫
----	------	----------	----------	----	------	--------



霜がなくなってから
エンバク播種



草丈約 80 cm の出穂期にすき込み



エンバクすき込み 8 週間後に播種

b) ねらい

- ・千葉県では、長期的な経営維持のために連作障害回避や有機物補給を目的に緑肥を栽培しています。
- ・この試験では、緑肥のもつ有機物補給効果を家畜ふん堆肥との比較から明らかにし、堆肥に替わる土づくり資材として緑肥を活用します。
- ・通常、緑肥導入によるリン酸施肥の削減は行われていませんが、エンバク導入でニンジンの収量を減らすことなくリン酸を減肥します。
- ・緑肥の肥料効果などにより収量を増やします。

c) 導入効果

- ・有機物補給が期待できます。出穂期のエンバクは、牛ふん堆肥 0.4t/10a と同等の効果が期待できます。
- ・減肥しても慣行栽培と同等以上の収量が得られます。さらに、可給態リン酸が低いほ場では、根の肥大促進により増収します。
- ・雑草抑制効果により除草作業が削減できます。

＜試験を行ったほ場＞腐植質普通黒ボク土（pH 6.4、可給態リン酸 4.0 mg/100 g、交換性カリ 44 mg/100 g）

すき込んだエンバクの特徴

生育 ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (kg/10a)	地上部 乾物重 (kg/10a)	炭素 含量 (g/kg)	窒素 含量 (g/kg)	リン 含量 (g P/kg)	カリウム 含量 (g K/kg)	C/N 比	1 年後 C 残存 率 (%)	同じ C 量を 残存させる 堆肥(kg/10a)
栄養 生長期	53	1, 251	188	434	33. 5	2. 58	43. 8	13. 3	16. 5	378

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、6.3 kg N/10a、1.1 kg P_2O_5 /10a、9.9 kg K_2O /10a

ニンジン減肥栽培試験の施肥(N-P₂O₅-K₂O) (kg/10a)

	基肥（合計）
慣行施肥	10-25-10
リン酸減肥	10-20-10

エンバクのすき込みによって、バイオマスリンが増加します。バイオマスリンはエンバクのリン酸吸収量との間に高い正の相関関係があります(図 5-7)。また、エンバク後のニンジンリン酸吸収量が増加します(データ省略)。このため、リン酸の減肥が可能となります。可給態リン酸が 4 mg/100 g と非常に低いほ場において、ニンジンリン酸施肥を 5 kg/10a (20%) 減らすと、緑肥なしでは減収しました。

が、エンバクを栽培した場合はニンジンの収量が慣行施肥区以上となりました(図 5-8)。規格別本数割合を見ると、エンバクの栽培によって規格が増加し、根部の肥大が促進されました(図 5-9)。以上のことから、可給態リン酸が低いほ場では、エンバクすき込み後のリン酸施肥は 5 kg/10a の削減が可能です、さらに根部肥大促進による増収が見込めます。可給態リン酸が 20 mg/100g のほ場では、増収効果は得られませんでした、ニンジンのリン酸減肥は可能です。

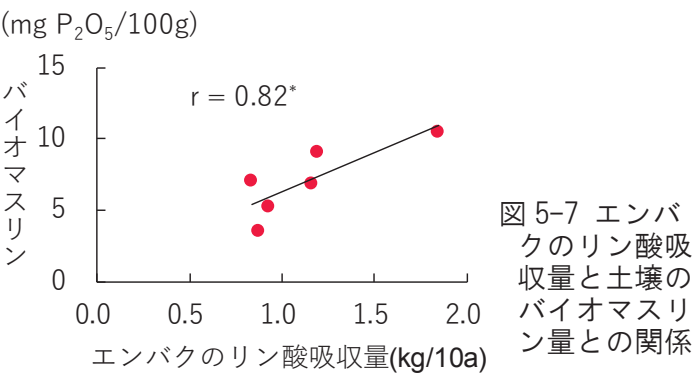


図 5-7 エンバクのリン酸吸収量と土壌のバイオマスリン量との関係

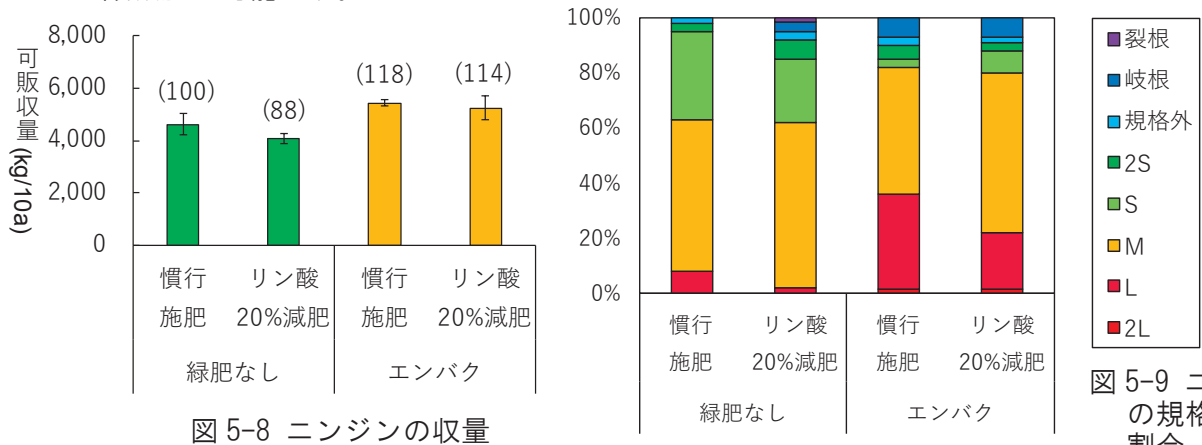


図 5-8 ニンジンの収量

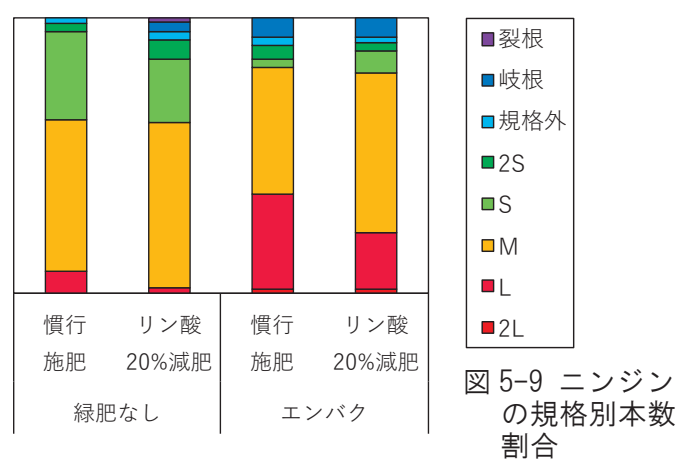


図 5-9 ニンジンの規格別本数割合

d) 経営評価

- ・ 緑肥導入による肥料などの節約やニンジン増収により 10a あたり 92, 513 円の所得増と試算されました。
- ・ 労働時間は、緑肥すき込みなどで 10a あたり 3 時間ほど増加しますが、除草作業などの軽減により、トータルでは労働時間を増加させずに導入が可能です。

緑肥導入による所得増加の可能性

緑肥導入により	項目	内容	価格 (円/10a)	
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子 (播種量 5 kg/10a)	5,000	
	減価償却費	フレールモア	5,654	
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	2,698	
	小計 (A)		13,352	
削減される費用	資材費	化学肥料	875	
		牛ふん堆肥	1,731	
	燃料費	堆肥散布・施肥・除草	2,698	
	委託費	堆肥散布	2,593	
	小計 (B)		7,897	
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	<収量 624 kg/10a 増> <収量 0 kg/10a 増> 97,968 0	
	小計 (C)		97,968 0	
	所得増効果		(C) - (A) + (B) 92,513 -5,455	

- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥すき込みのための労働時間が 10a あたり 3 時間増加し、除草作業が 3 時間減少。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 500 円/kg、播種量 10 kg/10a として算出。
- 3) 減価償却費は、緑肥の導入面積を 1.2ha とし、フレールモアの価格を 475,000 円、耐用年数を 7 年として算出。
- 4) 燃料単価は 128.5 円/L として算出 (経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査、軽油)。
- 5) 削減される化学肥料費は、上記の試験結果に基づき、リン酸肥料の減肥可能性を 5 kg/10a とし、肥料価格は、重焼燐肥料代 3,500 円/20 kg として算出。
- 6) 本緑肥が牛ふん堆肥 (水分 42.4%) を 0.45 t/10a すき込んだのと同等の炭素貯留効果があるとする試験結果 (千葉県) に基づき、堆肥の削減可能性を設定。堆肥の価格 3,846 円/t、削減量 0.45 t/10a として算出。堆肥価格は千葉県堆肥利用促進ネットワークによる。

第6章 ライムギ

6-1 ライムギの特徴

6-1-1 作物としての特徴

ライムギは耐酸性が強く耐乾性も強いが、耐湿性は強くありません。耐寒性が強いので広く越冬栽培できますが、積雪地帯では雪腐病が発生することがあります。低温期に生育するため、冷涼地では露地野菜などの作期と重複せず、主作物を休まずに導入できます。



写真 6-1 出穂期のライムギ

6-1-2 緑肥としての特徴

初期生育が旺盛で分けつが進むため多くの有機物を補給できます。出穂後の草丈はエンバクに比べて高く、出穂すると茎葉の硬化が進みます。地温にもよりますが、出穂後であってもすき込み 20～30 日後には後作の栽培が可能です。

6-2 品種と栽培方法

品種	早晩性	メーカー	播種時期			播種量 (kg/10a)	品種の特徴
			寒・高冷地	一般地	暖地		
ダッシュ	超極早生	カネコ種苗(株)	3月下旬～6月、 8月～9月	3月～5月、 8月～9月	3月～5月、 8月～9月	8～10	硬盤破碎、アブラナ科根こぶ病菌密度低減、 黒斑細菌病耐病性。
ライ太郎	超極早生	タキイ種苗(株)	3月下旬～10月中旬	3月～5月、 9月～11月	3月～5月、 9月～11月	8～10	低温条件下で発芽・生育良好、 キタネコブセンチュウ密度抑制。
緑春Ⅱ (レンズアブルツィ)	極早生	雪印種苗(株)	3月下旬～5月上旬、 9月上旬～10月中旬	3月上旬～4月中旬、 9月下旬～12月上旬	1月下旬～4月中旬、 10月上旬～12月下旬	6～8	早春の伸長性大、表土の飛散防止、 耐寒・耐雪性。
ハルミドリ	極早生	カネコ種苗(株)	3月下旬～6月、 8月～10月	3月～5月、 9月～11月	3月～5月、 9月～11月	6～10	硬盤破碎、敷きワラ、飛砂防止、 黒斑細菌病耐病性、耐寒性、耐雪性。
緑肥用クリーン	極早生	カネコ種苗(株)	3月下旬～6月、 8月～10月	3月～5月、 9月～11月	3月～5月、 9月～11月	6～10	キタネグサレセンチュウ密度低減効果、 耐寒性、耐雪性、黒斑細菌病耐病性。
キングライ麦	早生	タキイ種苗(株)	9月下旬～10月下旬	3月～5月、 9月～11月	9月～11月	8～10	耐病性・耐倒伏性大、 春の生育が極めて早い。
R-007(ウィーラー)	中晩生	雪印種苗(株)	3月下旬～5月上旬、 9月上旬～10月中旬	3月上旬～4月中旬、 9月下旬～12月上旬	1月下旬～4月中旬、 10月上旬～12月下旬	10～15	秋まきでキタネグサレセンチュウ抑制効果、 晩秋に播いても越冬可能、表土の飛散防止。
緑肥用ライ麦(晩生)	晩生	タキイ種苗(株)	3月下旬～5月上旬、 9月～10月中旬	3月～5月、 9月～11月	3月～5月、 9月～11月	8～10	出穂期の有機物量が豊富、 黒斑細菌病耐病性、耐雪性。

品種選定：上の表の品種の特徴、早晩生などを参考にします。

播種時期：寒・高冷地（秋まき） 8月～10月 （春まき） 3月～5月
一般地（秋まき） 9月～11月 （春まき） 3月～5月
暖地 （秋まき） 9月～11月 （春まき） 3月～5月

播種量：8 kg/10a 程度

播種法：散播し（均一な播種には散粒機が有効）、播種後ロータリーによる浅耕で軽く覆土します。

施肥：野菜後作では、原則として無肥料です。

すき込みを早めたい場合、肥料分の少ないほ場では窒素 5 kg/10a 程度施肥します。

6-3 ラймギの生育

ライムギは耐寒性が強く、冬期間にも生育しますが、春以降急速に伸長します。出穂期を迎えた後も草丈は伸び続けます。出穂後、茎は硬くなります。

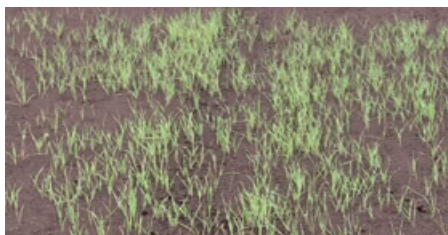


写真 6-2 播種後（3 葉期）



写真 6-3 草丈 30 cm 前後



写真 6-4 草丈 30 cm 前後
（すき込み適期）
「緑肥用ライムギ(雪印種苗)」



写真 6-5 出穂期
（草丈 150 cm 前後）
「緑肥用ライムギ(雪印種苗)」



写真 6-6 ラймギの根
（草丈 30 cm 時の
根、25 cm 程度）



写真 6-7 草丈 30
cm 時のライムギ根
域の断面図

6-4 すき込み

すき込み時期

草丈 30 cm 前後にすき込みます。この時のライムギは窒素肥効が高く、地力が低いほ場でも 20 kg/10a 程度の窒素すき込み量がありました（図 6-1）。

長野県内レタス産地（標高 750 m）において、標準施肥量である窒素 10 kg/10a 以上を確実に確保するためには、ライムギを 10 月中旬に播種し、4 月中旬にすき込む必要があります（図 6-2）。

春先のライムギの伸長は速いものの、草丈 30 cm 到達時期には 2～3 週間の品種間差（極早生～晩生）があるため、品種を組み合わせれば、作業の分散が可能です。

すき込み方法

草丈約 30 cm のライムギは 20 馬力程度のロータリーで容易にすき込むことができます。後作でマルチ栽培をする場合などには、その作業に影響しないよう、播種までに 20 cm 深で 3 回程度耕起し、分解を促します（写真 6-8）。



写真 6-8
すき込み
の様子
ロータリー
（20 馬力）
「緑肥用ライ
ムギ(雪印種
苗)」

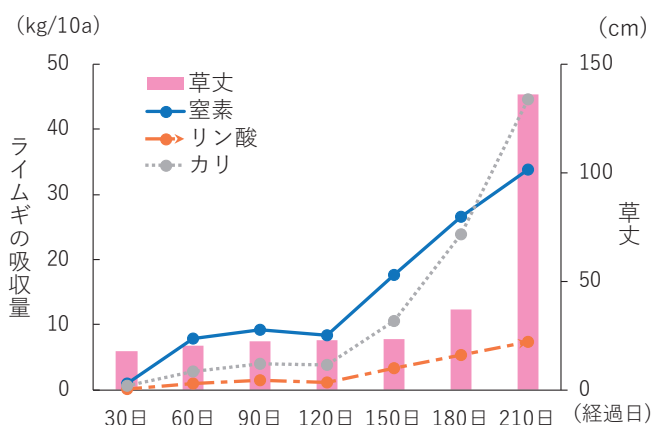


図 6-1 ラймギの養分吸収量と草丈の推移

* 播種 10 月中旬（長野県野菜花き試験場内、期間中（10/11～5/1）平均気温 9.1℃。「R-007（ウィーラー）」（雪印種苗）」
* 図では 180 日目（3 月下旬）に草丈 30 cm に達する。

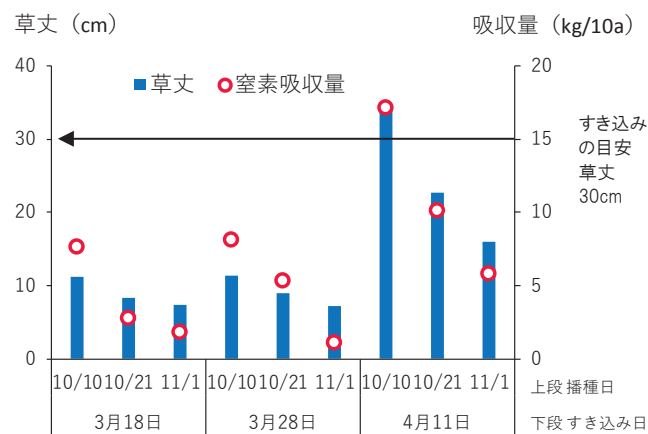


図 6-2 ラймギの播種・すき込み時期と草丈・窒素吸収量の関係

* レタス標準施肥量の 10 kg/10a の窒素吸収量を確実に得たのは「10 月中旬播種、4 月中旬すき込み」＝草丈 30 cm。

6-5 主作物の減肥栽培

窒素の無機化

草丈 30 cm 前後のライムギに取り込まれた窒素は、すき込み 1 か月後までに 50% 程度、2 か月後までに 70% 程度が無機化します（図 6-3）。

定植時期

越冬ライムギすき込み後、30 日程度でレタスを定植できます。すき込まれた残さによる作業性の低下やレタスの植え傷みを防ぐため、すき込みから全面マルチ作業まで 20 日程度、定植までの期間はさらに 10 日程度あけることが望ましいです（写真 6-9）。

施肥削減

- ア）草丈 30 cm 前後ですき込むことにより、後作レタスの窒素施用量を 3～5 kg/10a（30～50%）程度、削減することが可能です（表 6-1、6-2、図 6-4）。
- イ）草丈 30 cm 前後ですき込むことにより、後作レタスのカリ施用量は、カリ飽和度が 3% 以上のほ場では、慣行に比べ 5 kg/10a（50%）程度まで減肥が可能です（表 6-1、6-3、図 6-5）。

表 6-1 ライムギを草丈 30 cm 前後ですき込んだ後作レタスの施肥削減量（目安）

緑肥	後作レタスの施用量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/10a)	窒素削減率 (%)	カリ削減率 (%)
なし	10-10-10 ^{※1}	0	0
ライムギ	7-7-7～5-5-5 ^{※2}	30～50	50～70

※1 有効リン酸が改良目標値以上である場合の標準施肥量

※2 カリ飽和度 3% 以上の場合

表 6-2 ライムギの窒素供給効果を調べるためのレタスへの施肥試験の設計
(N-P₂O₅-K₂O kg/10a)

	2015年	2016年
慣行施肥	10-10-10	10-13-10
窒素30%減肥	7-10-10	7-13-10
窒素50%減肥	5-10-10	5-13-10
窒素80%減肥	2-10-10	2-13-10
窒素100%減肥	0-10-10	0-13-10

10aあたり硫酸、重焼燐2号、塩化カリにより施用

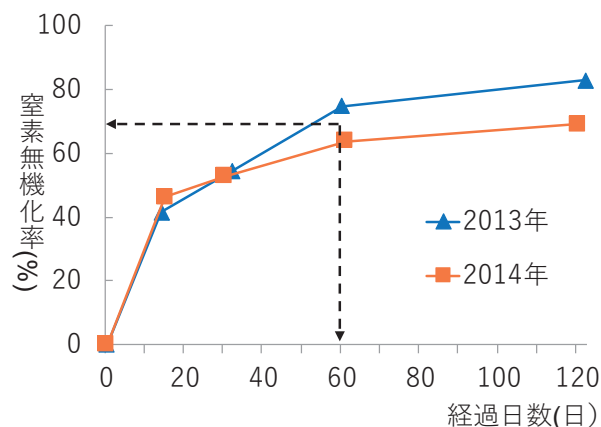


図 6-3 ライムギすき込み後の窒素の無機化率
埋設日：2013 年 4 月 5 日、2014 年 4 月 16 日。
「緑肥用ライムギ(雪印種苗)」



写真 6-9 ライムギ後のレタスの栽培

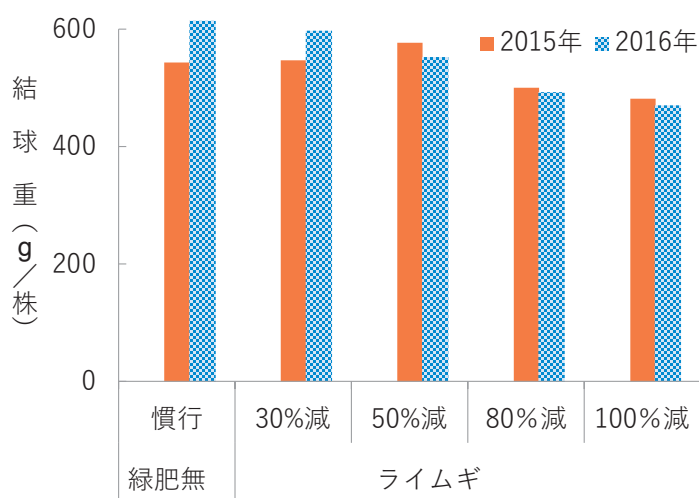


図 6-4 ライムギの有無と窒素減肥割合がレタス収量に及ぼす影響(2015、2016 年)

表 6-3 ライムギのカリ供給効果を調べるためのレタスへの施肥試験の設計 (N-P₂O₅-K₂O kg/10a)

2016年	
慣行施肥	10-13-10
カリ50%減肥	10-13-5
カリ70%減肥	10-13-3
カリ100%減肥	10-13-0

10aあたり硫安、重焼燐2号、塩化カリにより施用

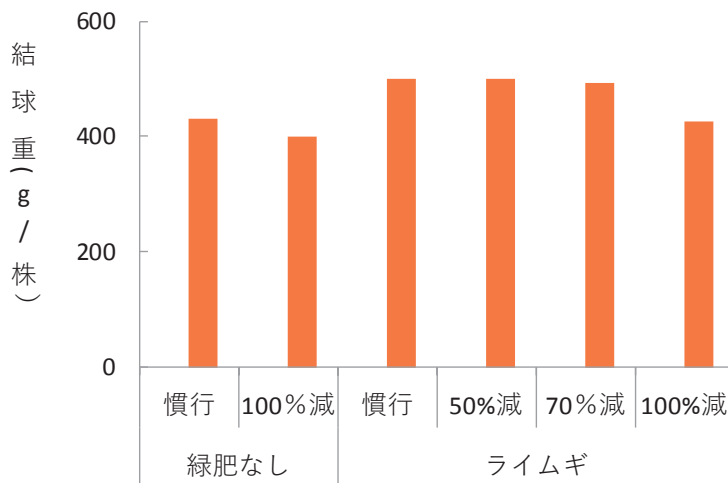


図 6-5 ライムギの有無とカリ減肥割合がレタス収量に及ぼす影響(2016 年)

6-6 養分供給以外の効果

有機物供給

肥効を活かしたい場合は草丈 30 cm 前後ですき込みますが、この時期のライムギは分解しやすいので、土づくり効果はやや低いです。そのため、土壌の物理性改善を期待する場合は、出穂期を迎えた頃(草丈 100 cm 前後)にすき込むことが望ましいです。ただし、フレールモアなどを利用した細断が、すき込み前に必要となります。

土壌の物理性改善

ライムギは太茎で根張りが良好です。地上部の草丈が 30 cm 前後であっても下層土の仮比重の低下がみられ、土壌の膨軟化が確認されています(表 6-4)。

表 6-4 ライムギすき込み後レタス収穫時の下層土(30 cm 深)の三相分布

	固相(%)	液相(%)	気相(%)	仮比重(g/ml)
ライムギ	34.8	30.8	34.3	0.79
緑肥なし	37.3	31.1	31.6	0.83

試験場所：現地ほ場、各区 3 反復

6-7 導入上の注意点

- ・肥料成分の少ないほ場では、有機物量を確保できない場合があるため、ライムギに対しておおむね窒素で 5 kg/10a 程度の施肥が必要です。
- ・耐寒性に優れるライムギですが、湿害には弱く、発芽・生育不良の原因となるため、排水不良畑は避けて導入して下さい。
- ・播種時期が遅すぎたり、翌春のすき込み時期が早すぎたりすると、生育量が不足し、十分な窒素量を確保できません。
- ・すき込みが遅れた場合、ライムギは木質化してしまいます。ロータリーでのすき込みでは絡まり易く、作業性が悪くなりますので、フレールモアなどで細断してからすき込むことが有効です。

6-8 ライムギの導入事例と経営評価

6-8-1 レタスの窒素・カリ減肥（長野県）

a) 栽培暦

1月			2月			3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月		
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下			
ライムギ						すき 込み		腐熟 期間		定 植		初夏 レタス				定 植		夏秋 レタス				播種		ライムギ											
																																			
耐寒性が強く生育 旺盛なライムギ (2月中旬)						草丈 30cm(長靴が埋 まる程度)ですき込み (4月上旬)						すき込み(30 馬力 トラクター使用)						ライムギすき込み後 約 4 週間で春レタス 定植 (5月中下旬)						夏秋レタス栽培終了 後ライムギ播種、越冬 (10月中・下旬)											

b) ねらい

- ・長野県では、レタスの連作による偏った土壌養分バランスを適正化しながら健全に生育できる土壌環境を整えるため、土壌病害の発生抑制、表土の風食低減、有機物の補給、土壌残存養分の回収・再利用を目的に緑肥を栽培しています。
- ・長野県ではレタスは全面マルチで栽培されています。ライムギは草丈が高くなると全面マルチ機のロータリーやコンベアに絡みやすいため、ライムギは草丈が低い時期にすき込みます。
- ・これまで緑肥導入による窒素・カリ施肥の削減は行われていませんが、草丈 30 cm 前後のライムギ導入によりレタスの収量を減らすことなく、窒素・カリを減肥できます。

c) 導入効果

- ・草丈 30 cm 前後のライムギには多量の有機物補給（2～4t/10a）が期待できます。
- ・草丈 30 cm 前後のライムギは 30 馬力のトラクターで十分にすき込むことができ、その後のマルチ栽培の作業性を損ないません。
- ・減肥しても慣行栽培と同等の収量が得られます。越冬ライムギを草丈 30 cm 前後ですき込むことにより、後作の初夏どりレタスの窒素が施肥基準の 50%（5 kg/10a）程度削減できます（図 6-6）。なお、カリについても、カリ飽和度 3%以上のほ場では施肥基準の 50%（5 kg/10a）程度の削減が可能です（P41、図 6-5）。

＜試験を行ったほ場＞ アロフェン質淡色黒ボク土（pH 6.5、可給態リン酸 55 mg/100 g 乾土、交換性カリ 65 mg/100g 乾土）

すき込んだライムギの特徴

生育 ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (kg/10a)	地上部 乾物重 (kg/10a)	炭素 含量 (g/kg)	窒素 含量 (g/kg)	リン 含量 (g P/kg)	カリウム 含量 (g K/kg)	C/N 比	1 年後 C 残存 率 (%)	同じ C 量を 残存させる 堆肥(kg/10a)
出穂前	32	4,116	547	396	41.3	11.2	50.5	9.6	11.9	279

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、22 kg N/10a、6.1 kg P₂O₅/10a、28 kg K₂O/10a

レタスの減肥栽培試験の施肥

(N-P₂O₅-K₂O) (kg/10a)

	基肥（合計）
慣行施肥	10-10-10
窒素 30%減肥	7-10-10
窒素 50%減肥	5-10-10
窒素 100%減肥	0-10-10

(kg/10a)

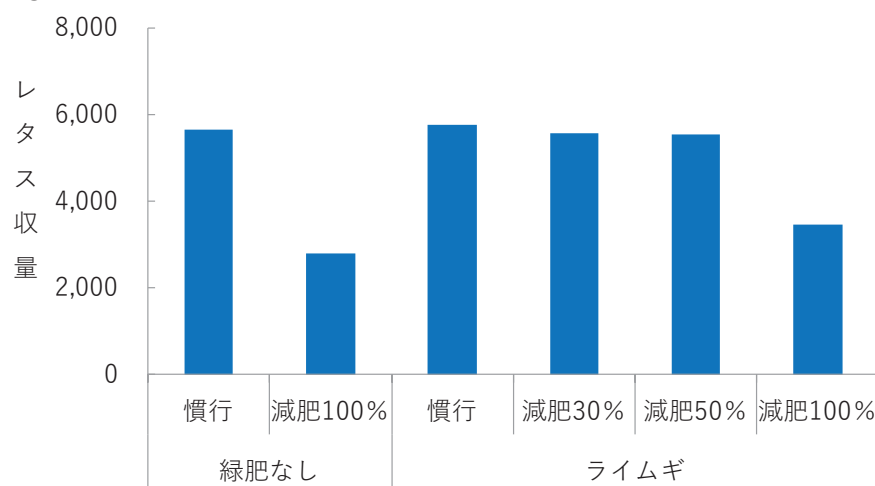


図 6-6 緑肥と窒素減肥がレタスの収量に及ぼす影響

d) 経営評価

- ・緑肥をすき込むことによる肥料や堆肥の節約で、10a あたり約 7,680 円の所得増の可能性あります。
- ・労働時間は緑肥のすき込みなどのため 10a あたり 1 時間程度増加します。

緑肥導入による所得増加の可能性

緑肥導入により	項目	内容	価格 (円/10a)
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子 (播種量 8 kg/10a)	4,480
	減価償却費	フレールモア	0
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	1,349
	小計 (A)		5,829
削減される費用	資材費	化学肥料	8,428
		牛ふん堆肥	1,535
	燃料費	堆肥散布・施肥・除草	45
	委託費	堆肥散布	3,500
	小計 (B)		13,508
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	<収量 0 kg/10a 増> 0
	小計 (C)		0
所得増効果	(C)-(A)+(B)		7,679

長野県農業経営指標（2009 年 6 月）を参考に作成。

- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥すき込みのための労働時間が 10a あたり 60 分増加。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 560 円/kg (2019 年 8 月現在)、播種量 8 kg/10a として算出。
- 3) 本技術は新たな機械利用が不要のため、減価償却費は計上しない。
- 4) 燃料単価は 128.5 円/L として算出 (経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査、軽油)。
- 5) 削減される化学肥料費は、上記の試験結果に基づき、野菜複合肥料を施肥基準の 50%削減とし、価格は参考価格 (JA 全農長野から聞き取り) を用いて算出。
- 6) 本緑肥が牛ふん堆肥 (水分 65.5%) を 279kg/10a すき込んだのと同等の炭素貯留効果があるとする試験結果 (長野県) に基づき、堆肥の削減可能量を設定。堆肥の価格 5,500 円/t、削減 279 kg/10a として算出。堆肥価格は現地参考価格 (JA 洗馬から聞き取り) による。

第7章 ヘアリーベッチ

7-1 ヘアリーベッチの特徴

7-1-1 作物としての特徴

ヘアリーベッチはマメ科の緑肥作物で、耐寒・耐雪性に優れており、越冬が可能な越年草です。秋または早春に播種し、春先から急生長し全面被覆します（写真 7-1）。根は深く伸長（深度 50 cm 程度）することで土壤に亀裂ができ、排水性が改善されます。蔓性で茎は 200 cm 以上に伸長し、50 cm ほどの草高で地面全体を覆うように生長します。被覆力はとても強く、加えて他の雑草の生長を抑制する作用（アレロパシー作用・他感作用）もあるので、耕作放棄地や果樹園などで雑草防止にも利用されています。



写真 7-1 ヘアリーベッチ生育の様子

7-1-2 緑肥としての特徴

マメ科植物であるため、根に根粒を形成して窒素を固定し、窒素集積量は 15～25 kg N/10a となり、土壤にすき込めば窒素肥沃度が向上します。C/N 比は 10～12 と低いために、土壤中で比較的早く分解され、大幅な窒素肥料の削減が可能となります。

7-2 品種と栽培方法

品種	メーカー	播種時期			播種量 (kg/10a)	品種の特徴
		寒・高冷地	一般地	暖地		
ウインターベッチ	タキイ種苗(株)	4月～5月上旬、 9月～10月中旬	3月～4月中旬、 9月中旬～11月上旬	2月中旬～3月、 9月下旬～11月	3～5	晩生品種。低温、積雪に強く、北海道、東北地方で越冬を確認済み。
寒太郎（サバン）	雪印種苗(株)	4月上旬～5月上旬、 9月上旬～10月中旬	3月上旬～4月上旬、 9月中旬～11月上旬	2月中旬～3月下旬、 9月下旬～11月下旬	3～5	
しげまるくん	カネコ種苗(株)	4月～6月、9月～10月	3月～4月、9月～11月	2月～3月、9月～11月	3～5	
藤えもん（マッサ）	雪印種苗(株)	4月上旬～5月上旬、 9月上旬～10月中旬※	3月上旬～4月上旬、 9月中旬～11月上旬	2月中旬～3月下旬、 9月下旬～11月下旬	3～5	早生品種。湿害に比較的強い。 ※寒冷地の秋播きでは晩生品種の使用を推奨する。
ナモイ	タキイ種苗(株)	4月～5月上旬、 9月～10月中旬※	3月～4月中旬、 9月～11月	2月中旬～3月、 9月下旬～11月	3～5	早生品種で初期生育が早い、耐寒性は弱い。 ※寒冷地の秋播きでは晩生品種の使用を推奨する。
まめ助（ナモイ）	雪印種苗(株)	4月上旬～5月上旬、 9月上旬～10月中旬※	3月上旬～4月上旬、 9月中旬～11月上旬	2月中旬～3月下旬、 9月下旬～11月下旬	3～5	
まめっこ	カネコ種苗(株)	4月～6月、9月～10月※	3月～4月、9月～11月	2月～3月、9月～11月	3～5	

1) 品種選定

①晩生（耐寒性）品種（積雪寒冷地向け）

早生品種に比べて耐寒性、耐雪性に優れており、北陸、東北地方では 9 月下旬～10 月上旬に播種します。早生品種などに比べると耐湿性も優れており、排水不良の転換畑に適しています。最終的な生育量、窒素集積量は早生品種や中生品種より多くなります。

・商品名：ウインターベッチ（タキイ種苗）、寒太郎（サバン）（雪印種苗）、しげまるくん（カネコ種苗）

播種時期：秋まきの場合は 9 月中旬～10 月中旬。

播種量：3～4 kg/10a。

施肥量：窒素施肥はなし（※カルシウム資材で pH 5.5 以上にします）。

②早生品種（春まき向け）

耐寒性は晩生品種よりも弱く、北陸、東北地方、北海道では越冬できません。初期生育が早いので、春まきに適しています。暖地では越冬できるので、秋まきも可能です。

・商品名：ナモイ（タキイ種苗）、まめ助（ナモイ）（雪印種苗）、藤えもん（マッサ）（雪印種苗）、まめっこ（カネコ種苗）

播種時期：春まきの場合は2月中旬～4月中旬。秋まきの場合は9月中旬～11月初旬。

播種量：3～5 kg/10a。

施肥量：窒素施肥はなし（※カルシウム資材でpH 5.5以上にします）。

2) 播種方法

①稲刈り前の水稻立毛間に播種する場合

稲刈りの2～3日前に水稻立毛間に動力付散布機やラジコンヘリで均一に播種します（写真7-2）。その後、稲刈り時のコンバインから排出される稲わらで覆土の代わりとします（写真7-3）。



写真 7-2 立毛間播種の様子



写真 7-3 種子被覆の様子

②作物収穫後に播種する場合

ロータリーで10～15 cmの深さで耕起します。動力付散布機やブロードキャスターなどで均一に播種し、ロータリーまたはハローで浅く（2～3 cm）耕起して覆土します（写真7-4）。

※深く（5 cm以深）耕起しすぎると、土壌に深く入った種子は発芽しない場合があります。



写真 7-4 覆土の様子

7-3 ヘアリーベッチの生育

ヘアリーベッチは播種後10日程度で発芽し、越冬前（11月下旬）までに草丈5～10 cmとなります。越冬後の4～6月にかけて旺盛に生育します（図7-1）。ヘアリーベッチは根粒菌と共生して窒素固定するため、生育量が大いほど窒素集積量が高まり、良好な生育を確保することが減肥栽培のポイントとなります。

ヘアリーベッチの草丈を測定すると、ほ場に還元する窒素量を簡単に推測できます。図7-2のようにヘアリーベッチの草丈が20 cmでは10aあたりおよそ4 kgの窒素が、40 cmでは10aあたりおよそ7 kgの窒素がすき込まれると推定されます。ただし、ヘアリーベッチの草丈が40 cmを超えてくると、窒素集積量に変動が生じやすくなり、窒素集積量が推定値とあわなくなるため、注意が必要です。

写真7-5のように長靴や自分の膝丈を目安にすると、より手早く草丈ならびに窒素量が判断できます。

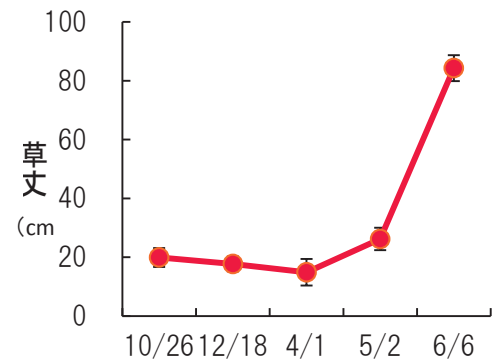


図 7-1 ヘアリーベッチの草丈の推移

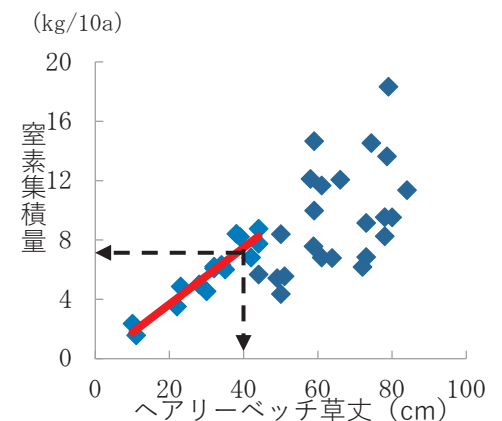


図 7-2 ヘアリーベッチの草丈と窒素集積量の関係



写真 7-5 ヘアリーベッチの生育と窒素集積量の関係

7-4 すき込み

ヘアリーベッチをすき込む前にフレールモアやストローチョッパーなどで細断します（写真 7-6、7-7）。耕起作業を支障なく行うためには、つる状に繁茂したヘアリーベッチを短く細断する必要があります。細断したヘアリーベッチが乾燥して黄褐色に変色したら、ロータリーで土壌にすき込みます。ヘアリーベッチの草丈が低い場合は（約 40 cm 未満）、細断せずにロータリーで直接すき込むことも可能です（写真 7-8、7-9）。



写真 7-6 フレールモア



写真 7-7 作業状況



写真 7-8 ロータリーによるすき込み



写真 7-9 すき込み時のロータリーの様子

7-5 主作物の減肥栽培

腐熟期間

ヘアリーベッチは土壌中で速やかに分解され、すき込んでから 2 週間で約 80 % が分解されます（図 7-3）。この期間には分解にともない有機酸などが発生したり、微生物が増殖したりするため、後作物の発芽、生育に悪影響を及ぼす可能性があります。また、ヘアリーベッチはアレロパシー物質（シアナミド）を含有するため、感受性が高い品目（ハウレンソウなど）は、発芽障害の発生に注意してください。

播種・定植時期

上記のような影響は品目により違いはありますが、すき込みから 5～14 日後に播種することが望ましいです。苗を移植する場合は影響が比較的小さいので、すき込みから 5～10 日程度おけば定植できます。

施肥削減

ヘアリーベッチ植栽により、窒素が 15～30 kg/10a 土壌に付加されます。ヘアリーベッチの生育状況によりおおよその窒素付加量を推定します（図 7-2、写真 7-5）。ヘアリーベッチの窒素は他の緑肥と比較して早く放出されること（図 7-3）、ヘアリーベッチ由来窒素の主作物による吸収率は 20～30 % であることを考慮し、減肥割合を計算します。

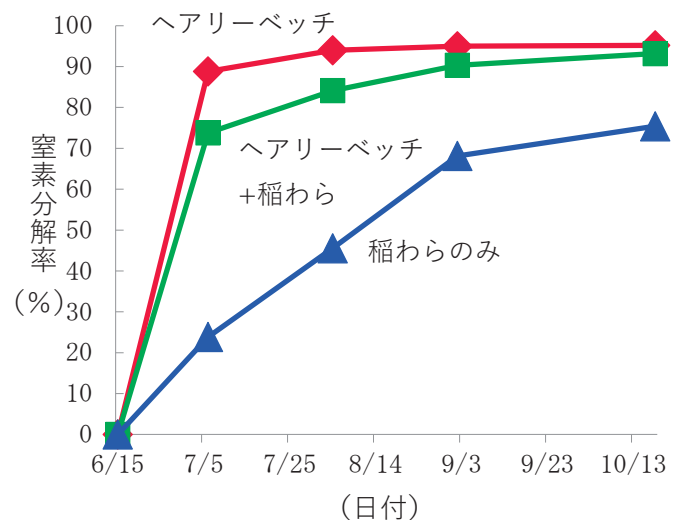


図 7-3 ほ場におけるヘアリーベッチおよび稲わらの窒素分解率の推移（6月15日すき込み）

7-6 養分供給以外の効果

排水性の改善

ヘアリーベッチの根は深さ 50 cm まで伸長し、ヘアリーベッチの根による水分吸収、蒸散作用により土壌の乾燥を促進します。粘土質の土壌では根に沿って土壌に亀裂ができ、排水性が改善され、土壌の酸化層が拡大します。

保水性向上と透水性改善、気相率の向上

ヘアリーベッチのすき込みにより土壌には大量の有機物が投入されることになり、堆肥を投入した場合と同等の物理性改善効果が期待できます。有機物の増加により土壌の保水性が向上するとともに、団粒構造の形成が促進されるために気相率が向上し、透水性も改善します。

しかし、ヘアリーベッチは堆肥に比べて C/N 比が低く分解しやすいため、例えば、1 年後に土壌に残存する有機物の量の割合は堆肥やイネ科の緑肥よりも少なくなります。

碎土率の向上

ヘアリーベッチの根は深さ約 10 cm までに多く存在し、粘土質の土壌ではそこに小さな亀裂が形成されます。そのために耕起したときの碎土率が高くなり、次の作物を播種した時に発芽率が向上します。

微生物性の改善

すき込まれたヘアリーベッチは、微生物の「炭素源」となることから、微生物バイオマスが増加します。また、ヘアリーベッチはアーバスキュラー菌根菌（AM 菌）とも共生するので、後作物の菌根菌共生率も高くなり、その養・水分獲得に有利になります。

雑草抑制

ヘアリーベッチはほ場全体を覆いつくし、光を遮るなどして物理的に雑草の生育を抑制する効果と、細断または枯死してからのマルチ効果、アレロパシー効果により雑草を抑制できます。

7-7 導入上の注意点

ヘアリーベッチ植栽に向けた排水対策

ヘアリーベッチは湿害に弱い植物ですので、粘土質の土壌や水田転換畑などの排水不良ほ場では、暗渠、明渠、補助暗渠を施工するなど、排水性を確保するためのほ場づくりが重要となります。

土壌 pH の矯正

ヘアリーベッチは土壌が酸性条件（pH 5.5 以下）だと著しく生育が悪くなり、越冬が難しくなります。したがって、土壌が酸性の場合は植栽に適した pH（目標 pH 6.0）に矯正する必要があります。

根粒菌の接種

ヘアリーベッチはマメ科植物ですので、根粒がつかないと正常に生育しません。ヘアリーベッチに感染できる根粒菌は土壌にもともと生存している場合もありますが、ヘアリーベッチ植栽歴がないほ場や長期間水田であったほ場には存在していないことが多いです。したがって、初めてヘアリーベッチを植栽する場合や水田転換畑では、根粒菌を接種することを推奨します。

※ヘアリーベッチ用の根粒菌接種資材「スーパーまめっち」は（株）秋田今野商店より製造販売しています。

完全受注生産のため、使用予定日の一ヶ月前までの発注をお願いします。

7-8 ヘアリーベッチの導入事例と経営評価

7-8-1 タマネギの窒素・リン酸・カリ減肥（北海道）

a) 栽培暦

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下

タマネギ収穫後には直ちにヘアリーベッチを播種

播種	ヘアリーベッチ	すき込み
----	---------	------

定植	タマネギ	収穫
----	------	----



定植後のタマネギ (6月)



収穫前のタマネギ (8月)



すき込み直前のヘアリーベッチ (10月中旬)

b) ねらい

- ・北海道では、北見市周辺などでタマネギの栽培が盛んで、安定生産と持続的な経営のために有機物補給を目的に堆肥や緑肥を導入している地域があります。
- ・通常、緑肥の導入後のタマネギに対する施肥の削減は行われていませんが、ヘアリーベッチの導入で、減肥をしながら、後作タマネギの収量を確保することが期待できます。

c) 導入効果

- ・減肥をしても慣行栽培なみの収量が得られます（図 7-4）。
- ・緑肥の根の伸長とすき込みによる土壌硬度の低下により、タマネギの根はりが良くなる傾向があります（図 7-5）。
- ・分解しやすいため、養分供給能が高い一方、有機物を蓄積する効果は大きくありません。
- ・減肥しないと、窒素過多による品質不良が生じる恐れがあるため、注意が必要です。

＜試験を行ったほ場＞ 試験地①細粒質普通粘土集積赤黄色土（pH 6.4、可給態リン酸 191 mg/100 g、交換性カリ 59 mg/100 g、無機態窒素 2.3 mg/100 g）、試験地②細粒質普通褐色低地土（pH 5.6、可給態リン酸 119 mg/100 g、交換性カリ 67 mg/100 g、無機態窒素 1.1 mg/100 g）。

すき込んだヘアリーベッチの特徴

生育 ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (kg/10a)	地上部 乾物重 (kg/10a)	炭素 含量 (g/kg)	窒素 含量 (g/kg)	リン 含量 (g P/kg)	カリウム 含量 (g K/kg)	C/N 比	1年後 C残存 率(%)	同じC量を 残存させる 堆肥(kg/10a)
栄養 生長	20～ 30	140～ 970	20～ 110	431～ 451	40～ 56	7～8	35～42	7.7 ～11	11.3	60

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、1.1～4.4 kg N/10a、1.5～8.1 kg P₂O₅/10a、2.1～11.1 kg K₂O/10a

タマネギ減肥栽培試験の基肥 (N-P₂O₅-K₂O) (kg/10a)

	試験地①	試験地②
慣行施肥	19-28- 14	20-36- 24
三要素（窒素・リン酸・カリ）減肥	9.8-19.6-9.8	14-25.2-16.8

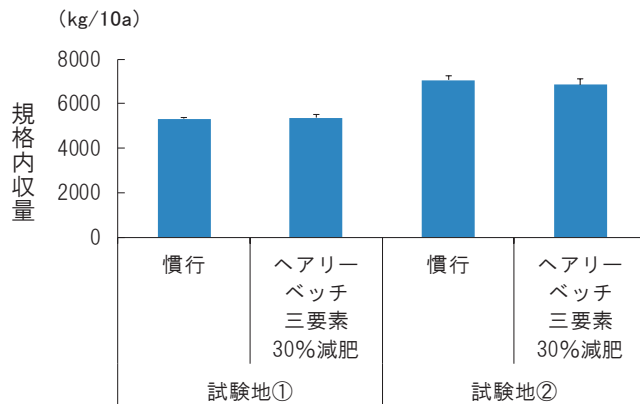


図 7-4 後作タマネギの収量 (試験地①、②)
エラーバーは標準誤差

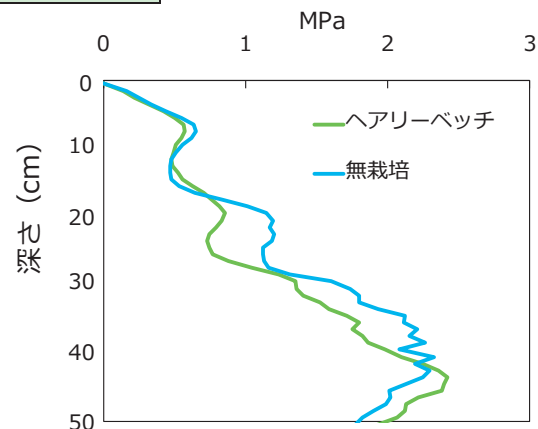


図 7-5 貫入式土壌硬度計による土壌硬度の違い (試験地①、2019年6月)

d) 経営評価

- ・緑肥利用による大きな所得増は見込めませんが、輪作と土づくりに貢献できます。
- ・労働時間は緑肥播種のため、10a あたり 0.5 時間ほど増加します。

緑肥導入による所得増加の可能性

緑肥導入により	項目	内容	価格 (円/10a)	
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子 (播種量5 kg/10a)	4,750	
		硫安 (10 kg/10a)	650	
	減価償却費	フレールモア	0	
		ブロードキャスター	857	
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	38	
	小計 (A)		6,295	
削減される費用	資材費	化学肥料	4,500	
		牛ふん堆肥	186	
	燃料費	堆肥散布・施肥・除草	57	
	委託費	堆肥散布	0	
	小計 (B)		4,743	
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	<収量0 kg/10a増> 0	<収量40 kg/10a増> 3,040
	小計 (C)		0	3,040
所得増効果	(C)-(A)+(B)		-1,552	1,488

- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥播種のための労働時間が10aあたり0.5時間程度増加。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格950円/kg、播種量5kg/10aとして算出。
- 3) 減価償却費は、ブロードキャスターの価格を600,000円、耐用年数を7年、道内平均タマネギ栽培面積5haとして算出。
- 4) 燃料単価は113円/Lとした(2015-2018年北海道3-11月最高値145円、免税32.1円)。
- 5) 削減される化学肥料費は、上記の試験結果に基づき、減肥量を36kg/10a、肥料価格は2,500円/20kgとして算出。
- 6) 本緑肥が牛ふん堆肥(水分77%)を0.06t/10aすき込んだのと同等の炭素貯蔵効果があるとする試験結果(北海道)に基づき、堆肥の削減可能性を設定。堆肥の価格を3,100円/tとして算出(2002年北海道堆肥センター調査平均値)。
- 7) 生産物の価格は食品流通段階別価格形成調査・青果物経費調査 生産者受取収入(2010~2014年の平均:76円/kg)を参考にした。収量増については、5年分の試験データを統合した。
- 8) 収量が増加しなかった導入事例と増加した導入事例があったため、それぞれについて試算。

7-8-2 キャベツの窒素・リン酸・カリ減肥（秋田県）

a) 栽培暦

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	

b) ねらい

- ・試験した地域では、業務用キャベツの栽培が盛んで、連作障害の回避や有機物補給を目的に緑肥を栽培しています。
- ・ヘアリーベッチの肥料効果を明らかにし、化学肥料の削減を目的として緑肥を活用します。
- ・元は水田であったため、ほ場の排水性を改善することもヘアリーベッチ導入の目的です。

c) 導入効果

- ・ヘアリーベッチを植栽し、標準量の施肥をした場合、約10%の増収が見込まれます（図7-6）。
- ・化学肥料を30%削減しても慣行栽培（堆肥＋標肥）と同等以上の収量が得られます（図7-6）。
- ・秋冬採り栽培のキャベツでは、定植前の雑草を抑制し、除草作業が削減できます。

<試験を行ったほ場> 普通灰色低地土（可給態窒素 7.1 mg/100 g、可給態リン酸 24.7 mg P₂O₅/100 g）

すき込んだヘアリーベッチの特徴

生育 ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (kg/10a)	地上部 乾物重 (kg/10a)	炭素 含量 (g/kg)	窒素 含量 (g/kg)	リン 含量 (g P/kg)	カリウム 含量 (g K/kg)	C/N 比	1年後 C 残存 率 (%)	同じC量を 残存させる 堆肥(kg/10a)
播種 98日	56.2	2,279	462	408	27.2	3.9	22.5	14.9	16.9	547

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、12.6 kg N/10a、4.2 kg P₂O₅/10a、12.5 kg K₂O/10a

キャベツ減肥栽培の施肥設計（N-P₂O₅-K₂O）（kg/10a）

緑肥処理	化学肥料	ヘアリーベッチすき 込み窒素(kg N/10a)	堆肥 (kg/10a)	施肥量(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O:kg/10a)	
				基肥	追肥
緑肥なし区	標肥	—	2000	25.0-6.0-12.0	1.6-0.4-1.6
ヘアリーベッチ区	標肥	12.6	0	25.0-6.0-12.0	
	30%減肥	(地上部)	0	17.5-4.2-8.4	

※施用した化学肥料の窒素成分の50%は、被覆尿素が含まれています。

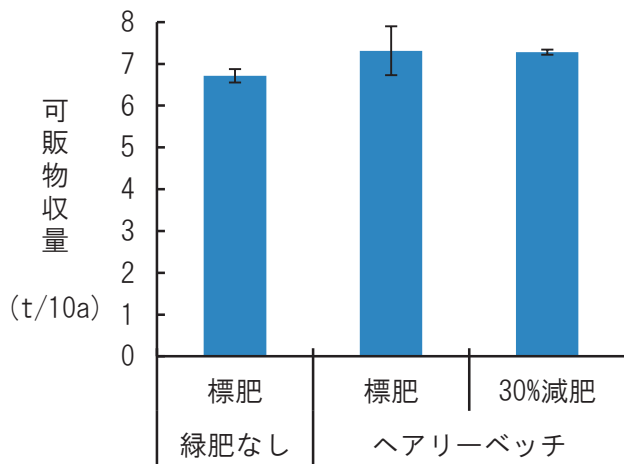


図 7-6 緑肥の有無とキャベツの収量
(2018 年、秋田県にかほ市)



写真 7-10 キャベツ定植前のほ場の様子
(2019 年 6 月、秋田県にかほ市) *ベッチはヘアリーベッチ

d) 経営評価

- ・ 緑肥導入により、化学肥料を 30%減肥した場合は、収量が慣行栽培と同等で、差し引きでは 10a あたり 4,898 円の所得増です。
- ・ 慣行栽培（標肥）に緑肥を上乗せした場合、約 10%程度の増収となり、その結果、10a あたり 37,712 円の所得増となります。

緑肥導入による所得増加の可能性

緑肥導入により	項目	内容	価格 (円/10a)	
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子 (播種量 3 kg/10a)	3,000	
	減価償却費	フレールモア	2,240	
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	475	
	小計 (A)		5,715	
削減される費用	資材費	化学肥料	< 30%減肥 > 5,346	< 標肥 (減肥せず) > 0
		牛ふん堆肥	5,000	5,000
		燃料費	堆肥散布・施肥・除草 267	267
		委託費	堆肥散布 0	0
	小計 (B)		10,613	5,267
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	< 収量同等 > 0	< 収量 10% 増 > 38,160
	小計 (C)		0	38,160
所得増効果	(C) - (A) + (B)		4,898	37,712

秋田県経営指標を参考に作成。

- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 1,000 円/kg、播種量 3 kg/10a として算出。
- 3) 減価償却費は、緑肥の導入面積を 5ha とし、フレールモアの価格を 784,080 円、耐用年数を 7 年として算出。
- 4) 燃料単価は 99 円/L として算出（経済産業省資源エネルギー庁調査の 2018.6～2019.5 の平均価格）。
- 5) キャベツ価格 954 円/15 kg とし、＜減肥せず＞は、目標収量の 10% 増（600 kg）とした。

7-8-3 長ネギの窒素減肥（秋田県）

a) 栽培暦

1月			2月			3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月		
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下			
									ヘアリーベッチをすき込んでから10～14日後に定植します。									収穫後は直ちにヘアリーベッチを播種します。									播種			ヘアリーベッチ					
ヘアリーベッチ									すき込み		定植		ネギ												収穫										
						ヘアリーベッチの窒素が10 kg/10a程度入るので、窒素肥料は、10～50%削減可能です。																													
すき込み直前(4月下旬)																								慣行			ベッチ植栽								

b) ねらい

- ・試験した地域は砂質の土壌で、地力が低く、肥料を多く使う状況にありました。このため、地力向上と減肥を目的として導入しました。
- ・作付け年数が長いほ場ではネギの生育が不均一で、連作障害がみられることもあり、その改善策で緑肥を導入することにしました。
- ・もともと水田だったため排水が悪く、排水を良くすることも目的のひとつです。

c) 導入効果

- ・地力増強と排水性向上により、ネギの生育が向上しました（写真 7-11）。
- ・葉の先枯れが出にくくなりました。
- ・30 %窒素減肥しても慣行栽培（標肥）と同等以上の収量が得られました（図 7-7）。

＜試験を行ったほ場＞ 粗粒質還元型グライ低地土〔砂壤土〕（可給態窒素 3.5 mg/100 g、可給態リン酸 65.1 mg P₂O₅/100 g）



緑肥なし区

ヘアリーベッチ区

写真 7-11 降雨後のほ場の様子
（秋田県にかほ市、2016 年 8 月 27 日）

すき込んだヘアリーベッチの特徴

生育 ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (kg/10a)	地上部 乾物重 (kg/10a)	炭素 含量 (g/kg)	窒素 含量 (g/kg)	リン 含量 (g P/kg)	カリウム 含量 (g K/kg)	C/N 比	1 年後 C 残存 率 (%)	同じ C 量を 残存させる 堆肥(kg/10a)
播種後 180 日	45	2,390	290	390	38	4	20	10.3	19.9	348

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、11 kg N/10a、2.7 kg P₂O₅/10a、7 kg K₂O/10a

長ネギ減肥栽培施肥設計 (N-P₂O₅-K₂O) (kg/10a)

試験区		ヘアリーベッチ すき込み量(kg-N/10a)	基肥施肥 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/10a)	追肥(2回) (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/10a)
緑肥なし区	慣行	-	12-6-6	8-0-0
ヘアリー ベッチ区	慣行	11.0 (地上部)	12-6-6	
	20%窒素減肥		8-6-6	
	30%窒素減肥		6-6-6	
	60%窒素減肥		0-6-6	

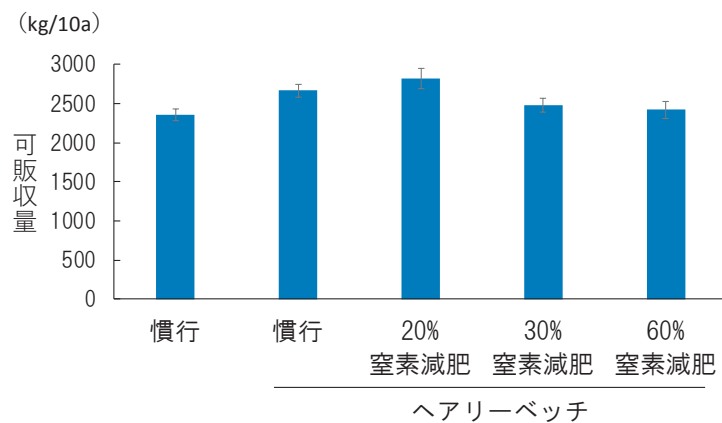


図 7-7 長ネギの収量
(2016 年、秋田県にかほ市)

※エラーバーは標準誤差

d) 経営評価

- ・緑肥を導入し化学肥料を 30%減肥して、収量が 100 kg/10a 増えた場合は 10a あたり 44,500 円の所得増、収量が 400 kg/10a 増えた場合は 10a あたり 170,500 円の所得増となります。
- ・緑肥導入により、播種・細断などに伴う労働時間が 10a あたり 2 時間増えます。

緑肥導入による所得増加の可能性

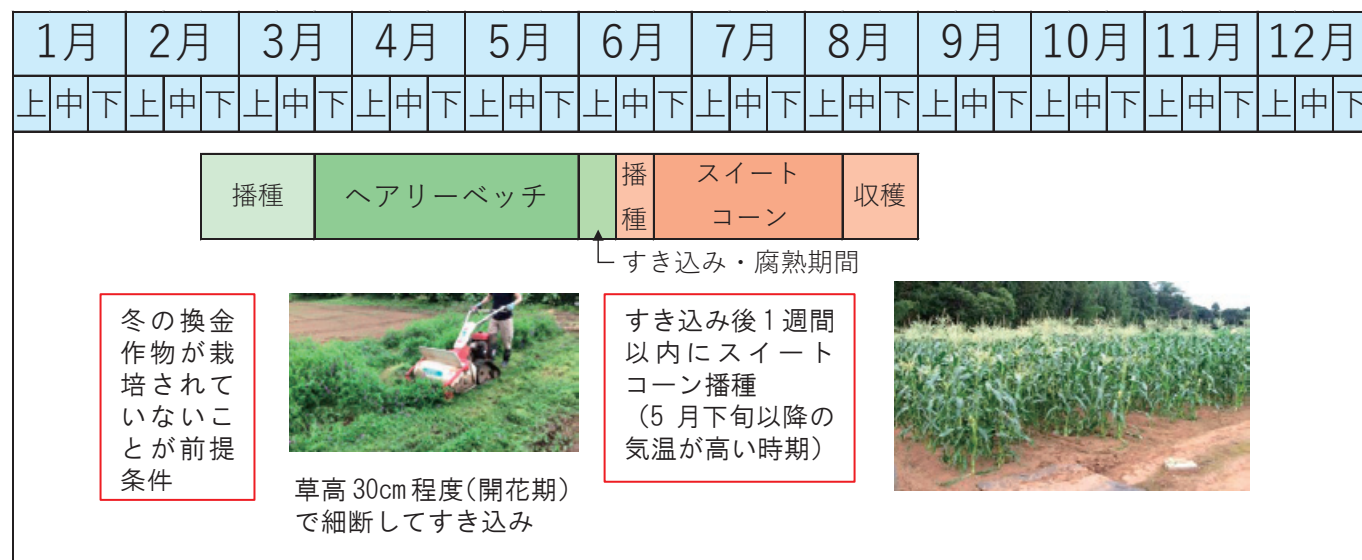
緑肥導入により	項目	内容	価格 (円/10a)	
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子 (播種量 3 kg/10a)	3,000	
		根粒菌資材	260	
	減価償却費	フレールモア	5,000	
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	1,240	
	小計 (A)		9,500	
削減される費用	資材費	化学肥料	4,500	
		牛ふん堆肥	5,000	
	燃料費	堆肥散布・施肥・除草	0	
	委託費	堆肥散布	2,500	
	小計 (B)		12,000	
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	< 収量 100 kg/10a 増 > 42,000	< 収量 400 kg/10a 増 > 168,000
	小計 (C)		42,000	168,000
所得増効果	(C) - (A) + (B)		44,500	170,500

秋田県にかほ市農家ヒアリングを参考に作成。

- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。緑肥導入により、播種・細断に関する労働時間が 2 時間/10a 増加。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 1,000 円/kg、播種量 3 kg/10a として算出。
- 3) 減価償却費は、フレールモア (刈幅 155 cm) の価格を 603,720 円、耐用年数を 5 年、緑肥導入面積を 10ha として算出。
- 4) 燃料単価は 100 円/L とした (秋田県 2018 年平均単価 132 円 - 軽油取引税 32 円)。
- 5) 主作物の価格など、収量増による収入増は、2018 年 10 月の大田市場取引価格 (420 円/kg) を基に算出。

7-8-4 スイートコーンの窒素・リン酸・カリ減肥（千葉県）

a) 栽培暦



b) ねらい

- ・ 多肥栽培であるスイートコーンの施肥コストを少しでも削減する目的でマメ科作物であるヘアリーベッチを導入します。
- ・ 千葉県は北海道に次ぐスイートコーンの大産地であり作型が幅広いですが、5月以降の露地マルチ栽培に導入することを想定しており、冬作の換金作物（キャベツやニンジンなど）が入っていないことを前提としています。

c) 導入効果

- ・ すき込み後、すぐに窒素が発現してくるためスイートコーンの初期生育が良好となります。
- ・ 窒素・リン酸・カリを30%減肥しても慣行栽培と同程度の収量が得られます（図7-8）。
- ・ <試験を行ったほ場> 腐植質普通黒ボク土（pH 5.8、可給態リン酸 0.9 mg/100 g、交換性カリ 42.6 mg/100 g、無機態窒素 1.6 mg/100 g）

すき込んだヘアリーベッチの特徴

生育 ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (kg/10a)	地上部 乾物重 (kg/10a)	炭素 含量 (g/kg)	窒素 含量 (g/kg)	リン 含量 (g P/kg)	カリウム 含量 (g K/kg)	C/N 比	1年後 C 残存 率 (%)	同じC量を 残存させる 堆肥(kg/10a)
開花期	100	2,525	463	466	38	3.0	38	12.4	26.4	787.4

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、18 kg N/10a、3.1 kg P₂O₅/10a、17.6 kg K₂O/10a

スイートコーン減肥栽培試験の施肥
(N-P₂O₅-K₂O) (kg/10a)

	基肥
慣行	19.6-19.6-19.6
30%減肥	13.7-13.7-13.7

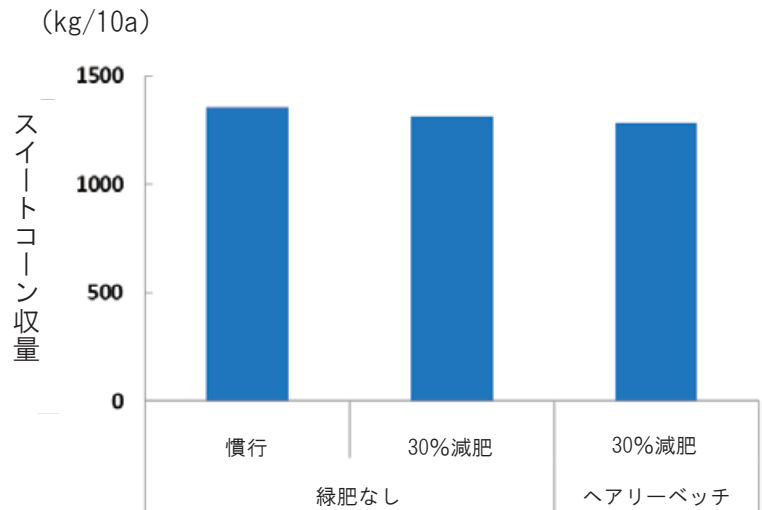


図 7-8 スイートコーンの収量

d) 経営評価

- ・ 緑肥をすき込むことによる収量増加への貢献度は小さいですが、有機物や窒素の蓄積による土づくり効果が期待できます。
- ・ 労働時間は、緑肥すき込みなどのため、10a あたり 3 時間増加します。

緑肥導入による所得増加の可能性

緑肥導入により	項目	内容	価格 (円/10a)
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子 (播種量 4 kg/10a)	3,800
	減価償却費	フレールモア	4,847
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	1,349
	小計 (A)		9,996
削減される費用	資材費	化学肥料	3,465
		牛ふん堆肥	3,028
	燃料費	堆肥散布・施肥・除草	420
	委託費	堆肥散布	2,593
	小計 (B)		9,506
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	<収量 0 kg/10a 増> 0
	小計 (C)		0
所得増効果	(C)-(A)+(B)		-490

- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥すき込みのための労働時間が 10a あたり 3 時間増加。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 950 円/kg、播種量 4 kg/10a として算出。
- 3) 減価償却費は、緑肥の導入面積を 14ha とし、フレールモアの価格を 475,000 円、耐用年数を 7 年として算出 (野菜経営収支計画表 (千葉県、2010 年))。
- 4) 燃料単価は 128.5 円/L として算出 (経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査、軽油)。
- 5) 削減される化学肥料費は、上記の試験結果に基づき、化学肥料削減量 42 kg/10a、肥料価格は、試験地の農協の販売価格から算出。
- 6) 本緑肥が牛ふん堆肥を 787.4 kg/10a すき込んだのと同等の炭素貯留効果があるとする試験結果に基づき、堆肥の削減可能量を設定。堆肥の価格 3,846 円/t (千葉県堆肥利用促進ネットワーク) とした。

7-8-5 スイートコーンの窒素・リン酸・カリ減肥（山梨県）

a) 栽培暦

1月			2月			3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月		
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下			
																											播種			ヘアリーベッチ					
ヘアリーベッチ						↑	腐熟期間		播種	スイートコーン						収穫																			
							すき込み																												
ヘアリーベッチをすき込んでから 28 日以上期間をおいて播種する（期間が短いと発芽不良が発生する）																																			
ヘアリーベッチのすき込みにより、窒素 10 ～ 30 kg/10a 程度入るので、肥料は、50%削減可能																																			
																																			

b) ねらい

- ・有機農業実践ほ場では、堆肥の連用などによるリン酸、カリ過剰など、土壤養分のアンバランス化が問題となっています。このため、リン酸、カリの投入をせずに有機物の補完と養分の供給を目的として導入しています。
- ・緑肥のもつ有機物補給効果を、家畜ふん堆肥との比較から明らかにし、堆肥に替わる土づくり資材として緑肥を活用します。
- ・通常、緑肥導入による窒素、リン酸、カリの三要素施肥すべてでの削減は行われていませんが、ヘアリーベッチ導入で、スイートコーンの収量を減らすことなく、窒素、リン酸、カリを減肥します。

c) 導入効果

- ・多量の有機物補給が期待できます。
- ・窒素・リン酸・カリを減肥しても緑肥なしの慣行栽培と同等以上の収量が得られます（図 7-9）。
- ・雑草抑制効果により除草作業が削減できます。

<試験を行ったほ場> 淡色黒ボク土（pH 6.7、可給態リン酸 24 mg/100 g、交換性カリ 68 mg/100 g）

すき込んだヘアリーベッチの特徴

生育 ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (kg/10a)	地上部 乾物重 (kg/10a)	炭素 含量 (g/kg)	窒素 含量 (g/kg)	リン 含量 (g P/kg)	カリウム 含量 (g K/kg)	C/N 比	1 年後 C 残存 率 (%)	同じ C 量を 残存させる 堆肥 (kg/10a)
開花前	—	3,700	393	421	47.5	11.2	47.1	8.9	19.9	309

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、18.7 kg N/10a、4.4 kg P₂O₅/10a、18.5 kg K₂O/10a

スイートコーン減肥栽培試験の施肥

(N-P₂O₅-K₂O) (kg/10a)

	基肥	追肥	合計
慣行施肥	15-20-15	10-0-10	25-20-25
三要素減肥	2.5-10-2.5	10-0-10	12.5-10-12.5

(kg/10a)

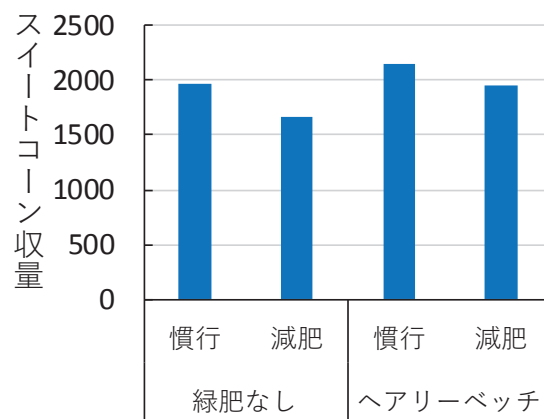


図 7-9 スイートコーンの収量

d) 経営評価

- ・ 緑肥をすき込むことによる肥料や堆肥に係るコスト削減で、10a あたり 21,903 円の所得増の可能性が
あります。
- ・ 労働時間は、緑肥すき込みなどのため、10a あたり 2 時間増加します。

緑肥導入による所得増加の可能性

緑肥導入により	項目	内容	価格 (円/10a)
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子 (播種量 5 kg/10a)	5,160
	減価償却費	フレールモア	7,376
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	270
	小計 (A)		12,806
削減される費用	資材費	有機質肥料	31,616
		牛ふん堆肥	3,003
	燃料費	堆肥散布・施肥・除草	90
	委託費	堆肥散布	0
	小計 (B)		34,709
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	< 収量 0 kg/10a 増 > 0
	小計 (C)		0
所得増効果	(C)-(A)+(B)		21,903

- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥すき込みのための労働時間が 10a あたり 3 時間増加し、堆肥散布作業が 1 時間減少。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 1,032 円/kg、播種量 5 kg/10a として算出。
- 3) 減価償却費は、緑肥の導入面積を 92a とし、フレールモアの価格を 775,000 円、耐用年数を 7 年として算出。
- 4) 燃料単価は 128.5 円/L として算出（経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査、軽油）。
- 5) 削減される肥料費は、上記の試験結果に基づき、減肥量 208 kg/10a より算出。肥料価格は、流通価格による。有機農業へ導入し、有機質肥料を削減できたものとして算出。
- 6) 本緑肥が牛ふん堆肥（水分 42.4%）を 309 kg/10a すき込んだのと同等の炭素貯留効果があるとする試験結果（山梨県）に基づき、堆肥の削減可能量を設定。堆肥の価格 9,720 円/t、削減量 309 kg/10a として算出。堆肥価格は流通価格による。

第8章 クロタラリア

8-1 クロタラリアの特徴

8-1-1 作物としての特徴

マメ科の植物で、細葉（写真 8-1）と丸葉（写真 8-2）の 2 種類があります。これらは葉の形状が異なるほか、生育速度に差が見られ、細葉が丸葉より初期生育に優れています。温暖な環境を好み、耐寒性は強くありません。また、根に根粒を着生するため、痩せた土地でも旺盛に生育します。



写真 8-1 クロタラリア（細葉）



写真 8-2 クロタラリア（丸葉）

8-1-2 緑肥としての特徴

イネ科のソルガムと比べると初期生育は緩やかですが、根粒菌による窒素固定があるため、窒素含量は多いです。すき込み後の分解に影響する C/N 比もソルガムほど高くありません。

播種から 60 日で草高が 1～2 m、収量が約 3～5 t /10a となり、その窒素吸収量はおよそ 20 kg/10a になるため、土壌にすき込むことで地力窒素の維持向上につながります。直根性で深く根が張るため、下層土の透水性や通気性の改善効果が期待できます。

8-2 品種と栽培方法

葉形	品種	メーカー	播種時期			播種量 (kg/10a)	品種の特徴
			寒・高冷地	一般地	暖地		
細葉	ネマコロリ	雪印種苗(株)	7月	5月中旬 ～7月下旬	5月上旬 ～8月上旬	6～8	初期生育極めて早い。サツマイモネコブセンチュウ抑制。
	クロタラリア	カネコ種苗(株)	—	4月～7月	4月～8月	5～6	初期生育良好。サツマイモネコブセンチュウ抑制。
	ネコブキラー	タキイ種苗(株)	6月～7月	5月～8月	5月～8月	6～8	ネコブセンチュウ、ダイシストセンチュウ抑制。
丸葉	ネマックス	雪印種苗(株)	7月	5月下旬 ～7月中旬	5月上旬 ～8月上旬	6～9	ネコブセンチュウ、ダイシストセンチュウ、ミナミネグサレセンチュウ抑制。
	ネマキング	雪印種苗(株)	7月	5月下旬 ～7月中旬	5月上旬 ～8月上旬	6～9	センチュウ抑制効果の幅が広い。 茎が空洞で硬くなりにくい。
	ネマクリーン	カネコ種苗(株)	—	6月～7月	5月～7月	5～6	ネコブセンチュウ、ミナミネグサレセンチュウ、ナミイシュクセンチュウなど抑制。

品種選定：播種時期や生育速度、線虫抑制効果など品種の特徴を参考に選定します。生育の早さや収量を重視する場合は細葉品種を、すき込みやすさを重視する場合は丸葉品種を選定すると良いでしょう。

播種時期：前ページの表を参考にします。

播種量：散播の場合は前ページ表を参考にし、条播の場合はその半量程度を目安にします。

播種法：散播もしくは条播とし、散播の場合は散粒機を利用すると短い時間で均一に播種することができます（写真 8-3）。

播種後はロータリーによる浅耕で覆土します（写真 8-4）。タイヤが通過して凹んだ部分でロータリー爪が土壌に軽くかかる程度が目安です。

施肥：根粒から窒素供給されるので痩せた土地でも旺盛に生育するため、施肥は必要ありません。



写真 8-3 散粒機による播種作業



写真 8-4 ロータリーによる覆土作業

8-3 クロタラリアの生育

愛知県内でクロタラリアの生育の違い（同一ほ場で播種 60 日目）を調査したところ、細葉のほうが丸葉より草高が高く、収量も多くなりました（写真 8-5、表 8-1）。

表 8-1 すき込み時のクロタラリアの生育

葉形	品種	草高(cm)	収量(t/10a)
細葉	ネマコロリ	130	3.51
	クロタラリア	136	2.91
	ネコブキラー	158	5.00
丸葉	ネマキング	93	2.85



写真 8-5 播種 54 日目の草姿（6 月 3 日播種）
播種量：6 kg/10a（散播）。



クロタラリアは直根性で、作土層には細根が良く発達します。一方、耕盤など硬い層の下方にも根が伸長し、この伸長量はソルガムと比べて多いです（写真 8-6、表 8-2）。

表 8-2 土壌の緻密度と植物根

層位	層界 (cm)	緻密度 (mm)	植物根*
1 作土層	0～11	14	多い
2 耕盤層	11～23	24	有り
3 下 層	23～	25	有り

* 植物根は断面に対する面積割合で評価。

多い：5～10%、有り：2～5%

播種54日目調査（6月3日播種）。

写真 8-6
クロタラリアの
根の伸長状況

8-4 すき込み

すき込み時期：播種後2か月程度を目安とします。

80馬力程度のロータリーであれば、余力を有してすき込むことができます（写真8-7）。

それより馬力の小さいトラクターの場合、播種後2か月を待たず、やや早めにすき込むと良いでしょう。

すき込み方法：細葉は、生育が進むとともに茎の繊維が硬くなるため、ロータリーの軸に絡み付きやすくなります（写真8-8）。可能であれば、フレールモアやハンマーナイフモアで細断してからすき込むことが有効です。細断ができない場合は、PTOを回転させず走り、植物体を踏み倒した後に（写真8-9）、反対側からロータリー耕をすると絡み付きにくくなります（写真8-10）。

丸葉は、細葉と比べて茎の繊維の硬化は進みにくく、すき込みが容易です。



写真8-7 ロータリー(80馬力)でのすき込み作業



写真8-8 ロータリーに絡みついたクロタラリア



写真8-9 トラクターによる踏み倒し



写真8-10 反対側からのロータリー耕

8-5 主作物の減肥栽培

腐熟期間：クロタラリアは、すき込み後2週間程度で急激に分解が進み、土壌中の硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)含量が増加します（図8-1）。

定植時期：急激な分解が落ち着いた、すき込み2週間目以降が、本作の定植時期の目安です。

施肥削減：分解によって速やかに無機態窒素が発現するため、基肥での窒素施肥量を削減します。このとき、すき込みから本作の定植までの期間により窒素施肥の削減量を加減します。すき込み後2週目であれば、6 kg/10aの窒素施肥量を削減で

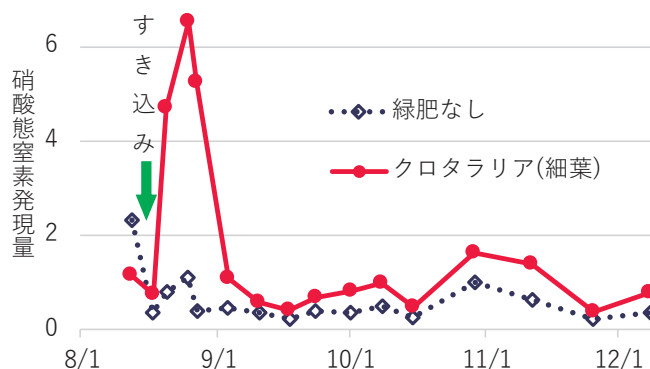


図8-1 クロタラリアすき込み後の土壌中硝酸態窒素含量の推移

きます。2 週目以降、溶脱などにより土壌中硝酸態窒素含量が減少するため、削減できる量は減少します。4 週目以降では削減せず、通常の施肥を基本とします。

8-6 養分供給以外の効果

すき込み時期のクロタラリアの水分は約 75%で、その乾燥物の炭素濃度は約 45%です。草高が 130 cm 程度まで生育したクロタラリアの現物収量は 3 t 程度のため、すき込みにより炭素として約 340 kgが土壌に還元されることになります。

クロタラリアの C/N 比は 18 程度であり、牛ふん堆肥と同程度です。そのため、一般的な牛ふん堆肥（水分 50%、乾燥物窒素濃度 2%）を 2 t 施用した場合と同等の炭素が補給されます。しかし、牛ふん堆肥の 1 年後の炭素残存率は 60%程度なのに対し、クロタラリアの残存率は 23%程度と低いことから、炭素貯留効果は牛ふん堆肥を 750 kg 施用した場合と同等になります。

表7-3 埋め込み1年後の炭素残存率

種 類	乾物残存率(%)	炭素残存率(%)
クロタラリア	30.4	23.4
ソルガム	26.1	20.3
牛ふん堆肥	70.0	60.1

8-7 導入上の注意点

生育初期からアザミウマ類が寄生しやすいため、ほ場周辺でアザミウマ類が加害する作物が栽培されている場合は注意が必要です。

生育途中でフザリウム菌による立ち枯れ症状が発生することがあります（写真 8-11）。一度発生すると年々発生量が増える傾向にあるので、緑肥作物の種類を変えるなどの対策が必要です（写真 8-12）。



写真 8-11 フザリウム菌による立ち枯れ症状



写真 8-12 激発した立ち枯れ症状

8-8 クロタラリアの導入事例と経営評価

8-8-1 サツマイモの窒素・リン酸・カリ減肥（千葉県）

a) 栽培暦

1月			2月			3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月		
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下			
サツマイモを休閑して クロタラリアを導入する												播種			クロタラリア			すき 込み			腐熟期間														
腐熟期間												挿苗			サツマイモ												収穫								
クロタラリアは 9 月中には すき込み、冬期間十分に分 解を促す																																			
												緑肥なし クロタラリア区																							

b) ねらい

- 千葉県成田市や香取市はサツマイモの一大産地であり、サツマイモネコブセンチュウ抑制効果のあるクロタラリア（本事例では丸葉タイプ）を導入することで線虫対策と土づくりを同時に実施しています。
- クロタラリアはマメ科の緑肥作物であるため窒素を豊富に含み、後作のサツマイモの減肥栽培に貢献します。

c) 導入効果

- 多量の有機物補給が期待できます。
- 窒素・リン酸・カリを 50%減肥栽培しても慣行栽培と同等以上のサツマイモ収量が得られます（図 8-2）。

＜試験を行った圃場＞腐植質普通黒ボク土(pH 6.3、可給態リン酸 1.4 mg/100 g、交換性カリ 45 mg/100 g、無機態窒素 5.5 mg/100 g)

すき込んだクロタラリアの特徴

生育 ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (kg/10a)	地上部 乾物重 (kg/10a)	炭素 含量 (g/kg)	窒素 含量 (g/kg)	リン 含量 (g P/kg)	カリウム 含量 (g K/kg)	C/N 比	1 年後 C 残存率 (%)	同じ C 量を 残存させる 堆肥(kg/10a)
開花前	157	4,183	699	319	24	2.0	27	19.2	11.9	509.9

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、17 kg N/10a、3.3 kg P₂O₅/10a、23 kg K₂O/10a

サツマイモ減肥栽培試験の施肥
(N-P₂O₅-K₂O) (kg/10a)

	基肥
慣行施肥	4.0-22.6-9.3
50%減肥	2.0-11.3-4.7

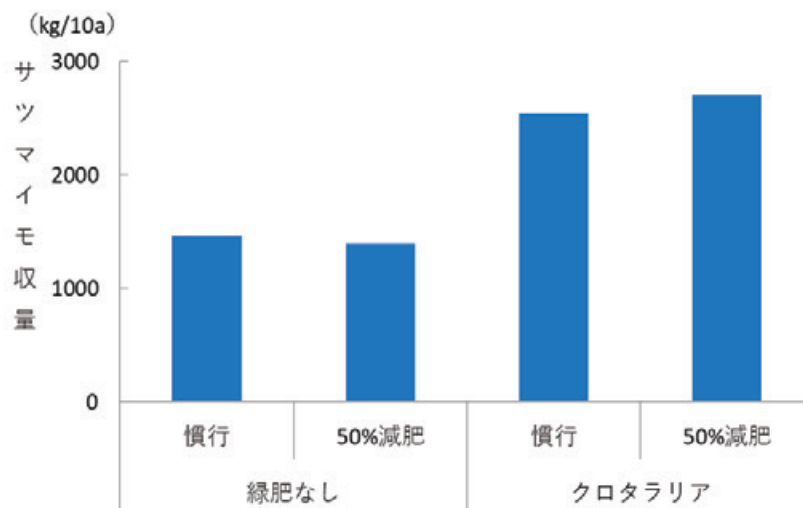


図 8-2 サツマイモの収量

d) 経営評価

- ・ 緑肥をすき込むことで、増収がもたらされ 10a あたり 20 万円程度の所得増の可能性があります。
- ・ この事例では、サツマイモを 1 年間休閑することから、その分の所得は減少します。
- ・ 労働時間は、緑肥すき込みなどのため、10a あたり 3 時間増加します。

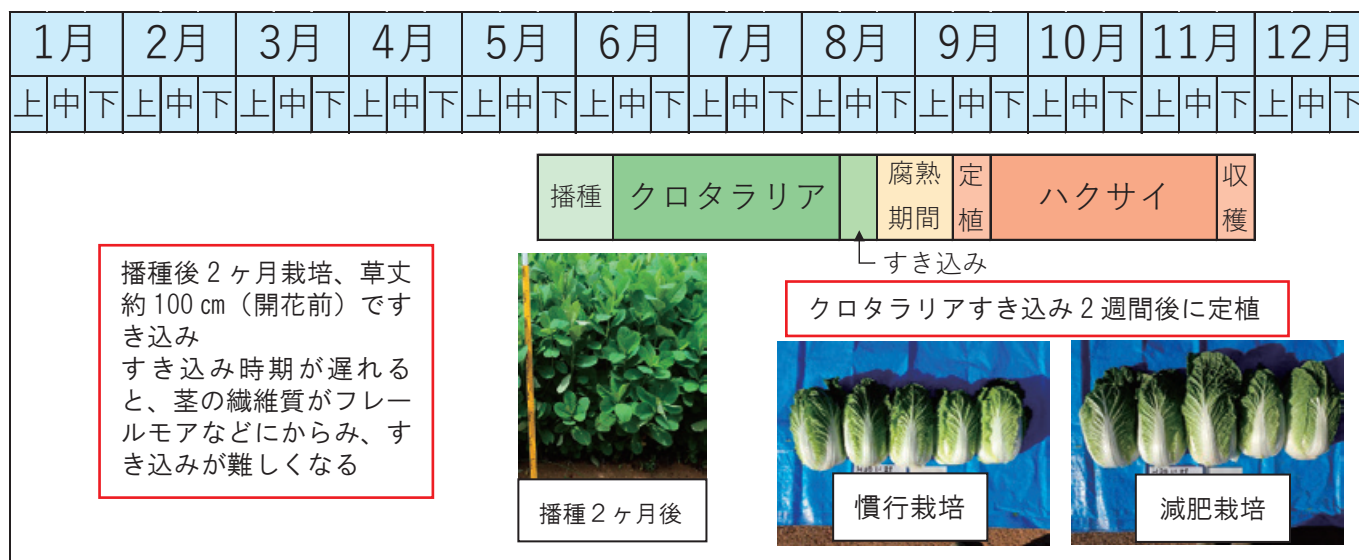
緑肥導入による所得増加の可能性

緑肥導入により	項目	内容	価格 (円/10a)
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子 (播種量 8 kg/10a)	11,600
	減価償却費	フレールモア	2,262
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	1,349
	小計 (A)		15,211
削減される費用	資材費	化学肥料	9,372
		牛ふん堆肥	1,961
	燃料費	堆肥散布・施肥・除草	630
	委託費	堆肥散布	2,593
	小計 (B)		14,556
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	<収量 1,247 kg/10a 増> 224,460
	小計 (C)		224,460
所得増効果	(C) - (A) + (B)		223,805

- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥すき込みのための労働時間が 10a あたり 3 時間増加。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 1,450 円/kg、播種量 8 kg/10a として算出。
- 3) 減価償却費は、緑肥の導入面積を 3ha とし、フレールモアの価格を 475,000 円、耐用年数を 7 年として算出（野菜経営収支計算表（千葉県 2010 年））。
- 4) 燃料単価は 128.5 円/L として算出（経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査、軽油）。
- 5) 削減される化学肥料費は、上記の試験結果に基づき、減肥量を 66 kg/10a とし、肥料価格を試験地での農協の販売価格から算出。
- 6) 本緑肥が牛ふん堆肥 509.9 kg/10a すき込んだのと同等の炭素貯留効果があるとする試験結果に基づき、堆肥の削減可能性を設定。堆肥の価格 3,846 円/t（千葉県堆肥利用促進ネットワーク）とした。

8-8-2 ハクサイの窒素・リン酸・カリ減肥（山梨県）

a) 栽培暦



b) ねらい

- ・有機農業実践ほ場では、堆肥の連用などによるリン酸、カリ過剰などがみられ、土壤養分のアンバランス化が問題となっています。このため、リン酸、カリを投入せずに有機物を補完することと減肥を目的として導入しています。
- ・緑肥のもつ有機物補給効果を家畜ふん堆肥との比較から明らかにし、堆肥に替わる土づくり資材として緑肥を活用します。
- ・通常、緑肥導入による窒素、リン酸、カリの三要素施肥すべてでの削減は行われていませんが、クロタラリア導入で、ハクサイの収量を減らすことなく窒素、リン酸、カリを減肥します。

c) 導入効果

- ・多量の有機物補給が期待できます。
- ・窒素・リン酸・カリを50%減肥しても慣行施肥と同等以上の収量が得られます（図8-3）。
- ・雑草抑制効果により除草作業が削減できます。

<試験を行ったほ場> 淡色黒ボク土（pH 6.7、可給態リン酸 15 mg/100 g、交換性カリ 36 mg/100 g）

すき込んだクロタラリアの特徴

生育 ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (kg/10a)	地上部 乾物重 (kg/10a)	炭素 含量 (g/kg)	窒素 含量 (g/kg)	リン 含量 (g P/kg)	カリウム 含量 (g K/kg)	C/N 比	1年後 C 残存 率 (%)	同じC量を 残存させる 堆肥(kg/10a)
開花前	100	4,030	558	456	26.3	5.1	53.3	17.3	27.7	798

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、14.7 kg N/10a、2.8 kg P₂O₅/10a、29.7 kg K₂O/10a

ハクサイ減肥栽培試験の施肥

(N-P₂O₅-K₂O) (kg/10a)

	基肥	追肥	合計
慣行施肥	15-28-15	8-0-8	23-28-23
三要素減肥	7.5-14-7.5	4-0-4	11.5-14-11.5

(kg/10a)

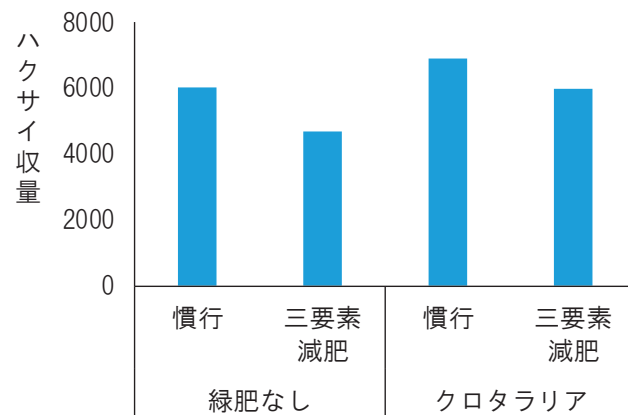


図 8-3 ハクサイの収量

d) 経営評価

- ・ 緑肥をすき込むことで、肥料や堆肥の節約により 10a あたり 59,609 円の所得増、または、減肥せず収量を増加させた場合には、10a あたり 123,040 円の所得増の可能性があります。
- ・ 労働時間は、緑肥すき込みなどのため、10a あたり 2 時間増加します。

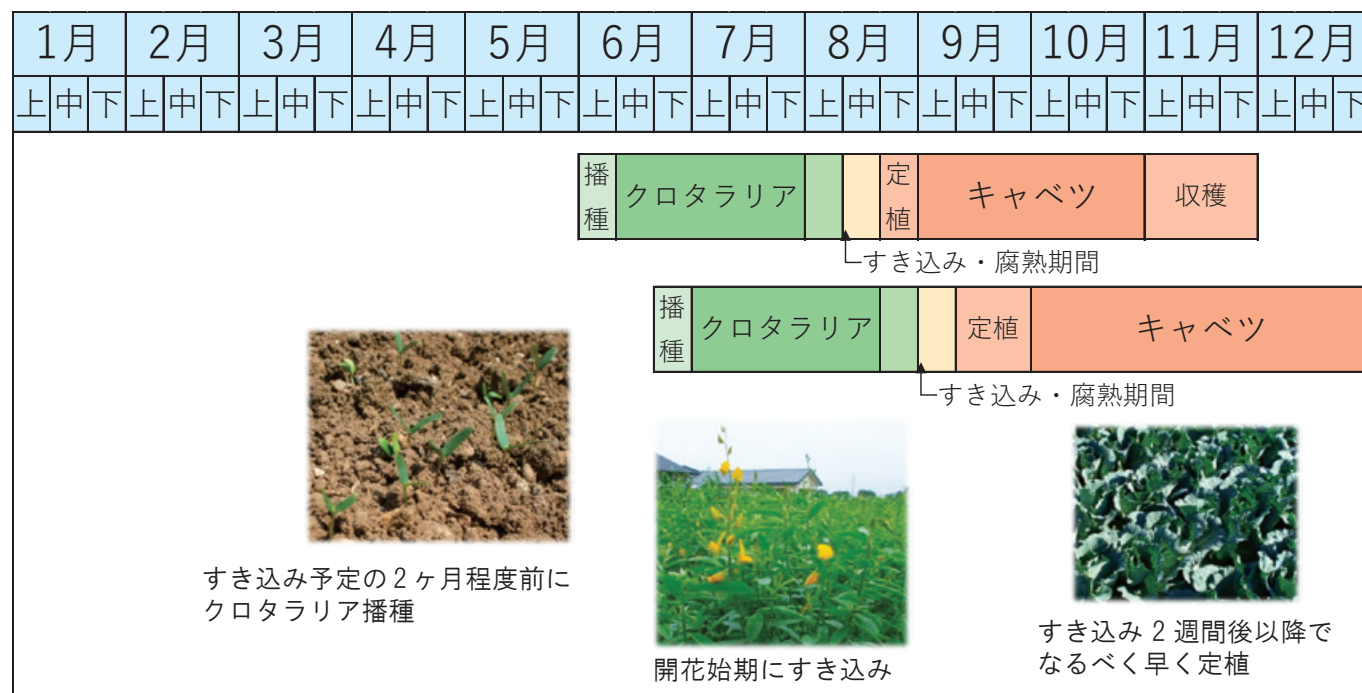
緑肥導入による所得増加の可能性

緑肥導入により	項目	内容	価格（円/10a）	
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子（播種量8 kg/10a）	9,984	
	減価償却費	フレールモア	7,376	
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	270	
	小計（A）		17,630	
削減される費用	資材費	有機質肥料	29,032	<減肥栽培> <減肥せず> 0
		牛ふん堆肥	7,776	7,776
		燃料費	90	90
		委託費	0	0
	小計（B）		36,898	7,866
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	<収量791 kg/10a増> 40,341	<収量2,604 kg/10a増> 132,804
	小計（C）		40,341	132,804
所得増効果	(C) - (A) + (B)		59,609	123,040

- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥すき込みのための労働時間が 10a あたり 3 時間増加し、堆肥散布時間が 1 時間減少。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 1,248 円/kg、播種量 8 kg/10a として算出。
- 3) 減価償却費は、緑肥の導入面積を 92a とし、フレールモアの価格を 475,000 円、耐用年数を 7 年として算出。
- 4) 燃料単価は 128.5 円/L として算出 (経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査、軽油)。
- 5) 削減される肥料費は、上記の試験結果に基づき、減肥量を 191 kg/10a とし、肥料価格には流通価格を用いて算出。有機農業へ導入し、有機質肥料を削減できたものとして算出。
- 6) 本緑肥が牛ふん堆肥 (水分 42.4%) を 0.8 t/10a すき込んだのと同等の炭素貯留効果があるとする試験結果 (山梨県) に基づき、堆肥の削減可能量を設定。堆肥の価格 9,720 円/t、削減量 0.8 t/10a として算出。堆肥価格は流通価格による。
- 7) 増収効果は、左記の試験結果に基づく。生産物の価格は、東京中央卸売市場 2018 年 11 月平均単価 51 円/kg による。

8-8-3 キャベツの窒素減肥（愛知県）

a) 栽培暦



b) ねらい

- ・愛知県では、イネ科緑肥のソルガムが主に栽培されていますが、一部では、やせた畑でも生育良好なマメ科緑肥のクロタラリアが栽培されています。
- ・緑肥のもつ有機物補給効果を、家畜ふん堆肥との比較から明らかにし、堆肥に替わる土づくり資材として緑肥を活用します。
- ・クロタラリアは窒素吸収量が多く、C/N比も低いため、後作キャベツ定植までの期間を短くすることにより、窒素減肥をします。

c) 導入効果

- ・クロタラリアすき込みからキャベツ定植までの期間が2週間程度の場合、後作キャベツで6 kg/10a（20%）程度窒素削減できます（図8-4）。
- ・定植までの期間が4週間以上の場合、窒素減肥はできませんが、冬季にかけて土壤中の硝酸態窒素（NO₃-N）含量が若干増加し、急な肥料切れが発生しにくくなります。

<試験を行ったほ場> 細粒質台地黄色土（pH 5.6、可給態リン酸 28 mg/100 g、交換性カリ 47 mg/100 g）

すき込んだクロタラリアの特徴

生育 ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (kg/10a)	地上部 乾物重 (kg/10a)	炭素 含量 (g/kg)	窒素 含量 (g/kg)	リン 含量 (g P/kg)	カリウム 含量 (g K/kg)	C/N 比	1年後 C残存 率(%)	同じC量を 残存させる 堆肥(kg/10a)
開花始期	163	2,203	482	453	25.1	1.7	33.2	18.3	23.4	472

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、12 kg N/10a、1.9 kg P₂O₅/10a、19 kg K₂O/10a

キャベツ減肥栽培試験の施肥

(N-P₂O₅-K₂O) (kg/10a)

	基肥	追肥	合計
慣行	15 - 15 - 30	15 - 0 - 0	30 - 15 - 30
窒素 20%減肥 (14 日後定植)	9 - 15 - 30	15 - 0 - 0	24 - 15 - 30
窒素 10%減肥 (28 日後定植)	12 - 15 - 30	15 - 0 - 0	27 - 15 - 30

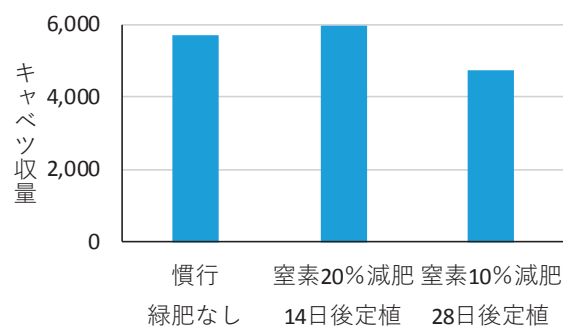


図 8-4 キャベツの収量

d) 経営評価

- ・クロタリアを導入して施肥量を 2 割削減することにより、10a あたり 6,000 円の所得増の可能性がります。
- ・労働時間は、緑肥の播種、すき込みで 10a あたり 2 時間程度増加しますが、除草のためのロータリー耕や堆肥散布作業で同程度の作業時間が短縮されるので、トータルの労働時間を増加させることなく導入が可能です。

緑肥導入による所得増加の可能性

緑肥導入により	項目	内容	価格 (円/10a)
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子 (播種量 6 kg/10a)	4,800
	減価償却費	フレールモア	7,000
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	1,285
	小計 (A)		13,085
削減される費用	資材費	化学肥料	3,800
		牛ふん堆肥	2,000
	燃料費	堆肥散布・施肥・除草	1,285
	委託費	堆肥散布	0
	小計 (B)		7,085
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	<収量240 kg/10a増> 12,000
	小計 (C)		12,000
所得増効果	(C)-(A)+(B)		6,000

- 1) 緑肥種子にかかる費用は、価格 800 円/kg、播種量 6 kg/10a として算出。
- 2) 減価償却費は、緑肥の導入面積を 1ha とし、フレールモアの価格を 490,000 円、耐用年数を 7 年として算出。
- 3) 燃料単価は 128.5 円/L として算出 (経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査、軽油)。
- 4) 削減される化学肥料費は、上記試験結果に基づき、基肥窒素を 6 kg/10a 削減できるものと考え、基肥 (N14%) の施用量を 80 kg/10a から 40 kg/10a に削減するものとして算出。
- 5) 本緑肥が牛ふん堆肥 (水分 50%) を 0.5 t/10a すき込んだのと同等の炭素貯留効果があるとする試験結果 (愛知県) に基づき、堆肥の削減可能量を設定。堆肥の価格円 4,000/ t、削減量 0.5 t/10a として算出。

8-8-4 ブロッコリーの窒素・リン酸・カリ減肥（長崎県）

a) 栽培暦

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下
				播種	クロタ ラリア	すき 込み	腐熟 期間	定植	ブロッコリー	収穫	
								クロタラリア（細葉）を播種後、50 日を目安にすき込みます。この時期のすき込みは作業性が良いです。 クロタラリアと鶏ふん堆肥の利用で、慣行の化学肥料施肥量の NPK 成分で 50 % 減肥が可能です。			
細断直前（7 月中旬）				すき込み後							

b) ねらい

- ・雲仙市周辺などでは閉鎖系水域があるため、環境保全型農業による化学肥料の減肥が推進されています。
- ・さらに畜産業が盛んな地域でもあることから、緑肥と鶏ふん堆肥を併用することで、慣行栽培での化学肥料由来の窒素、リン酸、カリ各成分を 50% 減肥するブロッコリー栽培がねらいです。
- ・化学肥料由来の窒素、リン酸、カリ各成分の 50% 減肥分を緑肥と鶏ふんの肥料効果でカバーする施肥体系です。
- ・緑肥と鶏ふん堆肥の肥料効果などにより、慣行の化学肥料施肥由来の窒素、リン酸、カリ各成分を 50% 減肥してもブロッコリーの収量を維持できます。

c) 導入効果

- ・緑肥と鶏ふん堆肥の施用で化学肥料（窒素・リン酸・カリ）を 50% 減肥しても慣行栽培と同等の収量が得られます（図 8-5）。
- ・クロタラリアのすき込みによって有機物補給が期待できます。

<試験を行ったほ場> 山地黄色土（pH 5.9、可給態リン酸 46 mg/100 g、交換性カリ 40 mg/100 g）

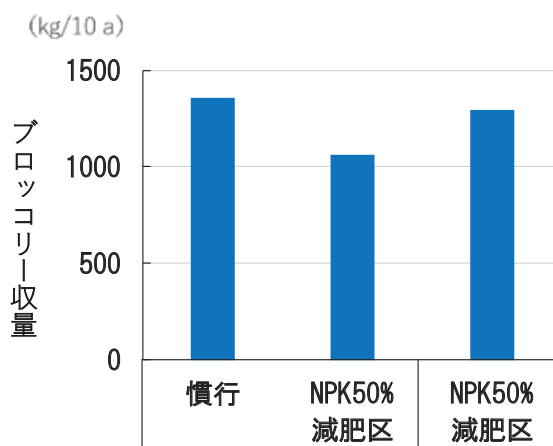
すき込んだクロタラリアの特徴

生育 ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (kg/10a)	地上部 乾物重 (kg/10a)	炭素 含量 (g/kg)	窒素 含量 (g/kg)	リン 含量 (g P/kg)	カリウム 含量 (g K/kg)	C/N 比	1 年後 C 残存 率 (%)	同じ C 量を 残存させる 堆肥 (kg/10a)
播種 57 日後	125	2,400	444	411	17.5	1.1	20.0	20	20	202

すき込んだ緑肥に含まれていた窒素、リン酸、カリは、7.9 kg N/10a、1.1 kg P₂O₅/10a、11 kg K₂O/10a

ブロッコリー減肥栽培試験の施肥 (N-P₂O₅-K₂O kg/10 a)

試験区	緑肥すき込み量 (Nとして)	鶏ふん堆肥 (Nとして)	化学肥料施肥量
慣行施肥	0	0	25.0-22.0-25.0
NPK50%減肥	0	0	12.5-11.0-12.5
NPK50%減肥 (緑肥+鶏ふん堆肥)	6.4	6.1	12.5-11.0-12.5



クロタラリア
鶏ふん堆肥

図 8-5 ブロッコリーの収量

d) 経営評価

- ・緑肥と鶏ふん堆肥を導入することで、846 円/10 a の負担増になりますが、土壌流亡抑制効果 (2,400 円/10a、長崎県緑肥栽培マニュアル) を考慮すると約 1,500 円/10a 所得増の可能性あります。
- ・労働時間は、緑肥細断などのため、10a あたり 2.5 時間増加します。

緑肥導入による所得増加の可能性

緑肥導入により	項目	内容	価格 (円/10a)
かかり増しになる費用	資材費	緑肥種子 (播種量 6 kg/10a)	5,832
		鶏ふん堆肥	2,246
	減価償却費	フレールモア	5,000
	燃料費	緑肥の播種・細断・すき込み	567
	小計 (A)		13,645
削減される費用	資材費	化学肥料	12,799
		牛ふん堆肥	0
	燃料費	堆肥散布・施肥・除草	0
	委託費	堆肥散布	0
	小計 (B)		12,799
収量・単価増による収入増	販売代金	収量増による	< 収量 0 kg/10a 増 > 0
	小計 (C)		0
所得増効果	(C)-(A)+(B)		-846

- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥すき込みのための労働時間が 10a あたり 2.5 時間増加。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 972 円/kg、播種量 6 kg/10a として算出。
- 3) 減価償却費は、緑肥の導入面積を 2ha とし、フレールモアの価格を 700,000 円、耐用年数を 7 年として算出。
- 4) 燃料単価は 126 円/L として算出 (経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査の 2018 年から過去 3 年分の 7 月平均価格、軽油)。
- 5) 削減される化学肥料費は、上記の試験結果に基づき、配合肥料 2,461 円/20 kg 袋を 10a あたり 10.5 袋使用する施肥体系から 50 % 減肥で 5.3 袋使用した場合として算出。

第9章 混播

9-1 混播の特徴

9-1-1 作物としての特徴

緑肥作物は通常単播で利用されることが多いのですが、2種類あるいはそれ以上の草種を混播することがあります。例えば、イネ科とマメ科の混播や生育の異なる草種（ヒマワリとヘアリーベッチなど）を使う事例などが挙げられます。

これら混播利用のメリットとして、越冬性の改善、バイオマス量の増加、雑草を抑制する効果の向上、利用土壌に対する適応性の向上などが挙げられますが、一方で、種子コストの増加、種子の粒径が異なる緑肥を同時に播種することの困難性といったデメリットも存在します。

9-1-2 緑肥としての特徴

マメ科とイネ科との混播では、マメ科単播と比べて、すき込み後の炭素残存率が高く（土づくり効果が高く）なります。

養分供給の効果は、両者の生育量の割合によって異なる可能性があります。

9-2 混播した緑肥の生育

それぞれの緑肥の生育は土壌条件や気象条件の影響を受け、すき込み時の生育量の割合は環境条件によって異なる可能性があります。例えば、マメ科とイネ科の混播では土壌中に多くの窒素が存在する場合はイネ科が優占し、少ない場合はマメ科が優占するというように、土壌中の窒素量などを反映した生育となります。播種日が異なれば発芽や生育初期の温度などの条件が異なるため、それぞれの緑肥の生育に影響すると考えられます。



写真 9-1 混播例：エンバク 7 kg/10a＋
ヘアリーベッチ 3 kg/10a
播種 45 日目（北海道由仁町、2016 年）
播種日：9 月 2 日



写真 9-2 混播例：エンバク 7 kg/10a＋
ヘアリーベッチ 3 kg/10a
播種 49 日目（北海道長沼町、2018 年）
播種日：10 月 18 日



写真 9-3 混播例：エンバク 3 kg/10a
＋ヘアリーベッチ 5 kg/10a
(商品名：まめゆたか)

エンバクとヘアリーベッチを混播する事例では、有機物量を求める場合、エンバクの播種量をやや多く、ヘアリーベッチの播種量を少なめにします(写真 9-1、9-2)。逆に、エンバクの播種量をやや少なめにすると、ヘアリーベッチのつるがエンバクに絡みつки、草姿が立型となります(写真 9-3)。この場合は、ヘアリーベッチの割合が増えるため、より多くの窒素の肥効が期待できます。

9-3 混播した緑肥の窒素無機化と炭素残存率

エンバクとヘアリーベッチとの混播の場合、緑肥に取り込まれた窒素はヘアリーベッチ単播に比べて、無機化がゆっくりと進みます(図 9-1)。また、ヘアリーベッチ単播に比べて炭素残存率はやや高くなり、土づくり効果が期待できます(図 9-2)。

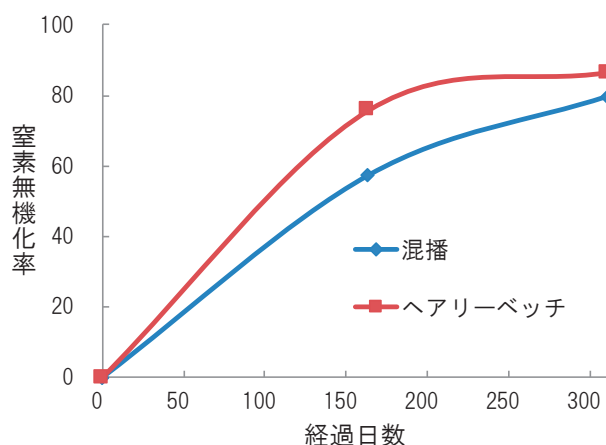


図 9-1 混播(エンバク 7 kg/10a＋ヘアリーベッチ 3 kg/10a)すき込み後の窒素の無機化率(北海道)
埋設日：2016 年 11 月 11 日

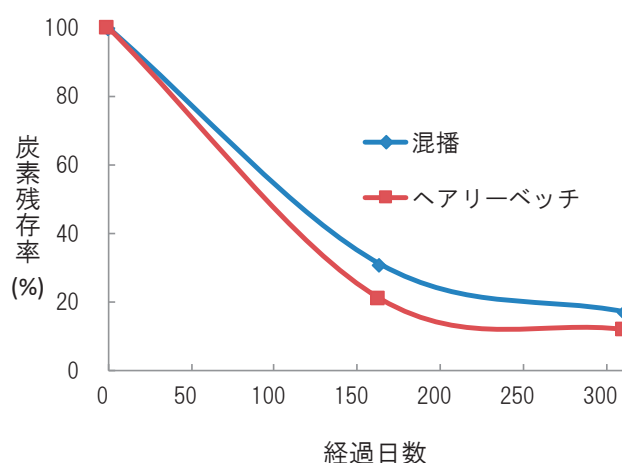


図 9-2 混播(エンバク 7 kg/10a＋ヘアリーベッチ 3 kg/10a)すき込み後の炭素残存率(北海道)
埋設日：2016 年 11 月 11 日

9-4 導入上の注意点

- ・播種量は単播同士の合算ではないので、種苗メーカーなどの資料を参考にしてください。
- ・種子の粒径が異なるため、種子を均一に混ぜて丁寧に播種する必要があります。
- ・緑肥の種類によっては、植物寄生線虫の対抗植物となる品種や商品がありますが、他草種との混播によりその効果が十分に発揮されない場合があります。

Q & A

Q 緑肥作物と堆肥では、効果が違いますか？

A 堆肥はほ場の外で腐熟させた有機物で、微生物による分解が進んでいるため、土の中では、微生物への影響はマイルドで、分解はゆっくり進みます。一方、緑肥は新鮮な有機物で、すき込まれると土壤中の微生物が増殖し、速やかに分解が進みます。その際、作物のリン酸吸収に役立つ微生物などが増えることが示されています。なお、緑肥をすき込んで最初に増殖するピシウムという菌は、発芽障害などを引き起こすため、すき込み後、腐熟期間をおいてから主作物を栽培する必要があります。特に、ピシウムが活発に活動する 10℃前後の地温の時期に主作物を植える時などには、十分な腐熟期間が必要です。

堆肥の施用では、ロータリーなどの機械で攪拌できる深さに有機物が供給されます。緑肥の地上部も同じ深さにすき込まれますが、緑肥の場合は、根が下層にも伸びます。硬い耕盤層に根が伸びることで、下層土が軟らかくなって主作物の根が伸びる範囲が広がったり、下層土の透水性が良くなることで、ほ場の水はけが良くなったりします。

養分のバランスも、堆肥、緑肥で異なります。また、堆肥の種類、緑肥の種類などによっても含まれる養分の量とバランスが違いますので、養分のバランスに気を付けて施用する有機物を決めることも大切です。

Q 緑肥にはいろいろな種類がありますが、どれを選べば良いでしょうか？

A 主作物の栽培時期を考えて緑肥の播種とすき込み時期を決めます。腐熟期間も考えて、その前にすき込みを終えることができる緑肥候補を第3章の播種適期の表 3-2 (P14) などで選びます。また、主作物に対して導入事例が認められている表 3-4 (P15) や本書の構成・使い方に示した表 (P3~4) を参考に、緑肥の候補を選ぶこともできます。播種時期が合った緑肥作物の中から、緑肥の導入に期待する効果 (表 3-3、P15) が得られる作物種を選びます。緑肥に期待できる効果には品種による違いがある場合があるほか、すき込み時期などによっても効果が違うことがあります。緑肥作物の候補が決まったら、第4章~9章を参考に品種や栽培条件を決めて導入して下さい。

Q マメ科以外の緑肥で、窒素減肥ができるのはなぜですか？

A マメ科作物は、根に共生する根粒菌の働きで、通常、作物が利用できない空気中の窒素ガスを養分として取り込みます。これを緑肥として土壌にすき込むと、次の作物の窒素源として利用されるため、窒素施肥を減らせます。一方、イネ科などの緑肥には根粒菌が共生しないので、窒素ガスを養分として取り込むことができません。では、マメ科以外の緑肥でも窒素施肥を削減できるのはなぜでしょうか。

野菜畑などでは、収穫後に多くの吸い残された養分が土壌に残っています。その養分は、収穫後の裸地期間の降雨で雨水とともに下層に流れて、作物の根の届かないところに移動してしまいます。緑肥は根を深くまで張れるので、移動していた養分を吸い上げることができます。これを主作物の栽培前にすき込むことで、主作物が吸収できる養分の量が増えて、施肥を削減することができます。特に、窒素は畑土壌中では水とともに下層に移動しやすい硝酸という形で存在することから、緑肥による吸い上げ効果が期待できます。この他、カリなども降雨により下層に移動しやすい養分であることから、緑肥の導入による溶脱防止とすき込みによる減肥が期待できます。

Q 各種緑肥を導入した場合に期待できる土づくりや減肥の効果の大きさを調べる方法がありますか？

A 本マニュアルでは、緑肥の土づくり効果は、土壌に混ぜた緑肥の分解率からその有機物蓄積効果を調べ、同等の効果をもつ牛ふん堆肥の量で示しています。肥料効果については、主作物の減肥試験から求めた減肥可能量で示しています。これらは、粗飼料の消化性を評価する際に用いられる酸性デタ

ージェント分析で緑肥を測定することでも推定できることが分かってきました。具体的には、酸性デタージェントトリグニンが多い緑肥ほど土づくり効果が大きく、酸性デタージェント可溶有機物が多い緑肥ほど窒素肥効が大きかったことから、これらを分析することでも各種緑肥の土づくり効果と肥料効果を推定できると考えられます。

Q ソルガムの生育が良くありません。どうすれば良いのでしょうか？

A 肥料成分の少ないほ場ではソルガムの連作障害が発生することがあります。その症状は、播種 2～3 週間後から葉が赤紫色になり生育が停滞します。この症状は、ソルガムを作らない期間を 1～2 年設けることにより回復することから、この間は、ギニアグラスなど他のイネ科緑肥などの導入を行うなどの対策を取って下さい。

Q 各社から様々なヘアリーベッチが販売されていますが、どれを使えばよいのでしょうか？

A お使いになる地域や播種時期により適正な品種が異なります。詳しくは、第 7 章の「品種と栽培方法」の表 (P44) をご覧ください。他の緑肥についても、第 4～8 章の同様の表をご覧ください。

Q ヘアリーベッチの生育が良くありません。どうすれば良いのでしょうか？

A ほ場が排水不良の場合は著しく生育が悪くなりますので、あらかじめ排水対策をしてください。また、土壌 pH が低い場合 (5.5 未満) でも生育不良になりますので、酸性矯正が必要です。根に根粒が着生していない場合は、土壌条件がよくても生育が悪くなるため、播種時に根粒菌の接種が必要になります (7-7 導入上の注意点 (P47) 参照)。

Q クロタラリアに立ち枯れ症状が出ました。どうすれば良いのでしょうか？

A クロタラリアの栽培を繰り返していると、生育途中でフザリウム菌による立ち枯れ症状が発生することがあります。一度発生すると年々発生量が増える傾向があることから、緑肥作物の種類を変えるなどの対策が必要です。

Q 線虫に効果がある緑肥は何ですか？

A 作物に有害な線虫にはいくつかの種類がいます。被害が出ている線虫の種類によって効果が期待できる緑肥の作物種、品種が異なります。被害を低減したい線虫に合わせて緑肥を選ぶ必要があります。

例えば、キタネグサレセンチュウには、エンバク野生種、ライムギ、スーダングラス、ギニアグラス、クロタラリアの中に効果のあるものが知られています。以下、ミナミネグサレセンチュウには、エンバク野生種、ギニアグラス、クロタラリアの中に、ミナミネコブセンチュウには、エンバク野生種、ライムギ、エンバク、スーダングラス、ソルガム、ギニアグラスの中に、サツマイモネコブセンチュウには、エンバク、ソルガム、ギニアグラスなどの中に、ダイズシストセンチュウには、クリムソクローバ、クロタラリアなどの中にそれぞれ効果があるものが知られています。

Q 緑肥をすき込むタイミングがわかりません。

A 緑肥の種類によって推奨されるすき込み期が変わりますのでご注意ください。例えば、クロタラリア (細葉) では播種 50 日後頃の開花期 (黄色の花が咲きます) が目安です。このタイミングを逃すと茎の繊維が非常に硬くなってロータリーに絡みやすくなることから、作業性が著しく悪くなることが予想されます。当マニュアルの第 4 章以降の「4. すき込み」をよくご確認ください。

Q フレールモアを持っていません。ロータリーだけでも、緑肥を導入できますか？

A 緑肥の種類と目的やすき込み時の生育ステージを選べば、フレールモアなどを使わずにすき込むことができます。詳しくはマニュアル P17 や第 4 章以降の各緑肥作物のページをご覧ください。フレールモアがない場合、緑肥が大きくなってしまうとすき込みが難しくなりますので、ロータリー耕でのすき込みに適した生育ステージですき込んでください。

本マニュアル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」（2015～2019）の成果の一部を利用し、有機質資材コンソーシアム「生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発」研究グループの責任において作成したものです。

プロジェクトリーダー・編集責任

農研機構中央農業研究センター 大谷 卓

編集代表・執筆

農研機構中央農業研究センター 唐澤 敏彦

編集・執筆

秋田県立大学 生物資源科学部 佐藤 孝

秋田県農業試験場 生産環境部 中川 進平

栃木県農業試験場 研究開発部 関口 雅史

千葉県農林総合研究センター 土壌環境研究室 塚本 崇志

山梨県総合農業技術センター 環境部 五味 敬子

長野県野菜花き試験場 環境部 鮎澤 純子

愛知県農業総合試験場 東三河農業研究所 森下 俊哉

長崎県農林技術開発センター 環境研究部門 五十嵐 総一

雪印種苗株式会社 植物機能性研究ⅡG 和田 美由紀

本マニュアルは、以下のサイトからPDFのダウンロードが可能です。併せてご参照ください。

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/134374.html

なお、本マニュアルの情報の掲載には十分な注意を払っておりますが、掲載された情報を利用することによって生じるいかなる損害などについて、理由の如何に関わらず、農研機構および上記機関は一切の責任を負いません。

本マニュアルに掲載されている情報へのご指摘、ご意見など、あるいは、本マニュアルの複製・転載のご希望がありましたら、下記連絡先までご連絡いただきますようお願いいたします。

本マニュアルに関するお問合せ先

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

中日本農業研究センター

〒305-8666 茨城県つくば市観音台 2-1-18

電話：029-838-8421（広報チーム）

電子メール：koho-carc@ml.affrc.go.jp

緑肥利用マニュアル ー土づくりと減肥を目指してー
(2020年3月)



発行 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
中日本農業研究センター
〒305-8666 茨城県つくば市観音台2-1-18
TEL：029-838-8421（広報チーム）