

土づくりと減肥のための緑肥利用 標準作業手順書



改訂履歴

版 数	発行日	改訂者	改訂内容
第 1 版	2021 年 2 月 5 日	松村 正哉	初版発行

2021 年 4 月 13 日

目次

はじめに	1
免責事項	4
著作権等に関する事項	4
I 土づくり・減肥に役立つ緑肥の効果	5
1. 土づくりに役立つ効果	5
2. 減肥に役立つ効果	8
II 緑肥の使い方	12
1. 緑肥の種類と選び方	12
2. 緑肥作物の栽培・すき込み方法	14
3. 腐熟期間	16
4. 主作物の減肥栽培	18
5. 利用上の注意点	19
III ソルガム	21
1. ソルガムの特徴	21
2. 主な品種と栽培方法	21
3. ソルガムの生育	23
4. すき込み	23
5. 主作物の減肥栽培	23
6. 導入上の注意点	27

7.	ソルガムの導入事例と経営評価	28
IV	エンバク	34
1.	エンバクの特徴	34
2.	主な品種と栽培方法	34
3.	エンバクの生育	36
4.	すき込み	36
5.	主作物の減肥栽培	36
6.	導入上の注意点	38
7.	エンバクの導入事例と経営評価	38
V	ライムギ	43
1.	ライムギの特徴	43
2.	主な品種と栽培方法	43
3.	ライムギの生育	45
4.	すき込み	45
5.	主作物の減肥栽培	46
6.	導入上の注意点	47
7.	ライムギの導入事例と経営評価	47
VI	ヘアリーベッチ	50
1.	ヘアリーベッチの特徴	50
2.	主な品種と栽培方法	50
3.	ヘアリーベッチの生育	53
4.	すき込み	54

5.	主作物の減肥栽培	54
6.	導入上の注意点	55
7.	ヘアリーベッチの導入事例と経営評価	56
Ⅶ	クロタリア	63
1.	クロタリアの特徴	63
2.	主な品種と栽培方法	63
3.	クロタリアの生育	65
4.	すき込み	65
5.	主作物の減肥栽培	65
6.	導入上の注意点	66
7.	クロタリアの導入事例と経営評価	67
Ⅷ	混播	74
1.	混播の特徴	74
2.	混播した緑肥作物の生育	74
3.	混播した緑肥の窒素無機化率と炭素残存率	75
4.	導入上の注意点	75
	参考資料	77
	緑肥の販売元に関する情報	77
	担当窓口、連絡先	77

はじめに

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。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利用されてきました。しかし、戦後、化学肥料が手に入りやすくなると、緑肥作物の栽培は減少しました。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、緑肥の導入によって土づくりや施肥のコスト削減を行うことが期待されています。

2. 本書の特徴

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タログで解説されています。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。

緑肥作物の種類、緑肥の播種・すき込みの時期、主作物の種類、緑肥すき込みから主作物の栽培までの期間などの組合せには、無限のパターンが考えられますが、本書には、その全ての組合せの検討結果を載せ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、すき込み時期が遅くなった場合、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。

3. 本書の構成・使い方

本書の構成は以下のとおりです。

I 土づくり・減肥に役立つ緑肥の効果

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わからない方は、こちらから読んでください。

II 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。どの緑肥作物を選んだら良いのかなどは、こちらを見て決めてください。

III以降 緑肥作物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、クロタラシ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、導入にあたっての注意点などを解説しています。また、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結果についても紹介しています。ここでは、収量の増減を踏まえて所得を試算しています。ほ場条件と緑肥の機能から、収量への影響を考えてご覧下さい。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、III以降の該当する章からご覧ください。

本書で紹介する緑肥の導入事例は、表1の通りです。

表1 本書で紹介する緑肥の導入事例ごとの所得への効果等一覧

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)	労働時間の増加	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		III-7-(1) P28
	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）		III-7-(2) P30
	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	VI-7-(1) P56
	愛知県					クロタリリア				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	VII-7-(2) P69
	山梨県						クロタリリア			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	VII-7-(1) P67
	長崎県					クロタリリア				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	VII-7-(3) P72
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	III-7-(3) P32	
	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	IV-7-(1) P39	
	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	V-7-(1) P48	
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	VI-7-(2) P59		
スイートコーン	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	VI-7-(3) P61		
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	IV-7-(2) P41		

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に基づいて算出したものです。詳しい算出の根拠については、各体系に対応した項目をご覧ください。緑肥導入による労働時間の増加の有無、緑肥導入のメリットと留意点も本表に記載しました。また、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。なお、所得への効果に示した金額は、収量の増減が統計的に有意ではなく、かつ、収量の増減が慣行収量の5%未満である場合には、収量に変化なしとして試算しました。一方、収量の増減が有意であるか、有意でなくても、慣行の10%以上の増減が見られた場合には、収量の変化を所得の増減に加味して試算を行いました。

■ 免責事項

- 農研機構は、利用者が本手順書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- 本手順書に示した効果は、あくまでも実証試験等での実測値を基に試算した概算値です。地域、気候条件、ほ場規模、品種、取引や流通状況、その他の条件により変動することにご留意ください。本手順書に記載の技術の利用より、この通りの効果が得られることを保証したものではありません。

■ 著作権等に関する事項

- 本手順書に記載の図表は、試験を行った各研究機関の担当者から使用の許諾を得ています。

I. 土づくり・減肥に役立つ緑肥の効果

1. 土づくりに役立つ効果

(1) 有機物の供給とそれによる土壌の団粒構造の変化

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（草丈は、茎と葉をまっすぐに伸ばした地上部の長さ）、地上部乾物重 1.3 t/10a のソルガムなら、牛ふん堆肥（現物）1.4 t/10a をすき込んだのと同じ効果が期待できます（図 I -1）。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。

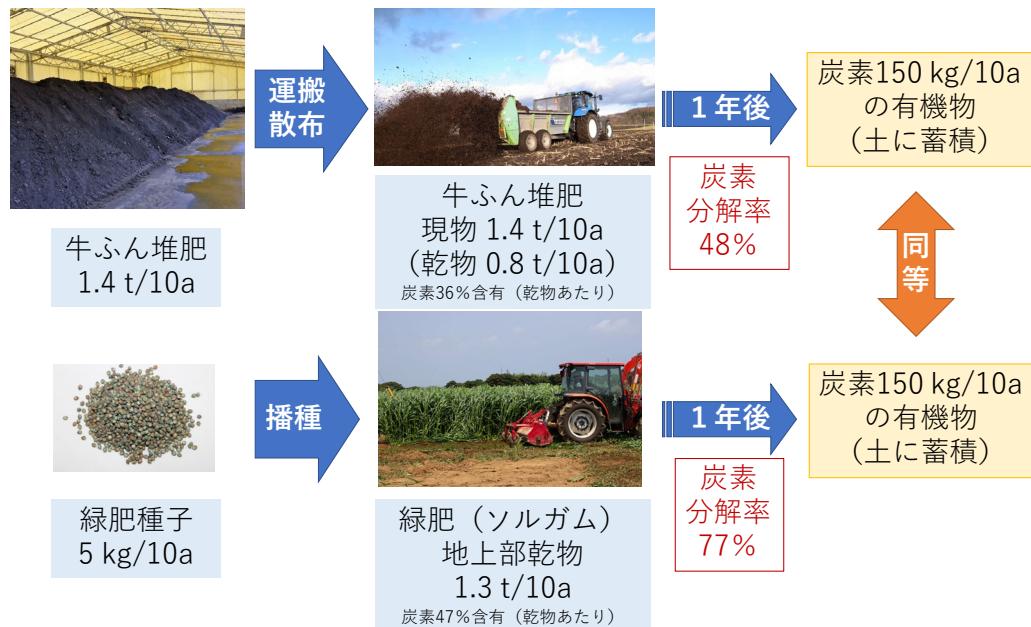


図 I -1 すき込み 1 年後に炭素 150 kg 相当の有機物を土壌に蓄積させるために必要な牛ふん堆肥と緑肥の量

*土壌に混ぜた緑肥や堆肥の分解率から、それぞれの有機物蓄積効果を推定

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。土壌中に有機物が増えると、粒径の大きな土壌団粒が増え（図 I -2）、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。

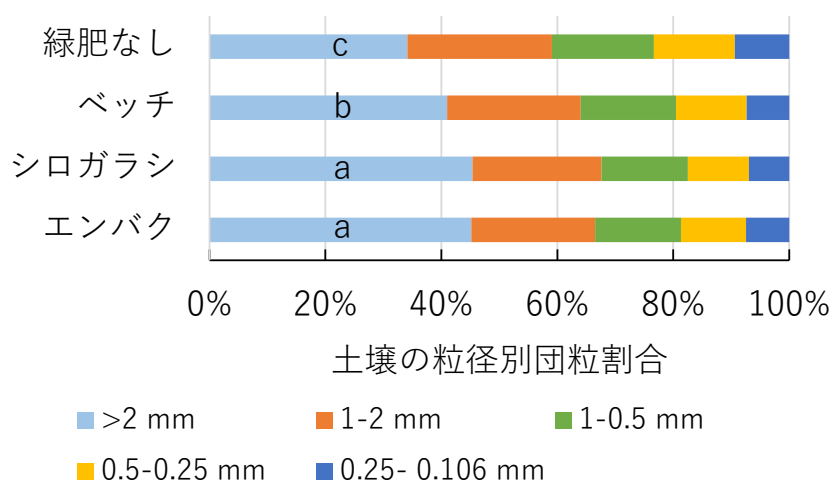


図 I -2 緑肥が土壌の粒径別団粒割合に与える効果

* 異なるアルファベット間には有意差あり (p<0.05)

(2) 根の伸長と下層土の硬度、透水性への効果

エンバクなどの緑肥作物の根は量が多く、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 10~30 cm の間の硬い層のうち、10~20 cm の層の緻密度が低下し、20~30 cm の緻密度も低下する傾向にありました（図 I -3 右上）。エンバク作付け後にコマツナを栽培すると、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では、コマツナの根が耕盤層を越えて深くまで伸びました（図 I -3 右下）。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。

また、耕盤層を緑肥作物の根が貫くことなどによってできた隙間を通して余分な水が流れることから、緑肥導入後には、透水性も良くなります（図 I -4）。



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	7	8	11	10	9
10-20 cm	2	10	12	12	15	14	21	22	23	22	20
20-30 cm	3	23	23	26	26	27	22	26	27	29	32
30-40 cm	4	23	25	24	21	21	18	24	21	27	24
40-50 cm	5	23	21	25	23	23	20	21	24	21	24
50-60 cm	6	20	19	22	22	22	18	19	20	19	22
60-70 cm	7	20	21	20	22	18	17	17	18	19	20
70-80 cm	8	18	20	20	19	16	19	19	17	20	20
80-90 cm	9	19	18	15	20	18	17	18	18	16	18
90-100 cm	10	18	16	16	19	17	18	17	18	18	18

		エンバク作付					緑肥無作付				
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	200	200	200	200	200
10-20 cm	2	200	200	200	200	200	40	32	32	37	37
20-30 cm	3	66	63	53	75	60	38	12	31	35	14
30-40 cm	4	13	22	13	13	16	23	7	10	14	1
40-50 cm	5	20	21	6	5	6	8	1	13	10	0
50-60 cm	6	9	14	36	22	6	8	0	4	6	0
60-70 cm	7	6	6	20	9	8	3	0	7	10	0
70-80 cm	8	0	0	4	8	9	3	0	4	8	0
80-90 cm	9	0	0	0	0	4	1	0	2	2	0
90-100 cm	10	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0

図 I -3 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



図 I -4 緑肥無作付後（左）とヘアリーベッチ作付後（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み、うね間の土表面があらわれている。

2. 減肥に役立つ効果

(1) 窒素

ほとんどの植物は、空気中の窒素ガスを利用できませんが、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（図 I -5）。このようにして緑肥に取り込まれた窒素を窒素源として次の作物を育てることができます。



図 I -5 ヘアリーベッチの根についての根粒

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（溶脱）、次の作物が吸収できなくなってしまう。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、イネ科緑肥作物などを栽培して溶脱前に硝酸態窒素を吸い上げさせ、それを作土に戻すことで次の作物に再供給できます。そのため、緑肥導入は窒素の減肥とともに地下水の硝酸汚染低減にも役立ちます。

(2) カリ

イネ科の緑肥作物などを栽培しすき込むと、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、表層で増えていました（図 I -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。

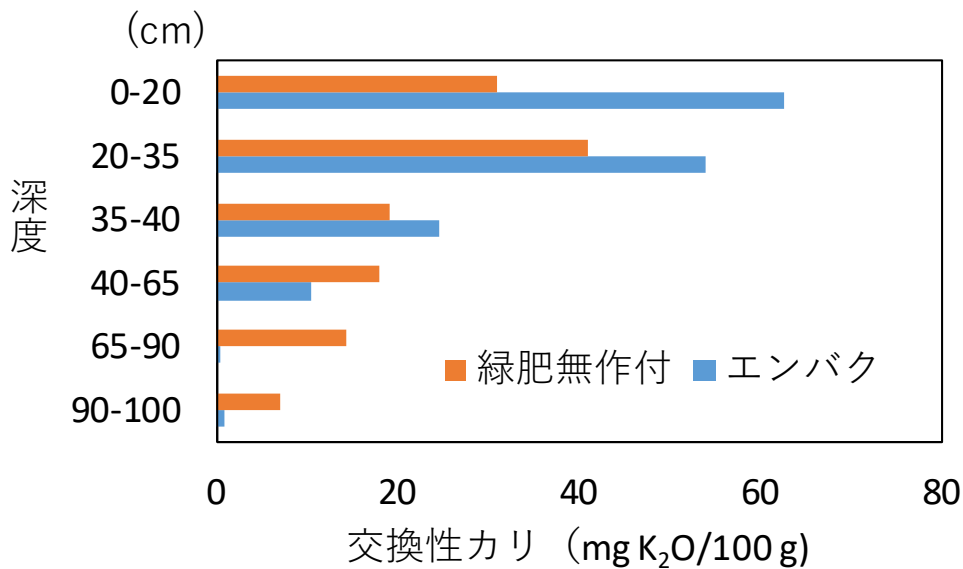


図 I -6 緑肥無作付区とエンバク区における深さ別の交換性カリ (すき込み 4 週間後)

(3) リン酸

リン酸は溶脱しにくいいため、それを吸い上げて作土に戻すことによってリン酸供給を増やす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 程度のリン酸を緑肥からすき込むことができます。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、緑肥が減肥に結びつく可能性があります。

リン酸は、土壌中では作物に吸収されにくい有機態や難溶性の形態で存在します。緑肥をすき込むと、様々な土壌微生物が増殖、活性化しますが、その中には、作物のリン酸吸収を高める可能性があるものが含まれます。

その一つとして、土壌中に存在し、作物の吸収できない有機態のリン酸を無機化するホスファターゼという酵素の活性が、緑肥をすき込むと高まります（図 I -7）。これにより、緑肥や土壌に含まれる有機態のリン酸が分解され、作物に利用されやすくなると考えられます。

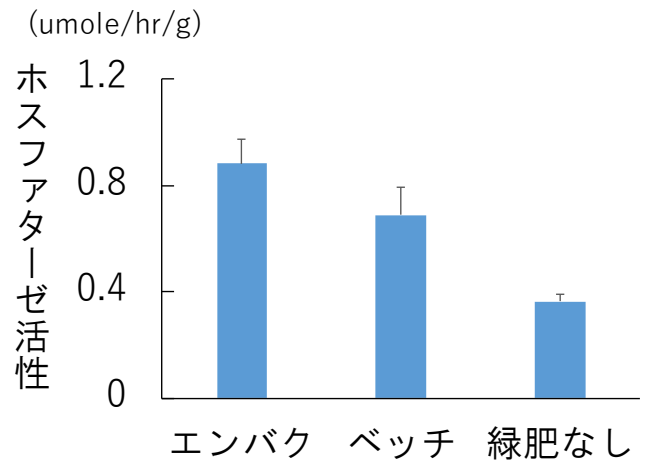


図 I -7 緑肥のすき込みが土壌のホスファターゼ活性に及ぼす影響

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）がいることも分かりました（図 I -8）。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。

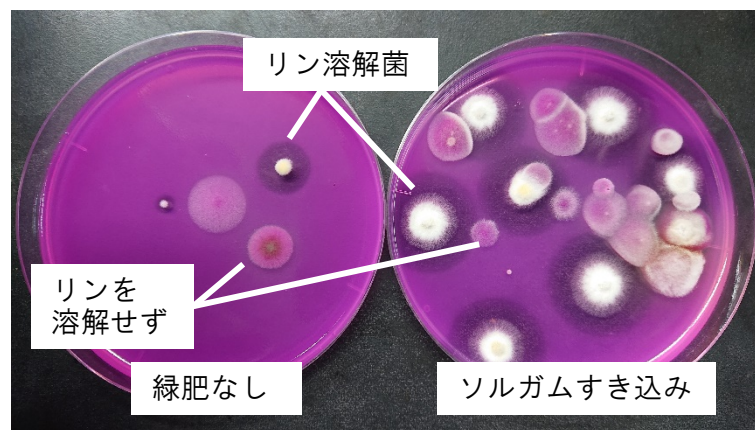


図 I -8 緑肥のすき込みが土壌のリン溶解糸状菌数に及ぼす影響

* 培地中に含まれるリン酸カルシウム（難溶性リン酸の一種）の沈殿を溶かす能力を持つ菌（リン溶解菌）の場合はコロニー周囲の沈殿が透明になり、背景の黒色が見える。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糸状菌。なお、コロニーとは、一つの細胞から増殖した微生物の集合体で、円形に広がることが多い。

土壌バイオマス（大型動物や根を除く土壌中の生物）に含まれるリンはバイオマスリンと呼ばれ、作物にとってリン酸栄養のプールとして働くと言われています。緑肥すき込みで土壌微生物が増えると、バイオマスリンが増えます。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緑肥すき込み後の作物に利用されると考えられます（図 I -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作物にとって効率の良い養分といえます。

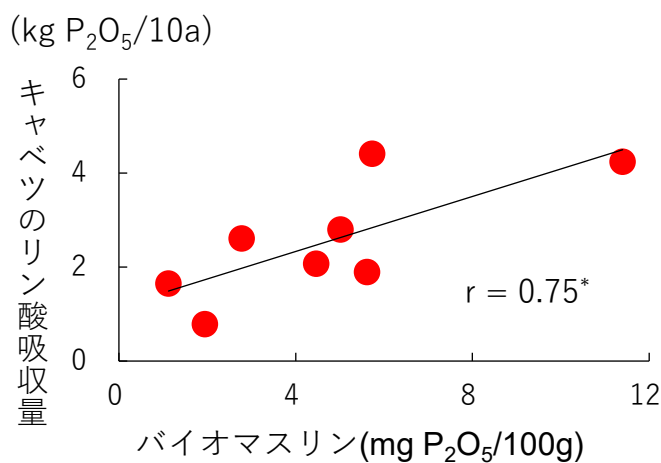


図 I -9 土壌のバイオマスリンと キャベツのリン酸吸収量との関係

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。アブラナ科を除き、緑肥作物の多くに菌根菌を増やす効果があることから、緑肥の導入は、次の作物の菌根菌を介したリン酸吸収も増やす可能性があります。

Ⅱ. 緑肥の使い方

1. 緑肥の種類と選び方

(1) 緑肥作物の種類

本書で扱う緑肥作物の代表的な栽培適期を表に示しました（表Ⅱ-1）。

表Ⅱ-1 緑肥作物の種類と地域ごとの代表的な栽培適期

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	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	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	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																																								

○：緑肥作物播種、-：緑肥作物栽培、■：緑肥すき込み、×：腐熟期間

寒・高冷地は北海道、東北や標高の高い地域。暖地は南関東以南の海に近い地域。一般地はその間の地域。

ベッチ：ヘアリーベッチ

(2) 緑肥の選び方

主作物の栽培時期を考慮して、緑肥作物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、期待する効果が大いものを選びます（表Ⅱ-2）。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、本書Ⅲ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Ⅱ-2 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）*1	エンバク	◎	○		○	◎	○	○	×	○	○	○
	ライムギ	○	○		○	◎	○	○	×		○	○
イネ科 （暖）*1	ソルガム	◎	○	○	○*2	◎	○	○	×		○	○
	ギニアグラス	◎	○		○*2	◎		○	×		○	
マメ科 （寒）*1	ヘアリーベッチ	△		○	◎	○	○	○	○			○
	クリムソクローバ	△		○	◎	○		○	○		○	
マメ科 （暖）*1	クロタラリア	◎		○	◎	○	○	○	○		○	
キク科	ヒマワリ	◎	○	○	○*2	◎	○	○	×			
	マリーゴールド	○	○		○	○		○	×		○	
アブラナ科	シロガラシ	○	○		◎	○		×	×			
	カラシナ（チャガラシ）	○	○		◎	○	○	×	×	○		

◎：非常に効果がある、○：効果がある。△：効果が小さい。×：効果がない。空欄は、試験未実施のため不明。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、本書Ⅲ以降や種苗会社のカタログを参照のこと。

*1（寒）は、低温期に生育でき、秋まき（越冬栽培）や早春まきに適した緑肥、（暖）は、高温を好み、春～夏まきに適した緑肥。*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○。*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

2. 緑肥作物の栽培・すき込み方法

(1) 播種

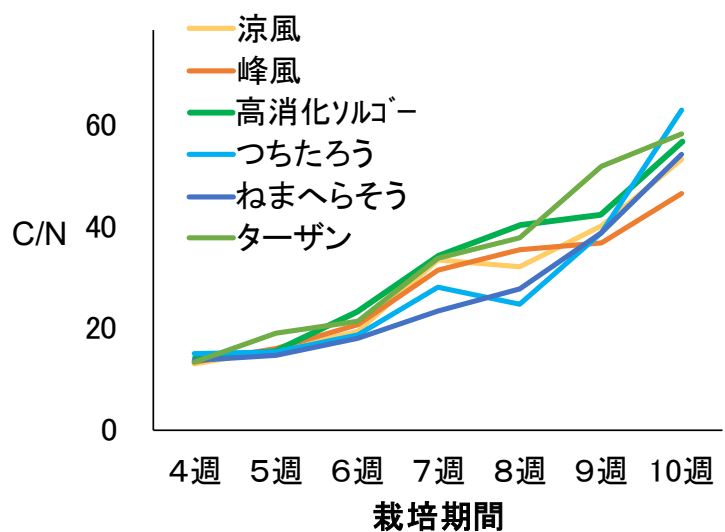
各種播種機を使えば条播もできますが、手播きや散粒機、ブロードキャスターなどを使った散播も可能です。散播した場合、発芽や初期生育の安定化のため、覆土鎮圧を行います。覆土の厚さは、種子の大きさによって異なります。一般に、覆土の厚さは、種子の3～5倍と言われており、レーキなどで行うか、ロータリーを浅くかけます。覆土後、ローラーで鎮圧することにより、さらに発芽や定着が安定します。

(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、マメ科緑肥作物は、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。土壌中に養分がない場合、マメ科以外の緑肥作物の栽培には施肥が必要な場合があります。

(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Ⅱ-1）、イネ科は出穂始期、マメ科は開花始期を過ぎると、分



図Ⅱ-1 各種ソルガム品種の生育ステージごとのC/N比

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もあります。また、緑肥作物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。本書Ⅲ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下さい。

(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Ⅱ-3）。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。

表Ⅱ-3 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）	
	草丈 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
×は、すき込みが困難であることを示す

3. 腐熟期間

(1) 肥料効果が得られる期間

緑肥は、すき込まれる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 II -2）。

ただ、次に示すように、すき込んですぐに次の作物を栽培すると、植え傷み（移植・植替後の生育停滞や枯死などの障害）が起こることがあります。その場合、障害が起らないまで、土壌にすき込んだ緑肥の分解を促す腐熟期間をとる必要があります。

(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。

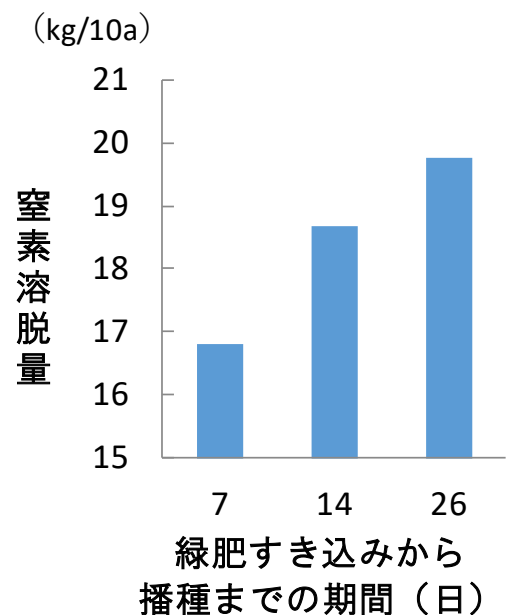
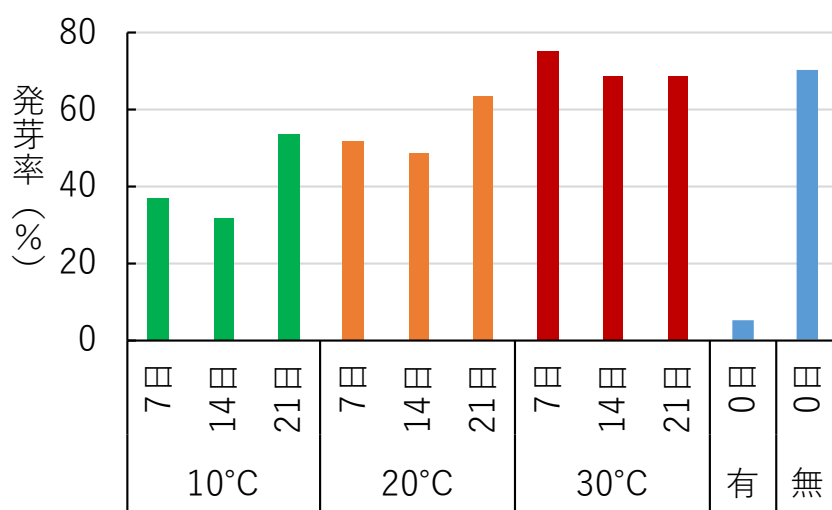


図 II -2 ヘアリーバッチのすき込みから主作物の播種までの期間が窒素の溶脱量に及ぼす影響

* 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

最適な腐熟期間は、すき込む緑肥の種類や生育ステージ、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Ⅱ-3）。本書Ⅲ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。



すき込みから播種までの温度と期間

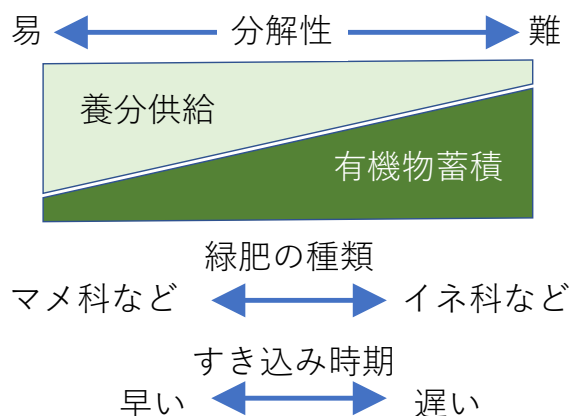
図Ⅱ-3 ヘアリーベッチすき込み後の温度と日数がスイートコーンの発芽率に及ぼす影響

* 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。

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、すき込み時の緑肥作物の生育ステージやすき込みから植え付けまでの期間、緑肥作物の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。本書Ⅲ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、緑肥作物の次の主作物は、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



図Ⅱ-4 緑肥の分解しやすさと効果の関係

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、緑肥作物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Ⅱ-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Ⅱ-4）。

5. 利用上の注意点

- 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。
- 次の主作物や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作物の種子を播種し、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、緑肥作物に対して施肥を行う必要があります。
- 緑肥作物にも連作障害が発生することがあるため、必要に応じて、緑肥作物の種類を変えます。
- すき込み時期は緑肥の効果に影響するため、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、緑肥作物そのものが窒素を取り込み、次の主作物で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。
- 結実させると多くの緑肥作物で野良生えが発生するため、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降雨によって溶脱し、肥料効果が小さくなることがあります。

Ⅲ. ソルガム

1. ソルガムの特徴

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。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。

C/N 比は 15～50 で、生育期間が長いほど高くなります（図Ⅱ-1）。マメ科緑肥より分解が遅く、窒素無機化も緩やかですが、窒素吸収量は多く、窒素肥効も期待できます。根は約 95 cm まで張り、深さ 80 cm からも窒素吸収できるため、前作で残存した窒素を吸収し、次作に活かす効果があります。土壌物理性の改善も期待できます。

1. 主な品種と栽培方法

ソルガムの主な品種と特徴を表Ⅲ-1 にまとめました。

播種時期：表Ⅲ-1 の通り、場所によって異なります。

播種量：5 kg/10a 程度。増やしても、10a あたりのすき込み量は増加しません。

播種法：散播または条播。散播後はロータリーでごく浅く耕起し、覆土（著者のほ場試験では、耕深 3 cm を目安にしました）。覆土後、鎮圧すると発芽が安定します。

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

表Ⅲ-1 主なソルガム品種とその特徴

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 (ジヤンボ)	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 (スーパードアン)	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。
ラッキースォルゴー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。

品種名が商品名と異なる品目は、品種名を () 書きで記載

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。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。

4. すき込み

播種 50～60 日後、草丈約 200 cm、栄養生長期がすき込み時期の目安ですが、窒素肥効を期待する場合、播種約 40 日後、草丈約 150 cm ですき込みます。

生育が進むほど C/N 比が高く、土壌中で分解しにくく、主作物に対する窒素肥効が期待しにくくなります。草丈と C/N 比は、播種 6 週間後に 150 cm で 20 程度、7 週間後には 180 cm で 30 程度となります。C/N 比 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、後作物に植え傷みが生じることがあります。

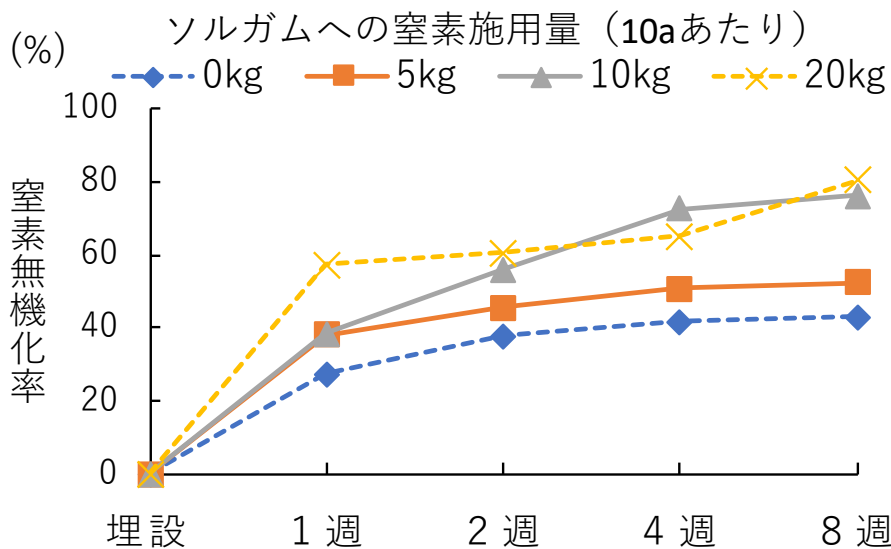
ソルガムは草丈が高いため、フレールモアなどで細断後のすき込みがおすすめです。草丈約 150 cm 以下では、細断せずにロータリーですき込みが可能です。また、緑肥の分解を促すためにすき込み後、2 回ほどロータリーがけを行います。

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、すき込み時の草丈を選ぶことで減肥可能な成分を選択できます。

(1) 草丈約 150 cm のソルガムによる窒素減肥

草丈（茎と葉をまっすぐ伸ばした地上部長）150 cm 前後のソルガムは C/N 比は 15～20 です（供試品種：元気ソルゴー）。この大きさでは場にすき込むと、窒素の無機化が進み、土壌の窒素肥沃度によっても異なりますが、すき込み 1 ヶ月後までに 40%程度無機化します（図Ⅲ-1）。この条件では、すき込み 3～4 週間で定植する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）削減できます。なお、土壌の窒素肥沃度が低い場合やソルガムのすき込みが遅れた場合、C/N 比が高まって窒素肥効が期待しにくくなるため、減肥により減収する恐れがあります。

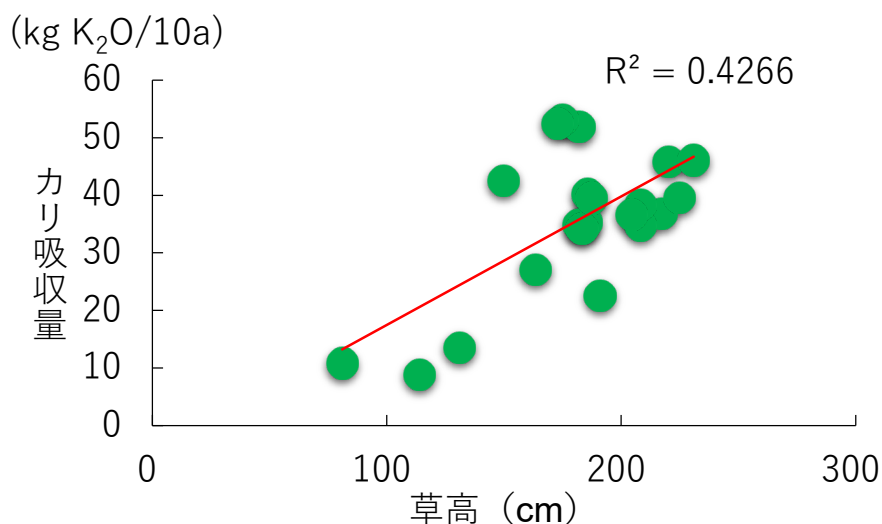


図Ⅲ-1 窒素施肥量が異なるソルガムのすき込み後の窒素の無機化率（埋設日：2018年7月18日）

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

(2) 草丈 200 cm 超のソルガムによるカリ減肥

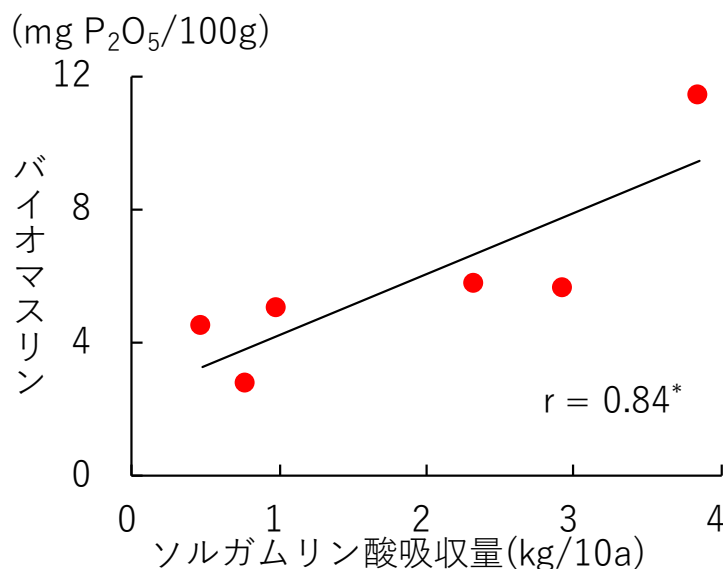
草丈 200 cm 以上のソルガムは C/N 比が約 30~40 となります（供試品種：ジャンボ）。この大きさでは場にすき込むと、窒素の有機化が先行し、土壌中の無機態窒素が減少する窒素の取り込みが起こります。このため、後作物に対する窒素肥効は期待できません。一方、ソルガムはカリを多く吸収し、草高 150 cm 以上（草高は自然の状態での地表面から最上部までの高さで、草高 150 cm 以上は、草丈 190 cm 以上に相当）では 22 kg/10a 以上を吸収します（図Ⅲ-2）。すき込みによって、土壌中の交換性カリ含量も増加します。そのため、主作物のカリ減肥が可能です。この条件では、すき込み 3~4 週間後にキャベツを栽培する場合、カリ施用量を 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。なお、土壌のカリ肥沃度などによって、減肥可能量は変動する可能性があります。また、すき込むソルガムの C/N 比が大きくなりすぎると、窒素飢餓が起こり、次の作物が減収する恐れがあります。



図Ⅲ-2 ソルガムの草高とカリ吸収量との関係

(3) 草丈 200 cm 程度のソルガムによるリン酸減肥

草丈 200 cm 程度のソルガムのすき込みによって、土壌中のバイオマスリンが増えます（供試品種：ジャンボ）。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にあります（図Ⅲ-3）。また、バイオマスリンとキャベツのリン酸吸収量の間にも高い正の相関関係があり、バイオマスリンが増えると、キャベツのリン酸吸収量も増加します（図Ⅰ-9）。このため、ソルガムをすき込むと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 以上のほ場では、ソルガムすき込み後のキャベツへのリン酸施肥を約 5 kg/10a 削減できます。なお、リン酸肥沃度が非常に低いほ場では、ソルガムを導入しても、リン酸減肥による減収の可能性がありますが、また、すき込むソルガムの C/N 比が大きくなりすぎると、窒素飢餓によって次の作物が減収する恐れがあります。



図Ⅲ-3 ソルガムのリン酸吸収量とそれをすき込んだ土壌のバイオマスリン量との関係

6. 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（図Ⅲ-4）、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。



図Ⅲ-4 ソルガム連作ほ場で発生した葉の赤紫化

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（図Ⅲ-5）。肥料成分の少ないほ場で連作障害が発生する場合は、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。

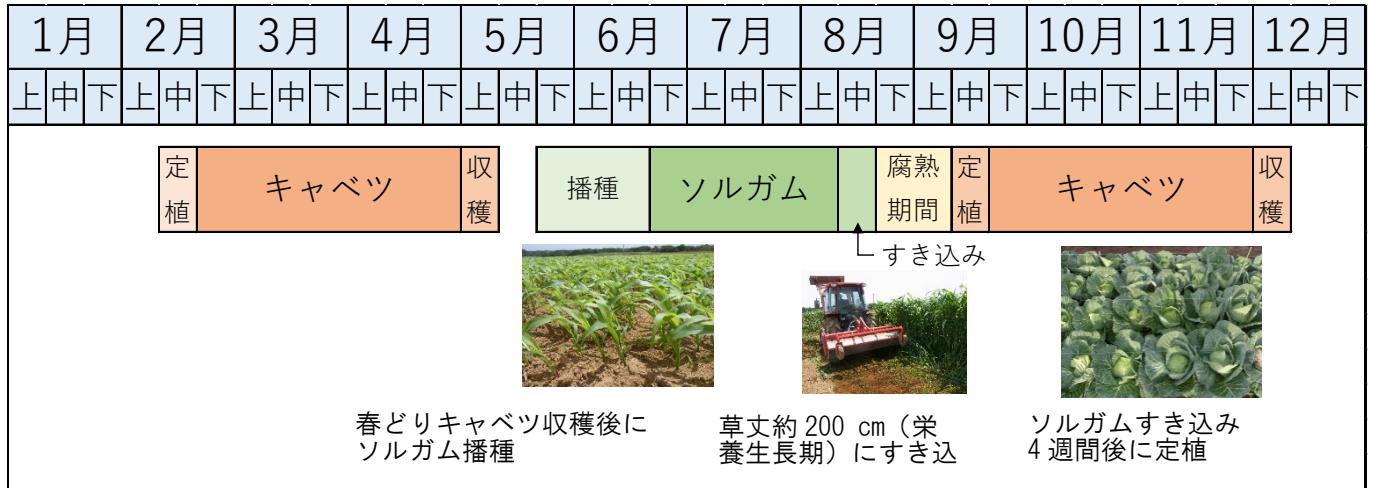


図Ⅲ-5 休閑 1～2 年によるソルガムの連作障害の軽減効果

7. ソルガムの導入事例と経営評価

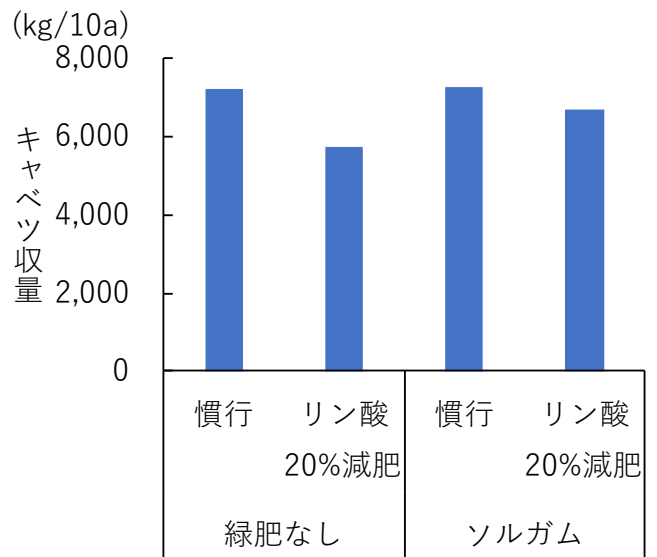
ソルガムについては、キャベツ、レタス栽培への導入事例を示します。

(1) キャベツのリン酸減肥 (千葉県)



図Ⅲ-6 ソルガムを緑肥として導入する場合のキャベツ栽培暦の例 1

通常、緑肥導入によるリン酸の減肥は行われていませんが、可給態リン酸が 4 mg/100g と非常に低いほ場において、ソルガム導入区では、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Ⅲ-7)。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



図Ⅲ-7 ソルガムの導入とリン酸減肥がキャベツの収量に及ぼす影響

供試ソルガム品種：ジャンボ

削減が可能です。ソルガムのすき込みで、土壌のバイオマスリンが増えたことが、後作キャベツのリン酸減肥が可能となった一因と考えられます。

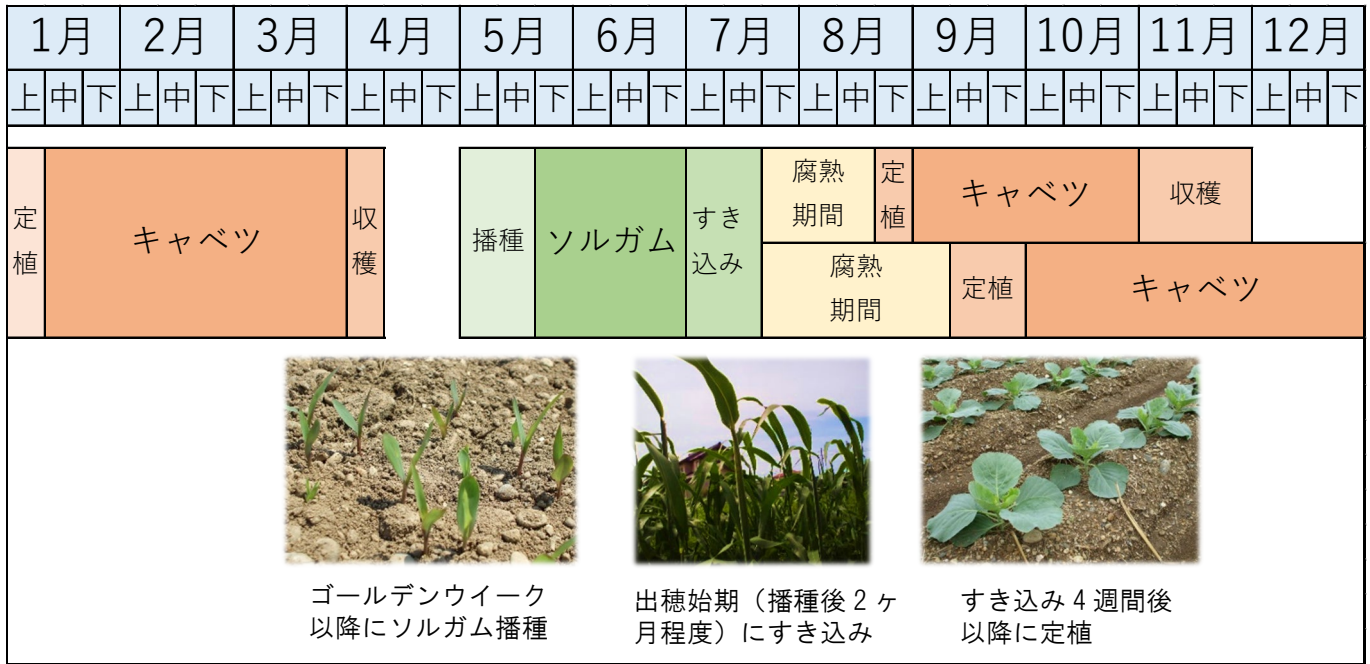
本導入事例では、緑肥をすき込むことによる肥料や堆肥の節約で、10a あたり 408 円の所得増と試算されました（表Ⅲ-2）。労働時間は、緑肥すき込みなどで 10a あたり 3 時間ほど増加しますが、除草作業などの軽減により、トータルでは労働時間を増加させずに導入が可能です。

表Ⅲ-2 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

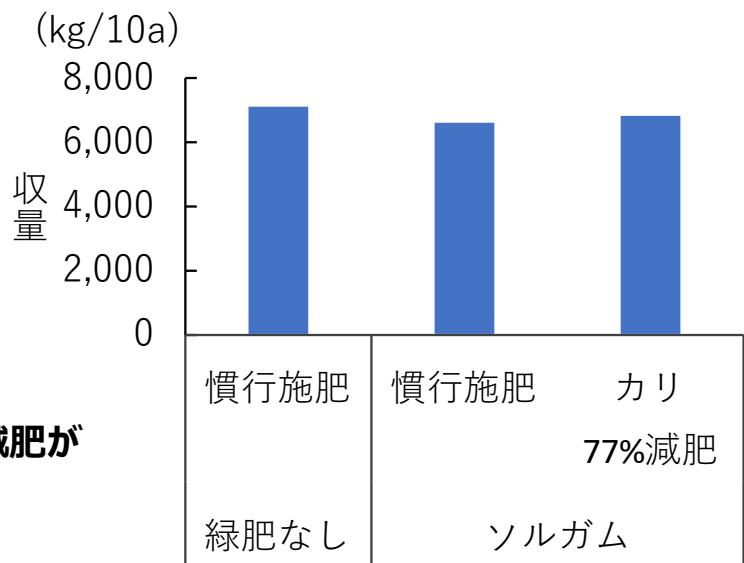
- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥すき込みのための労働時間が 10a あたり 3 時間増加し、除草作業が 3 時間減少。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 1,000 円/kg、播種量 5 kg/10a とし算出。
- 3) 減価償却費は、緑肥の導入面積を 2ha とし、フレールモアの価格を 475,000 円、耐用年数を 7 年として算出。
- 4) 燃料単価は 128.5 円/L とし算出（経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査、軽油）。
- 5) 削減される化学肥料費は、上記の試験結果に基づき、リン酸肥料の減肥可能性をリン酸 20%削減となる 5.36 kg P₂O₅/10a とし、肥料価格は、重焼燐肥料代 3,500 円/20 kg とし算出。
- 6) 本緑肥が牛ふん堆肥（水分 42.4%）を 1.37 t /10a すき込んだのと同程度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 1.37 t /10a とし算出。堆肥価格は千葉県堆肥利用促進ネットワークによる。
- 7) 緑肥を導入して減肥した区と緑肥を導入せずに慣行施肥した区の収量に統計的に有意な差がなく、減肥による収量減が 4 年間の平均で 1.7%であったことから、収量の増減がないものとして計算した。
- 8) 試験を行ったほ場は、千葉県千葉市の腐植質普通黒ボク土である。

(2) キャベツのカリ減肥（愛知県）



図Ⅲ-8 ソルガムを緑肥として導入する場合のキャベツ栽培暦の例2

対象地域では、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（図Ⅲ-9）。



図Ⅲ-9 ソルガム導入とカリ減肥がキャベツ収量に与える影響
供試ソルガム品種：ジャンボ

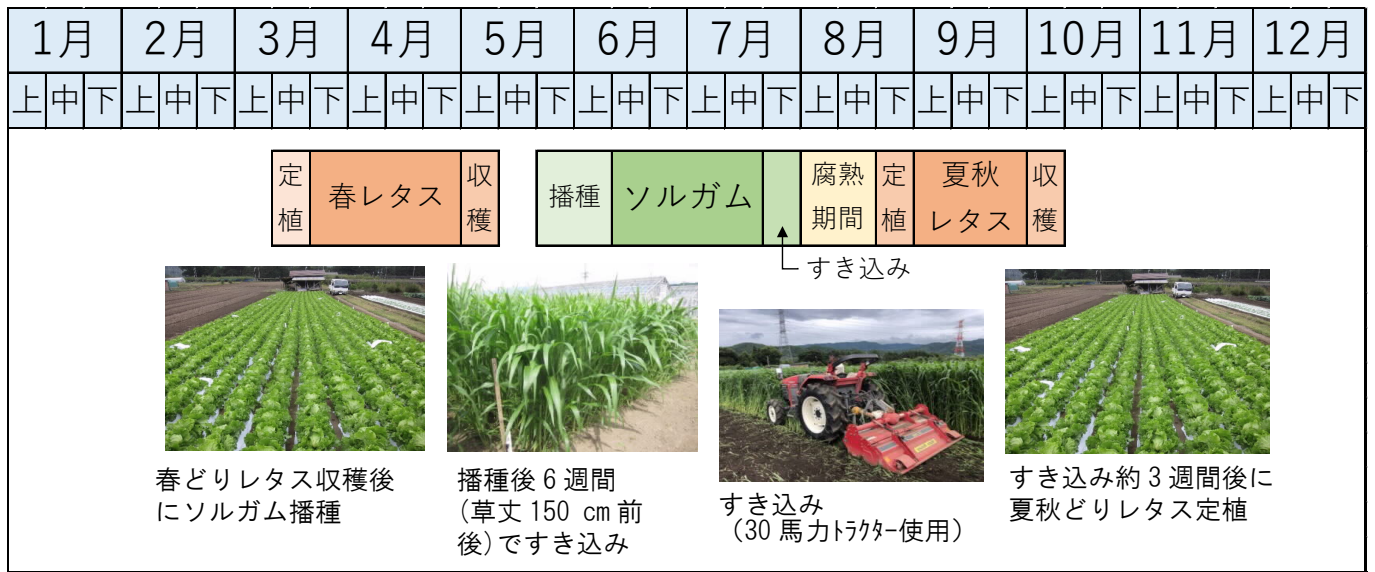
本導入事例では、緑肥をすき込むことによる肥料や堆肥の節約で、10a あたり 1,200 円の所得増の可能性がります（表Ⅲ-3）。労働時間は、緑肥の播種、すき込みで 10a あたり 2 時間程度増加しますが、除草のためのロータリー耕や堆肥散布作業で同程度の作業時間が短縮されるので、トータルの労働時間を増加させることなく導入が可能です。

表Ⅲ-3 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

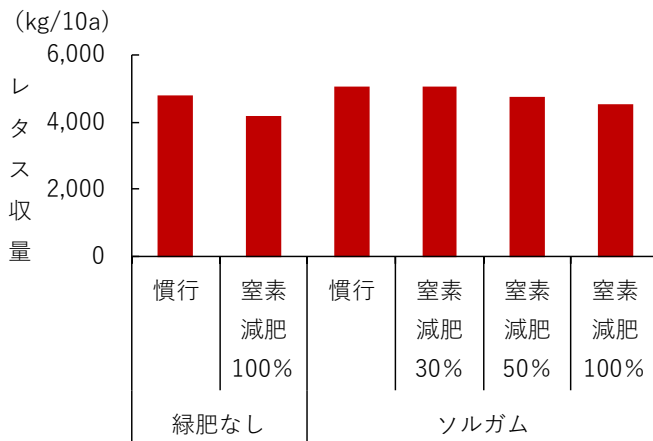
- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥の播種、すき込みのための労働時間が 10a あたり 2 時間増加するが、除草のためのロータリー耕や堆肥散布作業について、同程度の作業時間を短縮可能。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 800 円/kg、播種量 5 kg/10a として算出。
- 3) 減価償却費は、緑肥の導入面積を 2.5ha とし、フレールモアの価格を 490,000 円、耐用年数を 7 年として算出。
- 4) 燃料単価は 128.5 円/L として算出（経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査、軽油）。
- 5) 削減される化学肥料費は、カリ肥料の 77%削減となるよう、V 型肥料 (N:P₂O₅:K₂O = 30 : 7 : 29) から L 型肥料 (30 : 7 : 7)、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 4,000 円/ t、削減量 1 t/10a として算出。
- 7) 緑肥を導入して減肥した区の収量と緑肥を導入せずに慣行施肥した区の収量との間に統計的に有意な差がなく、図Ⅲ-5 の減肥区の減収も 5%未満だったため、収量の増減がないものとして計算した。
- 8) 試験を行ったほ場は、愛知県豊橋市の細粒質台地黄色土である。

(3) レタスの窒素・カリ減肥（長野県）



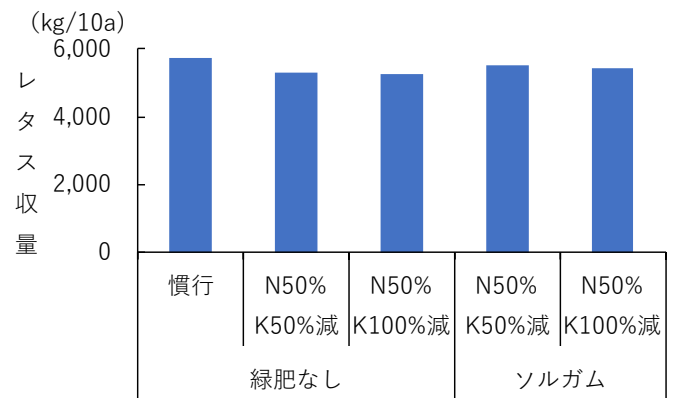
図Ⅲ-10 ソルガムを緑肥として導入する場合のレタス栽培暦の例

対象地域では、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、播種からすき込みまで6週間程度、ソルガムを導入することにより、レタスの収量を減らすことなく窒素（図Ⅲ-11）とカリ（図Ⅲ-12）を減肥できます。



図Ⅲ-11 ソルガム導入と窒素減肥がレタス収量に与える影響

供試ソルガム品種：元気ソルゴー



図Ⅲ-12 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）

供試ソルガム品種：元気ソルゴー

本導入事例では、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（表Ⅲ-4）。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。

表Ⅲ-4 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5kg/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（窒素、リン酸、カリの50%となるN-P₂O₅-K₂O=5-5-5kg/10a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0.9t/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（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0.9t/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。
- 7) 緑肥を導入して減肥した区の収量と緑肥を導入せずに慣行施肥した区の収量との間に統計的に有意な差がなく、図Ⅲ-6、7の減肥区の減収も5%未満だったため、収量に増減がないものとして計算した。
- 8) 試験を行った場合は、長野県塩尻市の表層多腐植質黒ボク土である。

IV. エンバク

1. エンバクの特徴

エンバクはマメ科の緑肥作物と比べると 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。ソルガムに適さない早春と夏～秋に播種でき、短期多収で雑草が生えにくく、ソルガムに比べれば低 C/N で窒素肥効も期待できます。

2. 主な品種と栽培方法

エンバクの主な品種と特徴を表 IV-1 にまとめました。

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、ロータリー、ハローで浅く（覆土約 3 cm）耕起します。覆土後、鎮圧すると発芽が安定します。

表IV-1 主なエンバク品種とその特徴

学名	品種	早晚性	メーカー	播種時期		播種量 (kg/10a)	品種の特徴
				寒・高冷地	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	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。
	極早生スプリングター	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～12月中旬	10	タキイ種苗(株)の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	8～10	タキイ種苗(株)の抑制効果。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	2月下旬～5月上旬、 8月下旬～9月下旬、 10月中旬～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。
	たちいぶぎ*	極早生	タキイ種苗(株)		*3月～5月、8月下旬～ 11月(抑制抑制を目的 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タキイ種苗(株)の抑制効果。耐倒 伏性に優れる。冠さび病に強い。
	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	*8月下旬～9月中旬	6～8	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	10～15	タキイ種苗(株)の抑制効果。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	10～15	タキイ種苗(株)の抑制効果。タキイ/タキイ被害軽減。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	タキイ種苗(株)の抑制効果。タキイ/タキイ被害軽減。	
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	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	タキイ種苗(株)の抑制効果。タキイ/タキイ被害軽減。 アブラナ科根こぶ病発生軽減。極多収。	

*「たちいぶぎ」はメーカーごとに想定する播種時期が異なる

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。出穂前の数日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。

4. すき込み

エンバク由来の肥効を期待する場合にはC/N比が比較的低い出穂前のすき込みが適します。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。

フレールモアやハンマーナイフモアで細断後、耕起します。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。

5. 主作物の減肥栽培

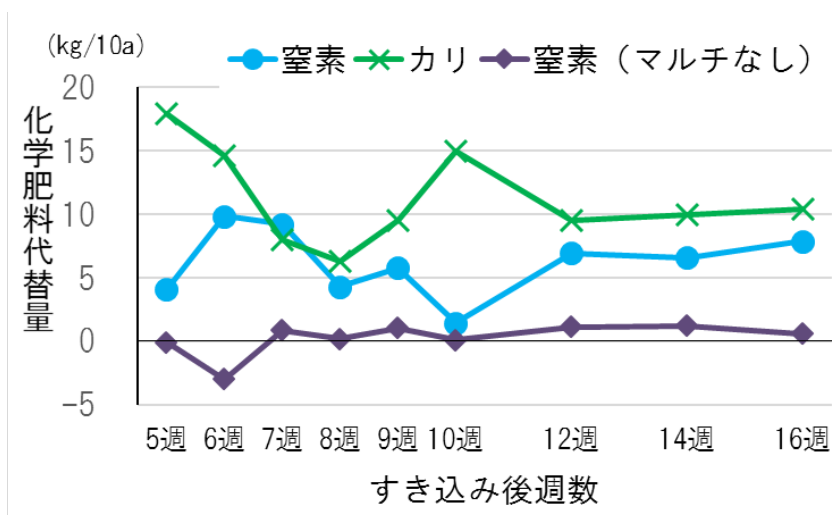
エンバクの導入によって、窒素、リン酸、カリの減肥栽培ができる可能性があります。なお、主作物の発芽率の低下を防ぐため、すき込みから主作物の播種までは少なくとも2週間以上の腐熟期間を設けることが望ましいと考えられます。

(1) エンバクによる窒素・カリ減肥

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IV-1）。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。

後述の導入事例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。



図IV-1 エンバクの化学肥料代替効果

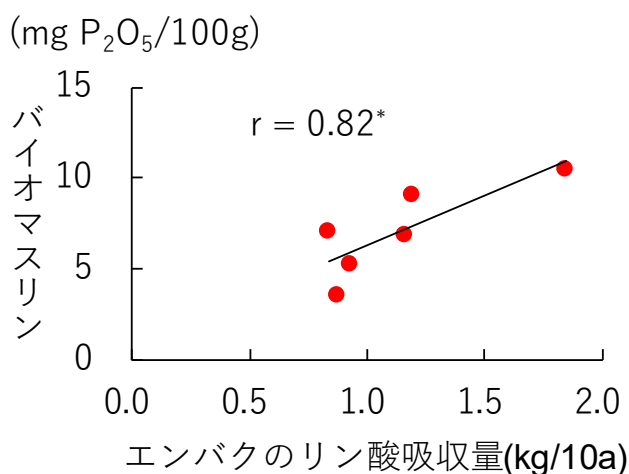
- 1) 無施肥で栽培したエンバクをすき込み、4週目にマルチを設置した区（緑肥区）と、エンバクを栽培せずに、4週目に化学肥料（N:P₂O₅:K₂O=10.5:14:10.5 (kg/10a)）を施用してマルチを設置した区（化肥区）、緑肥を栽培せず、化学肥料も施用しなかった区（裸地区）において、作土の無機態窒素、交換態 K₂O を経時的に測定。その値を用い次式により化学肥料代替量を算出した。なお、窒素（マルチなし）は、エンバクすき込み4週目にマルチを設置しなかった区の結果を示す。
- 2) 作土中無機態窒素および交換性カリについて

$$\text{化学肥料代替量} = (\text{緑肥区} - \text{裸地区}) / (\text{化肥区} - \text{裸地区}) * \text{化肥施用量}$$

(2) エンバクによるリン減肥

エンバクのすき込みによって、土壌中のバイオマスリンが増えます。バイオマスリンは、エンバクのリン酸吸収量と高い正の相関関係にあります（図IV-2）。

すなわち、リン酸を吸収したエンバクをすき込むと、その分、土壌中のリン酸のプールであるバイオマスリンが増え、次の作物のリン酸吸収にプラスに働く可能性があります。



図IV-2 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

6. 導入上の注意点

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。

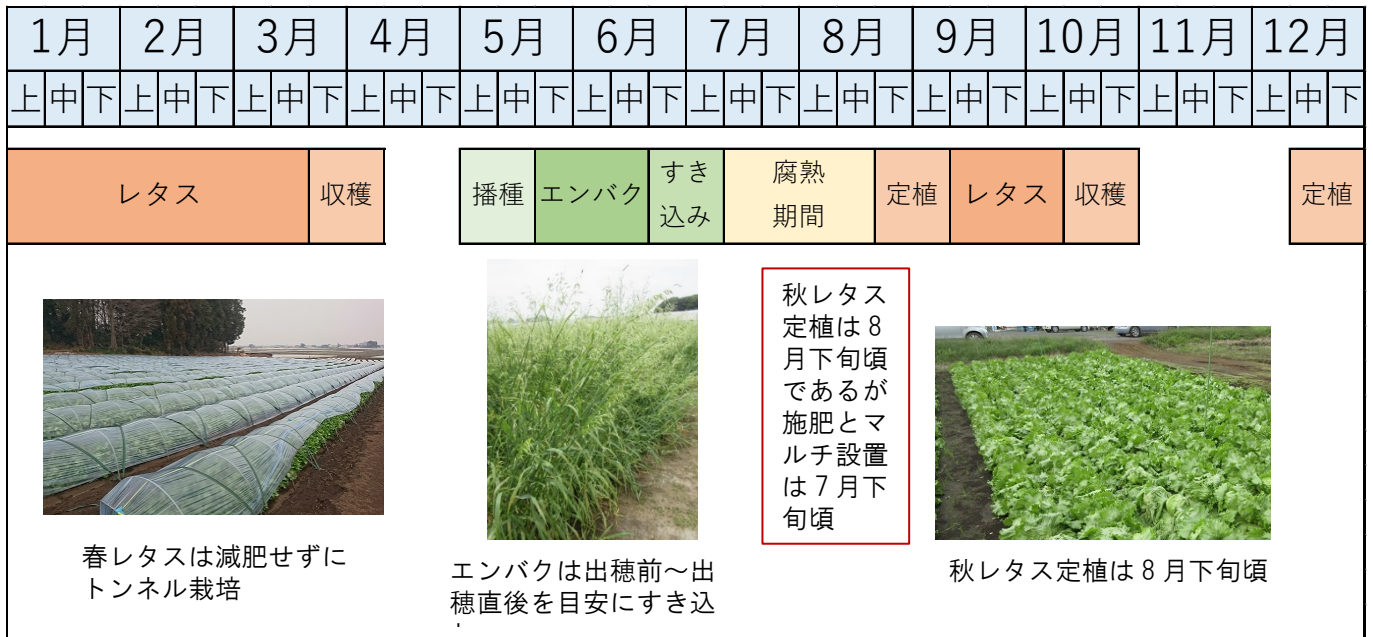
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/061900.html

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。

7. エンバクの導入事例と経営評価

エンバクについては、レタス、ニンジンへの導入事例を示します。

(1) レタスの窒素・カリ減肥（栃木県）

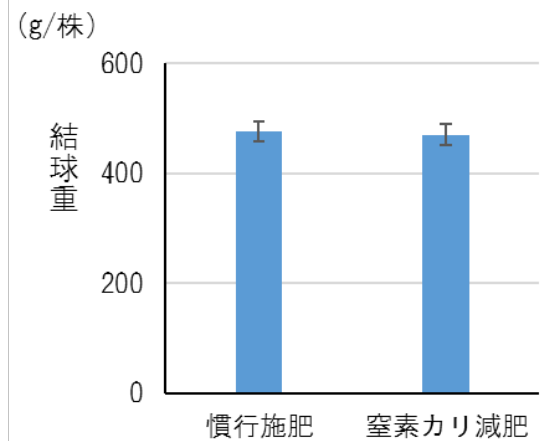


図IV-3 エンバクを緑肥として導入する場合のレタス栽培暦の例

レタスに対する窒素とカリの施肥をそれぞれ 4.5 kg/10a 削減しても、エンバク導入後には、慣行施肥と同等の収量が得られます（図IV-4）。

また、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と称されている（*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。本導入事例では、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



図IV-4 窒素・カリを減肥したレタスの収量

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ことを調査したため、両試験区でエンバクの作付け、すき込みを実施

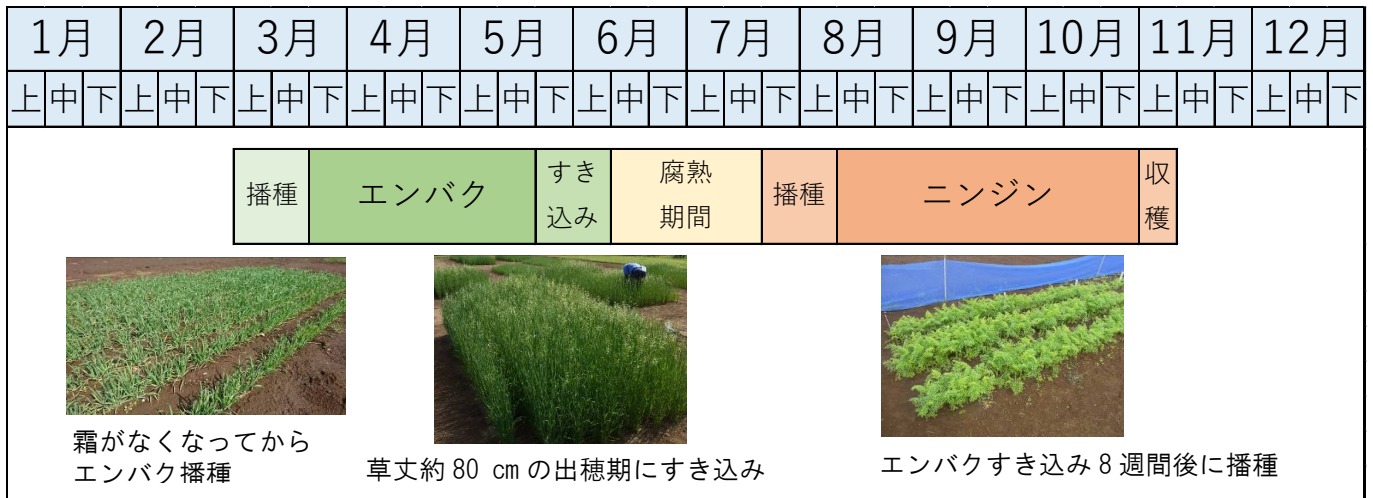
た（表Ⅳ-2）。緑肥の導入により除草に要する労働時間が 3 時間/10a 程度削減されますが、緑肥播種とすき込み作業に計 5 時間/10a 程度かかるため、結果として労働時間は 2 時間/10a 程度増加します。なお、エンバクの線虫抑制効果によって農薬代が削減できる可能性があります。

表Ⅳ-2 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

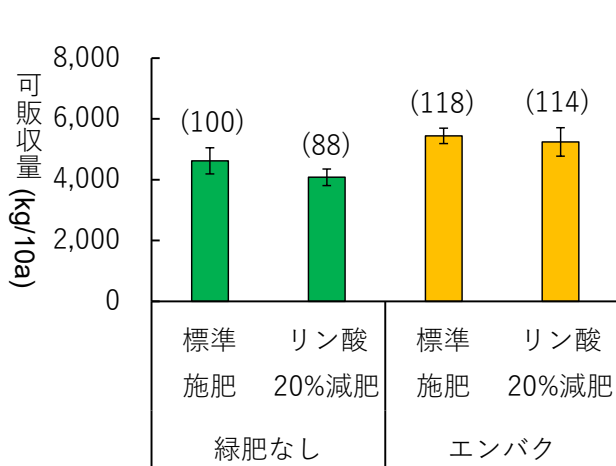
- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。導入技術では、緑肥すき込みのための労働時間が 10a あたり 2 時間程度増加。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、実売価格より 600 円/kg、現地慣行より播種量 8 kg/10a として算出。
- 3) 減価償却費は、フレールモアの価格を 350,000 円、耐用年数を 7 年、20 戸での共同利用として算出（2017 年度栃木県経営診断指標）。
- 4) 緑肥の細断・すき込み作業に要する燃料費は緑肥未導入時の除草作業に要する燃料費に相当するものとし、ここでは播種時の耕起に要する燃料費のみを計上した。燃料単価は 128.5 円/L（経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、窒素とカリは 30%、リン酸は 23%の施肥削減となる減肥可能量 4.5 kg/10a（N、P₂O₅、K₂O それぞれ）とし、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。
- 7) 緑肥を導入して減肥した区と慣行施肥した区の収量の間統計的に有意な差がなく、図Ⅳ-3 の減肥区の減収も 5%未満だったため、収量に増減がないものとして計算した。
- 8) 試験を行ったほ場は、栃木県小山市の厚層黒ボク土である。

(2) ニンジンのリン酸減肥（千葉県）

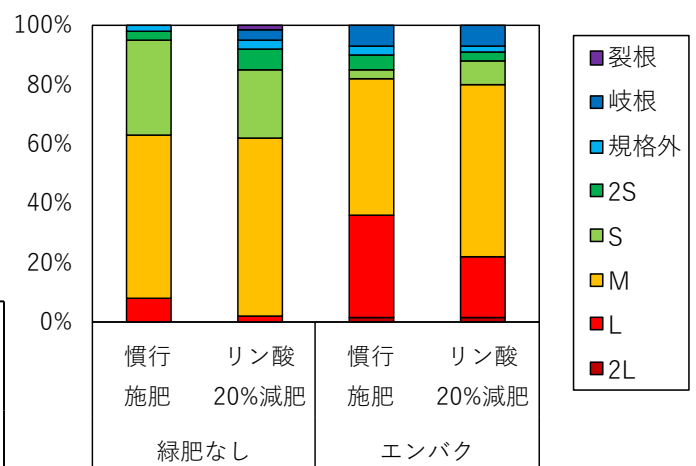


図IV-5 エンバクを緑肥として導入する場合のニンジン栽培暦の例

ニンジンへのリン酸施肥を削減しても、エンバク導入後では、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、緑肥の導入による根の肥大促進により増収します。リン酸肥沃度が 4 mg/100 g と著しく低いほ場で、ニンジンのリン酸施肥を 5 kg/10a（20%）減らすと、緑肥なしでは減収しましたが、エンバクを栽培すると、リン酸 20%減肥でも緑肥なし慣行施肥区以上の収量となりました（図IV-6）。エンバクの栽培によって L 規格が増加し根部の肥大が促進されました（図IV-7）。



図IV-6 ニンジンの収量



図IV-7 ニンジンの規格別本数割合

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（表Ⅳ-3）。有機物補給については、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。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。緑肥導入による収量の増加がなかった場合には、5,455 円の所得減となることが試算されました。

表Ⅳ-3 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リン酸 20%削減となる 5 kg P₂O₅/10a 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。
- 7) 緑肥を導入して減肥した区では、有意ではなかったものの、収量が 10%以上増えたことから、収量増がある場合とない場合について試算した。
- 8) 試験を行ったほ場は、千葉県千葉市の腐植質普通黒ボク土である。

V. ライムギ

1. ライムギの特徴

ライムギは耐酸性が強く耐乾性も強いですが、耐湿性は強くありません。耐寒性が強い
ため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、主作物を休まず導入
できます。

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。

2. 主な品種と栽培方法

ライムギの主な品種と特徴を表 V-1 にまとめました。

播種時期：表の通り、場所によって異なります。

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（覆土の厚さの目安は 3 cm 程度）。覆土後、鎮圧すると発芽が
安定します。

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。

表V-1 主なライムギ品種とその特徴

品種	早晚性	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	硬盤破砕、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 (レンズアブルツツイ)	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	硬盤破砕、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。

品種名が商品名と異なる品目は、品種名を () 書きで記載

3. ライムギの生育

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。

4. すき込み

草丈 30 cm 前後ですき込みます。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。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 V-1）。

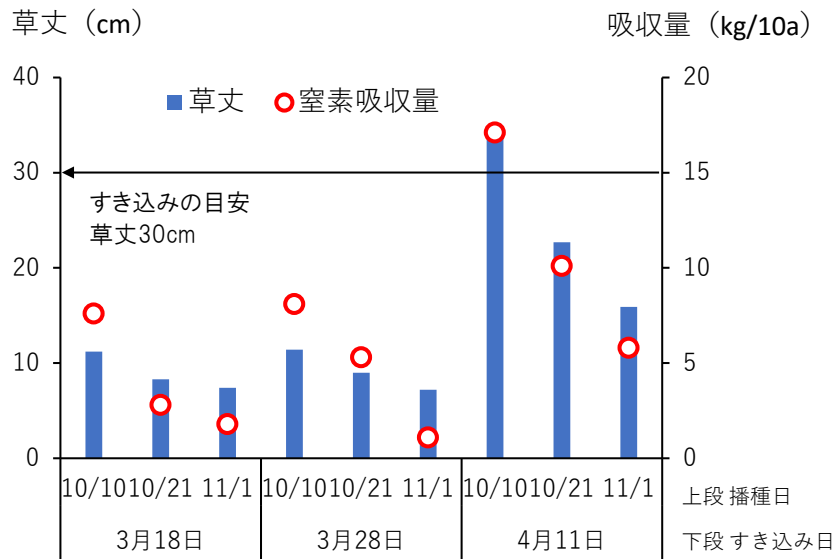


図 V-1 ライムギの播種・すき込み時期と草丈・窒素吸収量の関係

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。

5. 主作物の減肥栽培

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 V-2)。

ライムギすき込み後、30 日程度でレタスを定植できます。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、定植まではさらに 10 日程度あけることが望ましいです。

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、削減できます (図 V-3)。

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 (図 V-4)。

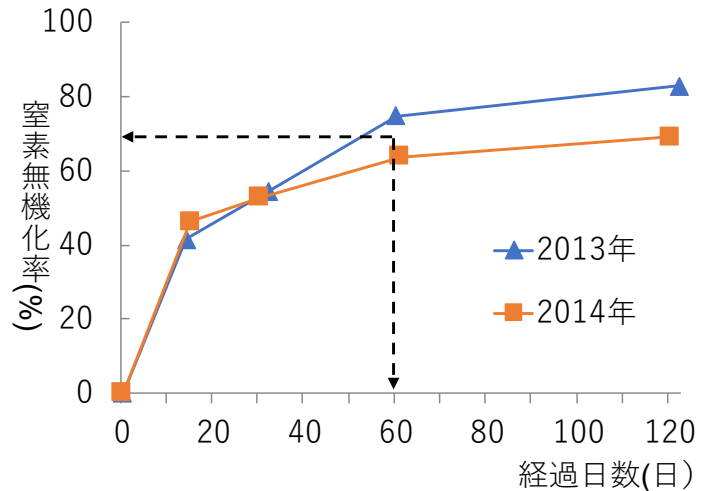


図 V-2 ライムギすき込み後の窒素の無機化率

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)」=草丈 30 cm。

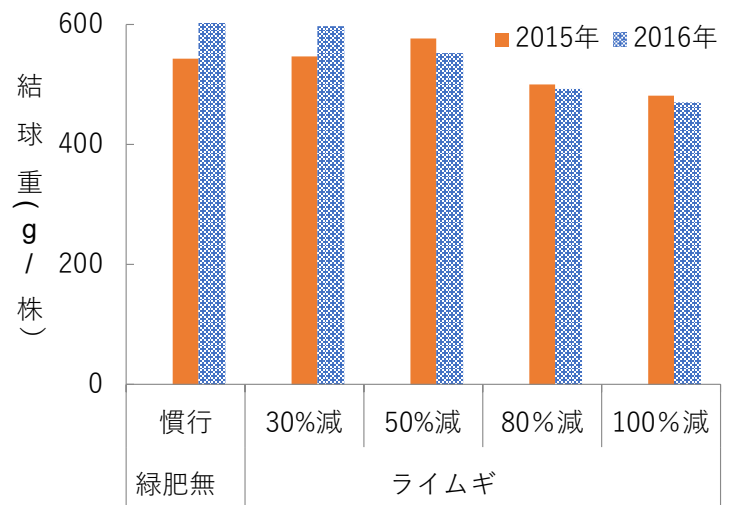
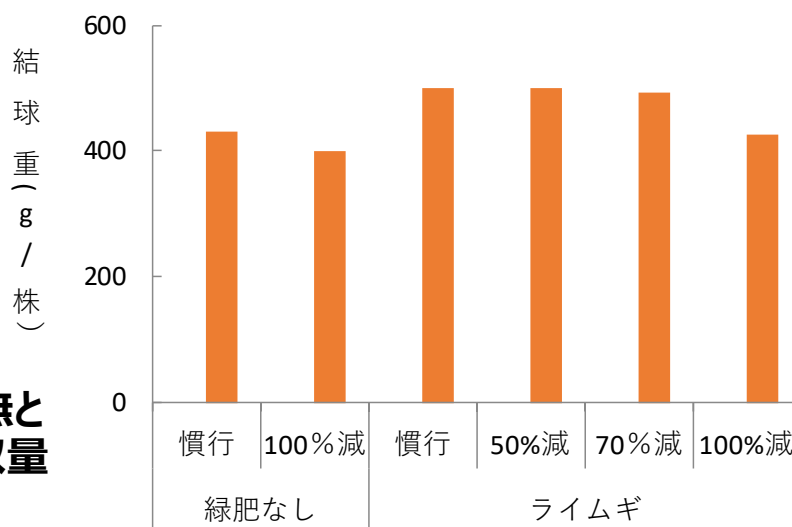


図 V-3 ライムギの有無と窒素減肥割合がレタス収量に及ぼす影響
(2015、2016年)



図V-4 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. 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。

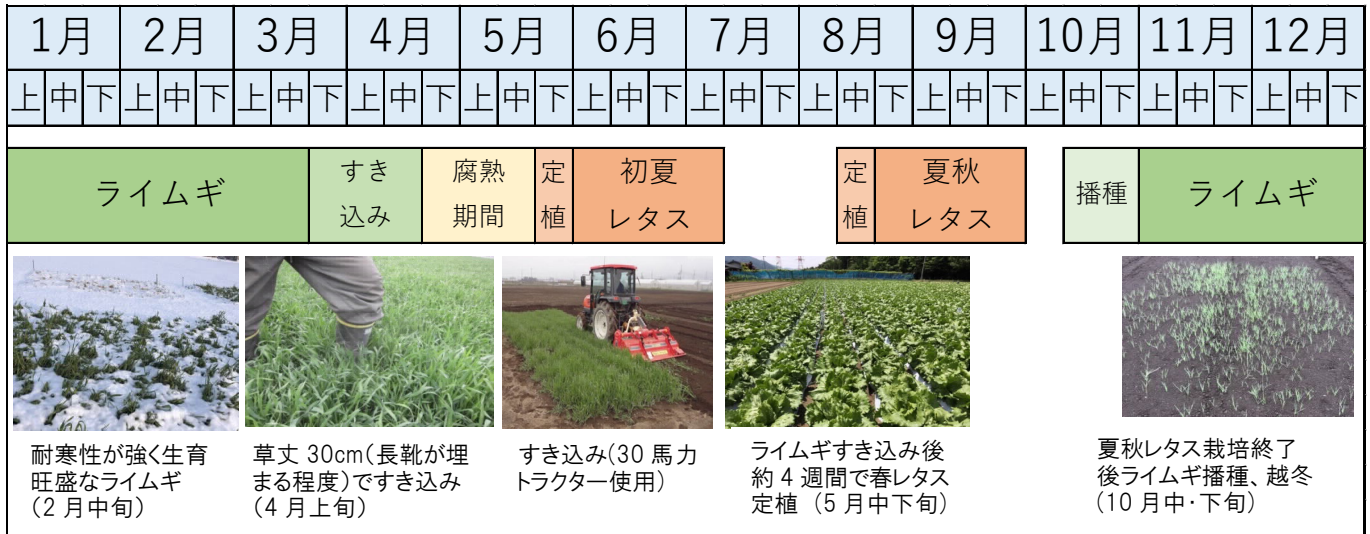
播種時期が遅すぎたり、翌春のすき込み時期が早すぎたりすると、生育量が不足し、十分な窒素量を確保できません。

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。

7. ライムギの導入事例と経営評価

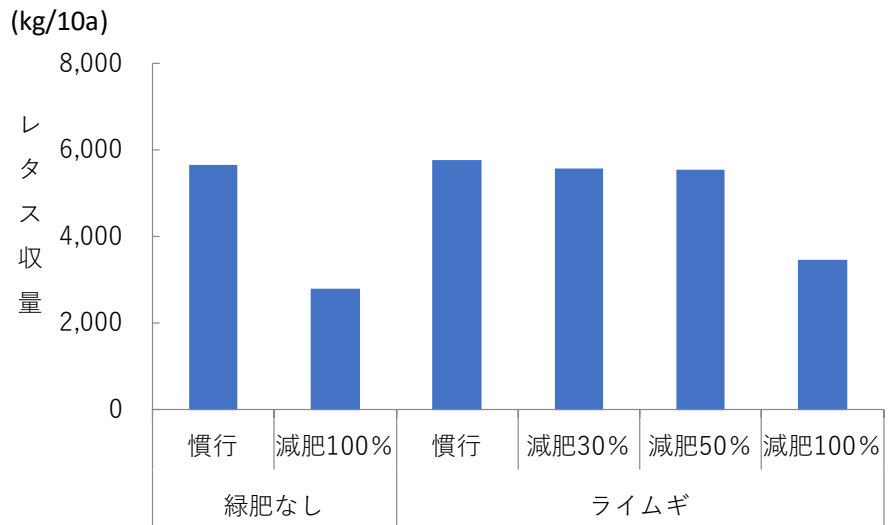
ライムギについては、レタスへの導入事例を示します。

(1) レタスの窒素・カリ減肥（長野県）



図V-5 ライムギを緑肥として導入する場合のレタス栽培暦の例

ライムギを導入すると、
 減肥しても慣行栽培と同等の収量が得られることがあります。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



図V-6 緑肥と窒素減肥がレタスの収量に及ぼす影響

kg/10a) 程度削減できます(図V-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 (図V-4)。

本導入事例では、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があります (表V-2)。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。

草丈 30 cm 前後のライムギには多量の有機物補給（2～4t/10a）が期待できるとともに、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。

表 V-2 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8kg/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（窒素、リン酸、カリの50%となるN-P₂O₅-K₂O=5-5-5kg/10a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、削減量279kg/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。
- 7) 緑肥を導入して減肥した区の収量と緑肥を導入せずに慣行施肥した区の収量との間に統計的に有意な差がなく、図V-5の減肥区の減収も5%未満だったため、収量の増減がないものとして計算した。
- 8) 試験を行ったほ場は、長野県塩尻市の表層多腐植質黒ボク土である。

VI. ヘアリーベッチ

1. ヘアリーベッチの特徴

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、越冬可能な越年草です。秋または早春に播種すると、春先から急生長し全面被覆します。根は深く伸長し、排水性も改善します。蔓性で茎は 200 cm 以上に伸長し、50 cmほどの草高（自然の状態での地表面から最上部までの高さ）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、他の雑草の生長を抑制するため、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。

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、土壌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、土壌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。

2. 主な品種と栽培方法

ヘアリーベッチの主な品種と特徴を表 VI-1 にまとめました。

(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。

表VI-1 主なヘアリーベッチ品種とその特徴

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		
ウィンターベッチ	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。
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	※寒冷地の秋播きでは晩生品種の使用を推奨する。
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	

品種名が商品名と異なる品目は、品種名を () 書きで記載

・商品名：ウインターベッチ、寒太郎（サバン）、しげまるくん

播種時期：秋まきの場合は9月中旬～11月上旬。

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) 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、まめ助(ナモイ)、藤えもん(マツサ)、まめっこ

播種時期：春まきの場合は3月～4月中旬。秋まきの場合は9月中旬～11月上旬。

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）。

作物を収穫した後に播種する場合には、まず、ロータリーで 10～15 cm の深さで耕起します。その後、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。覆土後、鎮圧すると発芽が安定します。

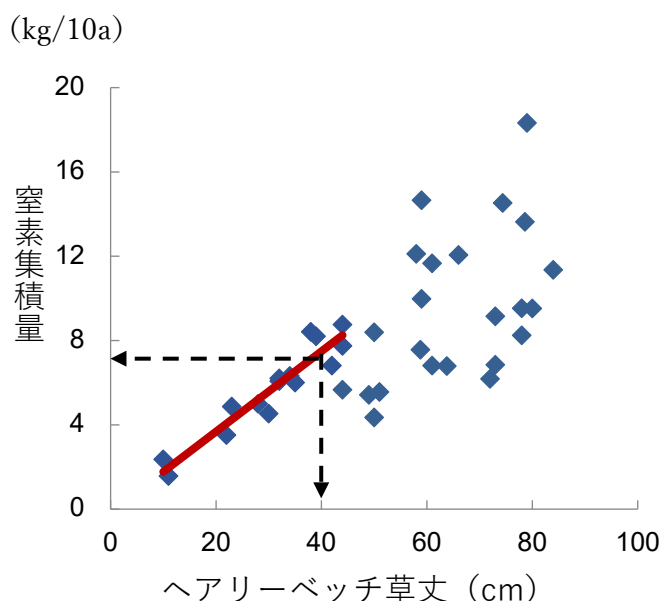
稲刈り前の水稻立毛間に播種する場合には、稲刈り 2～3 日前に水稻立毛間に動力付散布機やラジコンヘリで均一に播種します。その後、稲刈り時のコンバインから排出される稲わらで覆土の代わりとします。その際の排水対策と酸度矯正については、以下の

ヘアリーベッチ利用農法実践マニュアルを参照して下さい。

<https://www.hvufmsg.net/%E6%9C%80%E6%96%B0%E6%83%85%E5%A0%B1/%E7%A0%94%E7%A9%B6%E6%83%85%E5%A0%B1/>

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。ヘアリーベッチは根粒菌と共生して窒素固定するため、生育量が多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。



図VI-1 ヘアリーベッチの草丈と窒素集積量の関係

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VI-1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、草丈が 40 cm を超えると、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。ヘアリーベッチの窒素集積量を簡易に診断する方法は、以下のヘアリーベッチを利用したダイズ・エダマメ増収技術マニュアルを参照して下さい。

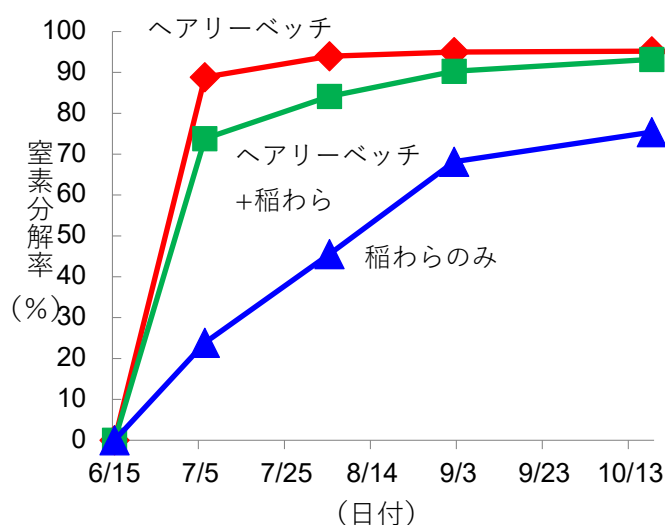
<https://www.hvufmsg.net/%E6%9C%80%E6%96%B0%E6%83%85%E5%A0%B1/%E7%A0%94%E7%A9%B6%E6%83%85%E5%A0%B1/>

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。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、ロータリーで土壤にすき込みます。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。

5. 主作物の減肥栽培

ヘアリーベッチは土壤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VI-2）。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、



図VI-2 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)

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（ホウレンソウなど）は、発芽障害の発生に注意してください。

上記のような影響は品目により違いはありますが、主作物は、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。

すき込み時期にもよりますが、ヘアリーベッチ植栽により、窒素が数 kg～20 kg/10a 土壤に付加されます。ヘアリーベッチの生育状況によりおよその窒素付加量を推定します（図 VI-1）。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 VI-2）、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。

6. 導入上の注意点

ヘアリーベッチの耐湿性は、早生品種に比べると晩生品種で優るなど、品種間差などもありますが、ヘアリーベッチはもともと湿害に弱い植物ですので、粘土質の土壤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。

ヘアリーベッチは土壤が酸性条件（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、土壤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。

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壤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、根粒菌資材を接種することを推奨します。

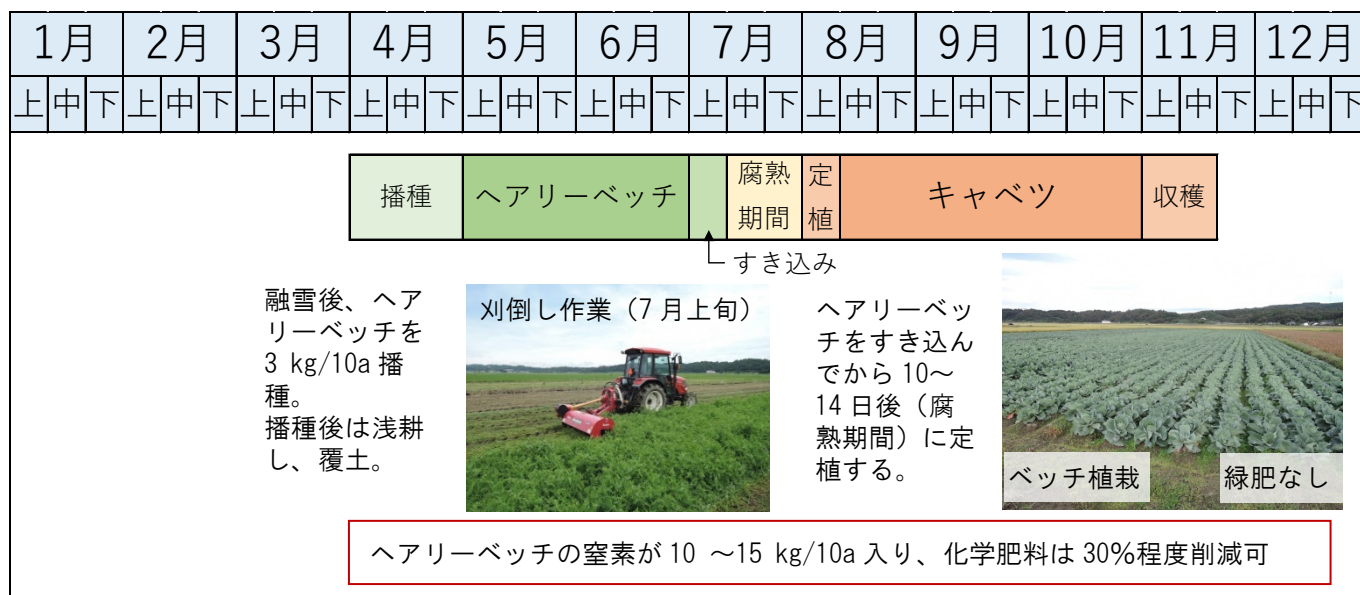
※ヘアリーベッチ用の根粒菌接種資材「スーパーまめっち」は（株）秋田今野商店より製造販売されています。

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. ヘアリーベッチの導入事例と経営評価

ヘアリーベッチについては、キャベツ、長ネギ、レタス、スイートコーンへの導入事例を示します。

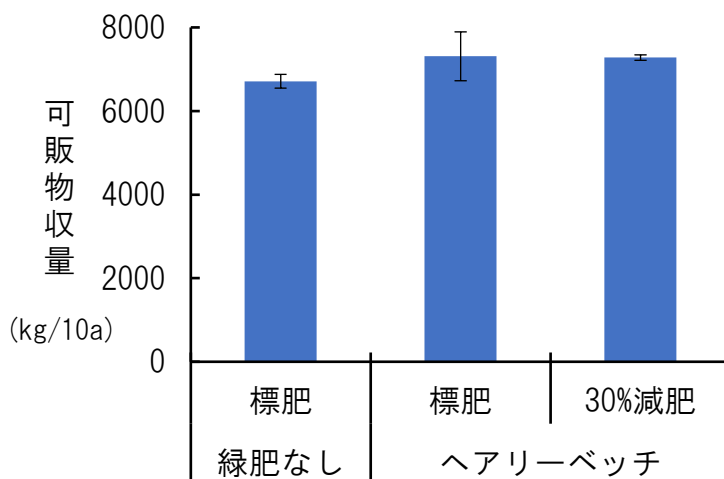
(1) キャベツの窒素・リン酸・カリ減肥（秋田県）



図VI-3 ヘアリーベッチを緑肥として導入する場合のキャベツ栽培暦の例

ヘアリーベッチを植栽し、標準量の施肥をした場合、キャベツには、緑肥なし標肥区に比べ、約 10%の増収が見込まれます（図VI-4）。化学肥料を 30%削減しても慣行栽培（緑肥なし、標肥）と同等以上の収量が得られます（図VI-4）。

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。



図VI-4 緑肥の有無とキャベツの収量
(2018年、秋田県にかほ市)

本導入事例においては、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（緑肥なし、標肥）と同等で、差し引きでは 10a あたり 4,898 円の所得増と試算されました（表VI-2）。

慣行栽培（緑肥なし、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（表VI-2）。試験を行った普通灰色低地土では、緑肥のもつ肥料効果とともに、排水性の改善が収量増に寄与すると考えられました。

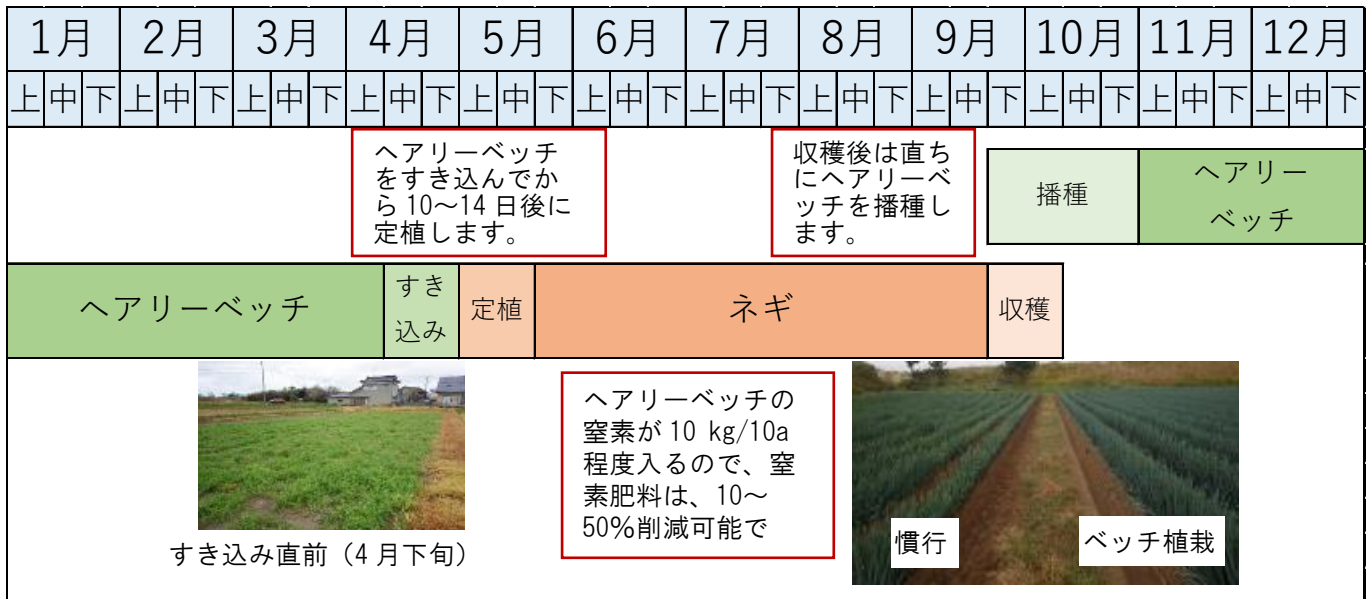
表VI-2 緑肥導入による所得増加の可能性

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 >	< 標肥 (減肥せず) >
		牛ふん堆肥	5,346	0
		燃料費	5,000	5,000
		委託費	267	267
	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 >	< 収量10%増 >
	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) 削減される化学肥料費は、窒素、リン酸、カリの 30%削減となる減肥可能量 $N-P_2O_5-K_2O=7.5-1.8-3.6$ kg/10a として算出。
- 6) 本緑肥による炭素貯留効果は、牛ふん堆肥 400kg/10a と同等であると見積り、堆肥の削減可能量を設定。堆肥の価格 8,550 円/t、削減量 400kg/10a として算出。堆肥価格は秋田県内の流通価格による。
- 7) 緑肥を導入して減肥しなかった場合、有意ではなかったものの地域や年次によって収量が 9~21%増加したことから、減肥せずに収量増がある場合と、減肥して収量増がない場合について試算した。キャベツ価格は 954 円/15 kg とし、<減肥せず> は、目標収量の 10%増 (600 kg 増) とした。
- 8) 試験を行ったほ場は、秋田県にかほ市の普通灰色低地土である。

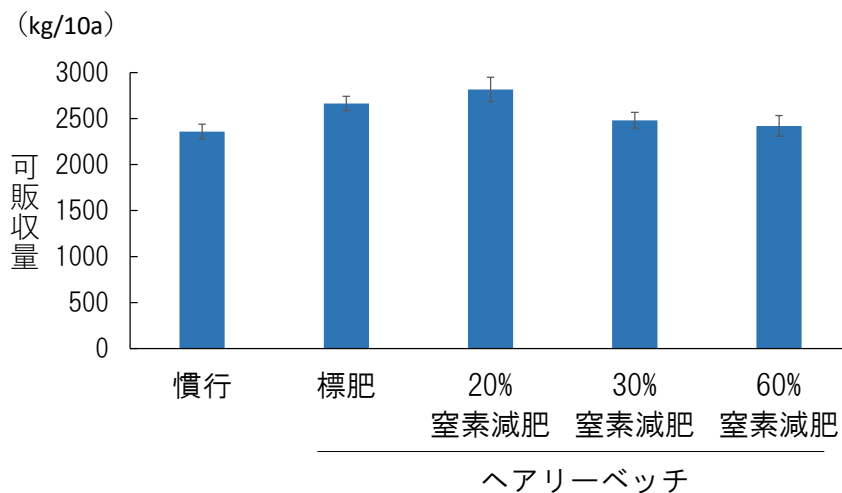
(2) 長ネギの窒素減肥 (秋田県)



図VI-5 ヘアリーベッチを緑肥として導入する場合の長ネギ栽培暦の例

ヘアリーベッチによる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。また、葉の先枯れが出にくくなりました。

ヘアリーベッチの導入により、30%窒素減肥しても慣行（ヘアリーベッチを導入せずに標肥）栽培と同等以上の長ネギ収量が得られました（図VI-6）。



図VI-6 長ネギの収量 (2016年、秋田県にかほ市)

本導入事例においては、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 増えた場合には 10a あたり 170,500 円の所得増と試算されました（表VI-3）。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。

試験を行った細粒質還元型グライ低地土では、ヘアリーベッチ導入による養分供給効果のほか、排水性改善が、収量の増加につながっていると考えられます。

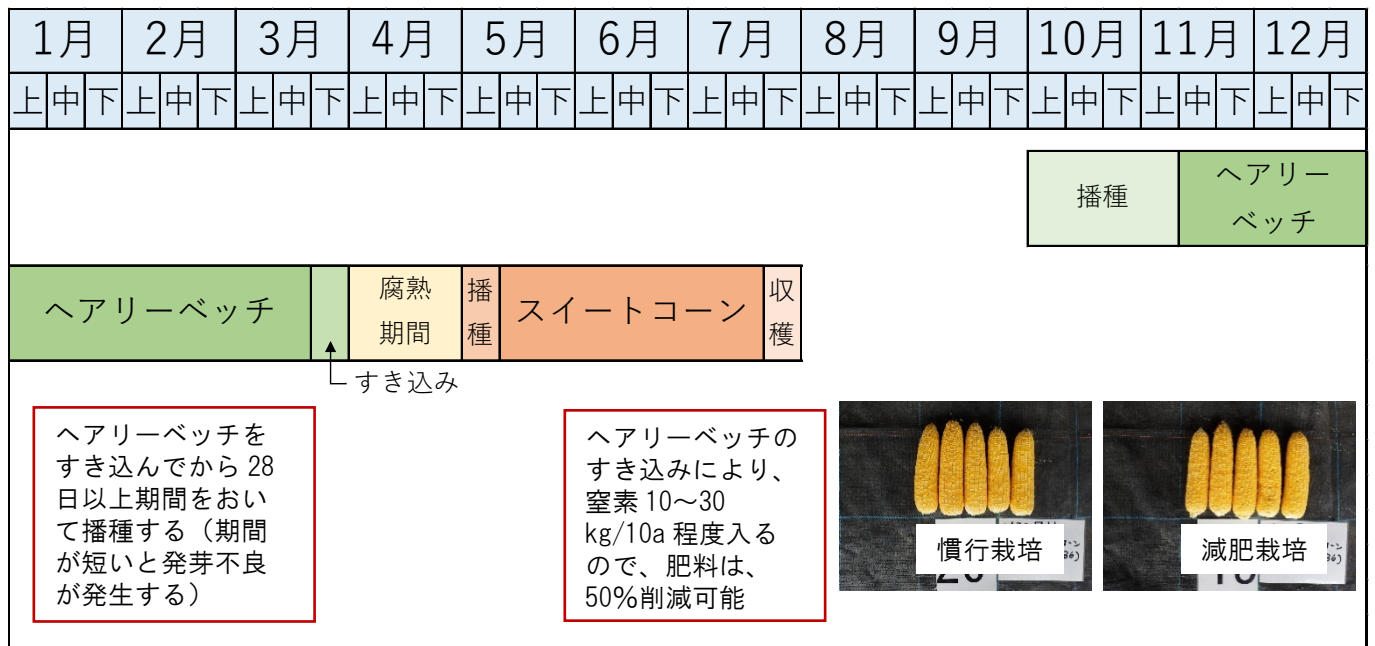
表VI-3 緑肥導入による所得増加の可能性

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 >	< 収量400 kg/10a増 >
			42,000	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。

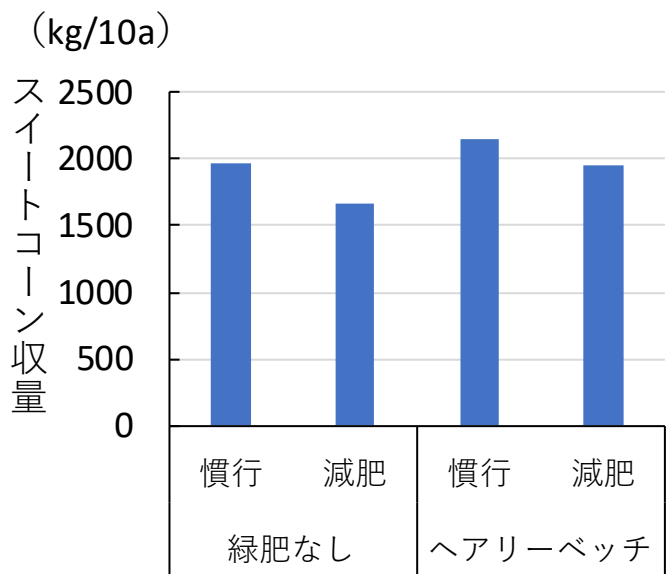
- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。緑肥導入により、播種・細断に関する労働時間が 2 時間/10a 増加。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 1,000 円/kg、播種量 3 kg/10a として算出。
- 3) 減価償却費は、フレールモア (刈幅 155 cm) の価格を 603,720 円、耐用年数を 5 年、緑肥導入面積を 10ha として算出。
- 4) 燃料単価は 100 円/L とした (秋田県 2018 年平均単価 132 円 - 軽油取引税 32 円) 。
- 5) 削減される化学肥料費は、窒素 30%削減となる減肥可能量 6 kg N/10a として算出。
- 6) 本緑肥による炭素貯留効果は、牛ふん堆肥 400kg/10a と同等であると見積り、堆肥の削減可能量を設定。堆肥の価格 8,550 円/t、削減量 400kg/10a として算出。堆肥価格は秋田県内の流通価格による。
- 7) 緑肥導入により、減肥しても収量が有意に増えたため、減肥して収量が増える場合について試算。緑肥導入で 30% 減肥区の収量が慣行の 120 kg/10a 増、20%減肥区が 460 kg/10a 増であったことなどを参考に、収量増による収入増を、主作物の 2018 年 10 月の大田市場取引価格 (420 円/kg) から算出。
- 8) 試験を行ったほ場は、秋田県にかほ市の細粒質還元型グライ低地土である。

(3) スイートコーンの窒素・リン酸・カリ減肥（山梨県）



図VI-7 ヘアリーベッチを緑肥として導入する場合のスイートコーン栽培暦の例

有機農業実践ほ場では、堆肥の連用などによるリン酸やカリ過剰など、土壌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緑肥を導入しています。



図VI-8 スイートコーンの収量

ヘアリーベッチの導入により、窒素・リン酸・カリを50%減肥しても緑肥なし

の慣行栽培と同等以上のスイートコーンの収量が得られます（図VI-8）。

また、雑草抑制効果により除草作業が削減できます。

本導入事例においては、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ります（表VI-4）。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。

表VI-4 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5kg/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、窒素、リン酸、カリの各50%削減となる減肥量208kg/10a (N-P₂O₅-K₂O=12.5-10.12.5kg/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309kg/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309kg/10aとして算出。堆肥価格は流通価格による。
- 7) 緑肥を導入して減肥した区の収量と緑肥を導入せずに慣行施肥した区の収量との間に統計的に有意な差がなく、図VI-5の減肥区の減収も5%未満だったため、収量の増減がないものとして計算した。
- 8) 試験を行ったほ場は、山梨県甲斐市の淡色黒ボク土である。

Ⅶ. クロタラリア

1. クロタラリアの特徴

マメ科で、細葉と丸葉の 2 種類があります。これらは葉の形状のほか、生育速度に差があり、細葉が丸葉より初期生育に優れます。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。

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。C/N 比もソルガムほど高くありません。

播種から 60 日で草丈が 1~2 m、収量が約 3~5 t /10a、その窒素吸収量は約 20 kg/10a になるため、土壤にすき込むと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もあります。

2. 主な品種と栽培方法

播種時期：表Ⅶ-1 の通り、場所によって異なります。

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。散播の場合、播種後はロータリーによる浅耕で覆土します。タイヤが通過して凹んだ部分でロータリー爪が土壤に軽くかかる程度が目安です。覆土後、鎮圧すると発芽が安定します。

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。

表Ⅶ-1 主なクロタラリア品種とその特徴

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。茎が空洞で硬くなくにくい。
	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、ナミイシユクセンチュウなど抑制。

3. クロタリアの生育

愛知県内でクロタリアの生育の違い（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。

クロタリアは直根性で、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。

4. すき込み

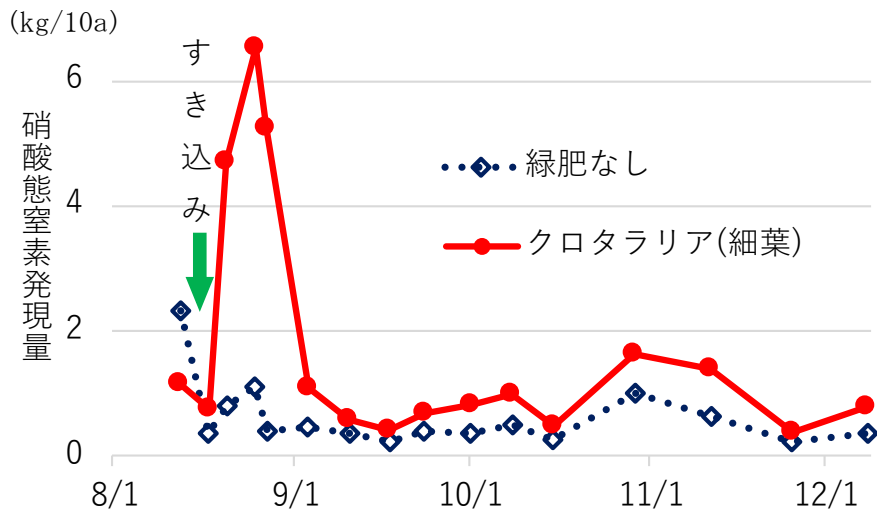
すき込み時期は、播種後 2 か月程度を目安とします。80 馬力程度のトラクターによるロータリー利用であれば、余力を有してすき込むことができます。それより馬力の小さいトラクターの場合、播種後 2 か月を待たず、やや早めにすき込むと良いでしょう。

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。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、ロータリーを地面におろして PTO を回転させず走り、植物体を踏み倒した後に、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。

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。

5. 主作物の減肥栽培

クロタリアは、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VII-1）。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。



図VII-1 クロタラリアすき込み後の土壤中硝酸態窒素含量の推移

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きます。2 週目以降、溶脱などにより土壤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。

6. 導入上の注意点

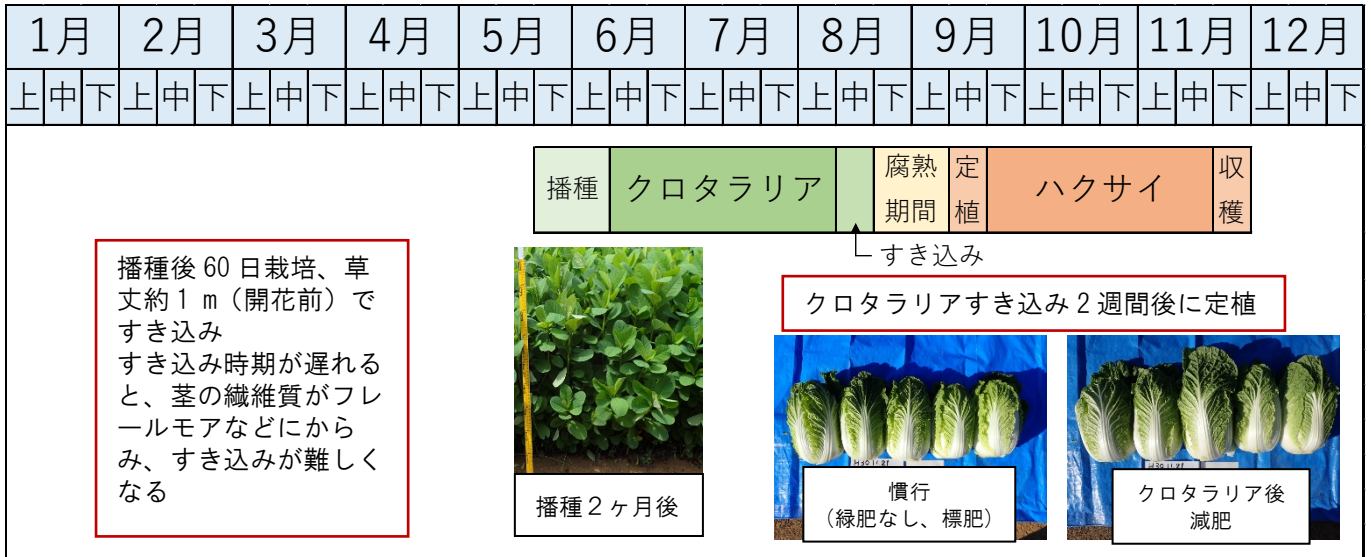
生育初期からアザミウマ類が寄生しやすいため、ほ場周辺でアザミウマ類が加害する作物が栽培されている場合は注意が必要です。

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。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。

7. クロタラリアの導入事例と経営評価

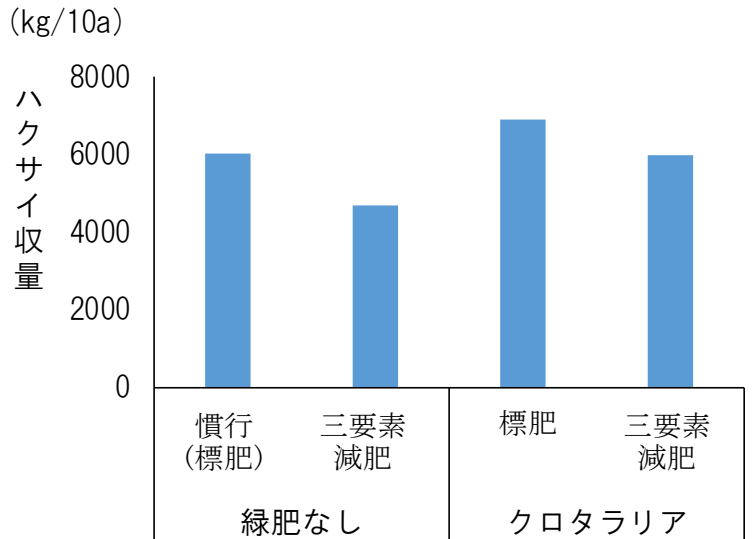
クロタラリアについては、ハクサイ、キャベツ、ブロッコリーへの導入事例を示します。

(1) ハクサイの窒素・リン酸・カリ減肥（山梨県）



図VII-2 クロタラリアを緑肥として導入する場合のハクサイ栽培暦の例

有機農業実践ほ場では、堆肥の連用などによるリン酸やカリの過剰などがみられ、土壌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緑肥を導入しています。



図VII-3 ハクサイの収量

クロタラリアの導入後には、窒素・リン酸・カリを50%減肥（三要素減肥）しても慣行（緑肥なし、標肥）と同等以上の収量が得られます（図VII-3）。雑草抑制効果により除草作業が削減できます。

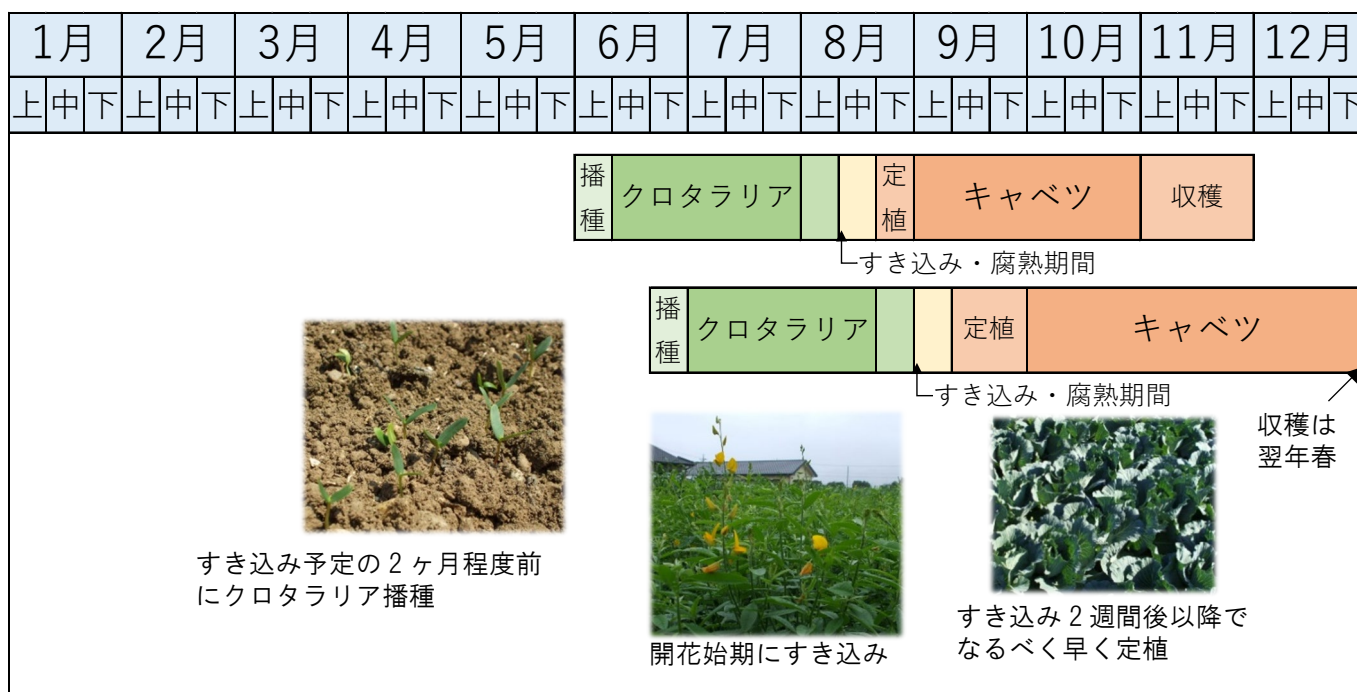
表Ⅶ-2 緑肥導入による所得増加の可能性

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	< 減肥栽培 >	< 減肥せず >
		牛ふん堆肥	29,032	0
		燃料費	7,776	7,776
		堆肥散布・施肥・除草	90	90
	委託費	堆肥散布	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 >	< 収量2,604 kg/10a増 >
			40,341	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8kg/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、窒素、リン酸、カリの各50%削減となる減肥量191kg/10a (N-P₂O₅-K₂O=11-9-11 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0.8t/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0.8t/10aとして算出。堆肥価格は流通価格による。
- 7) 緑肥を導入して減肥しなかった場合、図Ⅶ-3では有意差はなかったものの、収量が10%以上増加したことから、減肥せずに収量増が大きかった場合と、減肥して収量増が小さかった場合について試算した。収量の増加量には、図Ⅶ-3だけでなく、複数年の結果を平均して得た値を用いた。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) 試験を行ったほ場は、山梨県甲斐市の淡色黒ボク土である。

本導入事例においては、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示されました（表Ⅶ-2）。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。

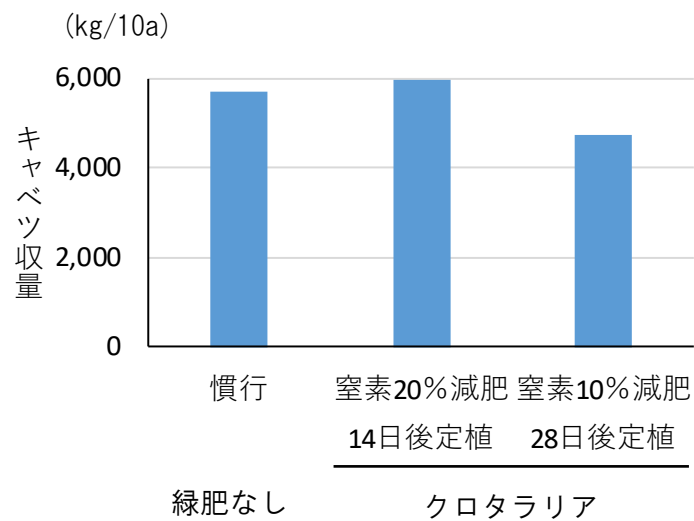
(2) キャベツの窒素減肥（愛知県）



図Ⅶ-4 クロタラリアを緑肥として導入する場合のキャベツ栽培暦の例

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%）程度の窒素を削減できます（図Ⅶ-5）。

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、冬季にかけて土壌中の硝酸態窒素（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。



図VII-5 キャベツの収量

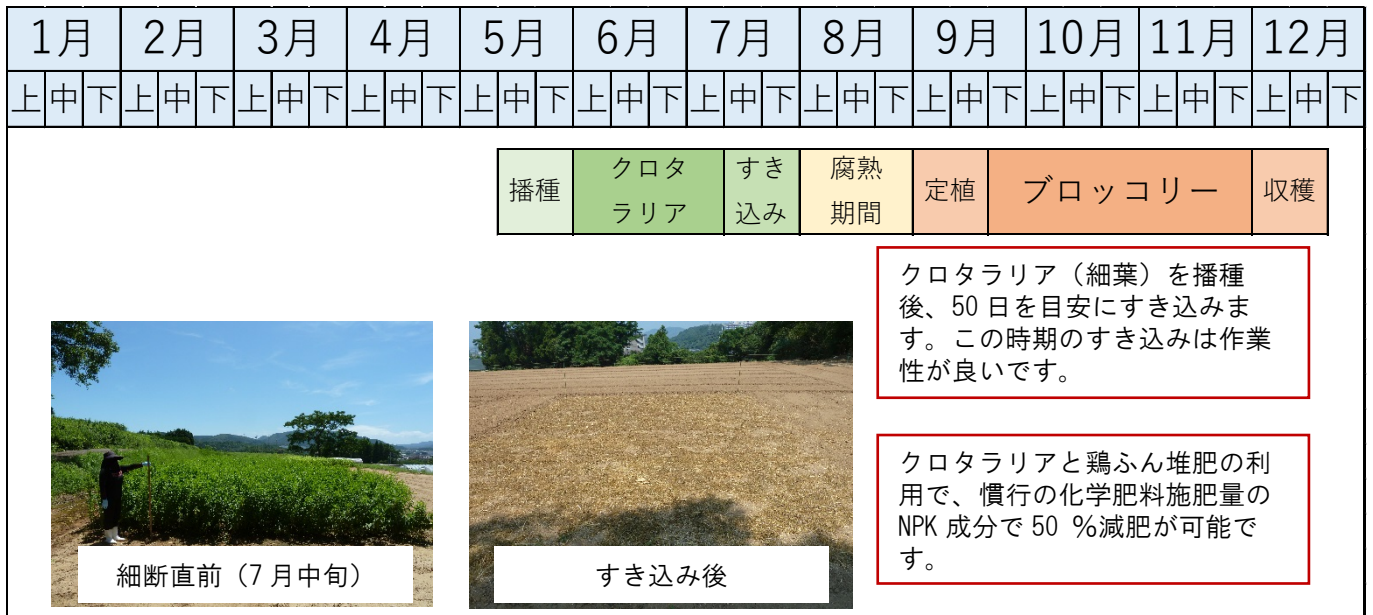
本導入事例においては、クロタラリアを導入して施肥量を2割削減することにより、10aあたり6,000円の所得増の可能性が示されました（表VII-3）。労働時間は、緑肥の播種、すき込みで10aあたり2時間程度増加しますが、除草のためのロータリー耕や堆肥散布作業で同程度の作業時間が短縮されるので、トータルの労働時間を増加させることなく導入が可能です。

表Ⅶ-3 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

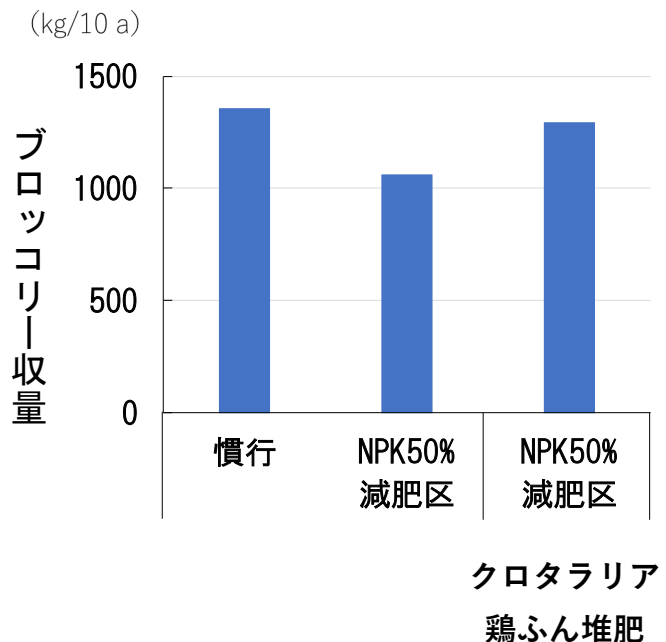
- 1) 所得ベースで考えるため、労働費の増減は除外。
- 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格 800 円/kg、播種量 6 kg/10a として算出。
- 3) 減価償却費は、緑肥の導入面積を 1ha とし、フレールモアの価格を 490,000 円、耐用年数を 7 年として算出。
- 4) 燃料単価は 128.5 円/L として算出 (経済産業省資源エネルギー庁石油製品価格調査、軽油)。
- 5) 削減される化学肥料費は、上記試験結果に基づき、窒素施肥の 20%に相当する基肥窒素の 6 kg/10a を削減できるものと考え、基肥 (N14%) の施用量を 80 kg/10a から 40 kg/10a に削減するもの (リン酸、カリも窒素にあわせて減肥) として算出。
- 6) 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 4,000 円 / t、削減量 0.5 t /10a として算出。
- 7) 有意ではないものの、緑肥導入により、減肥しても収量が 10%以上増える事例がみられたため、減肥して収量が増える場合について試算した。ここでは、図Ⅶ-3 の結果に基づき、緑肥導入により、減肥しても収量が 240 kg/10a 増えたとして、それによる所得増を試算した。
- 8) 試験を行ったほ場は、愛知県豊橋市の細粒質台地黄色土である。

(3) ブロッコリーの窒素・リン酸・カリ減肥（長崎県）



図Ⅶ-6 クロタラリアを緑肥として導入する場合のブロッコリー栽培暦の例

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。クロタラリア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、カリの各成分を50%減肥してもブロッコリーの収量を維持できます（図Ⅶ-7）。



図Ⅶ-7 ブロッコリーの収量

本導入事例においては、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 所得増の可能性がありますが（表Ⅶ-4）。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。

表Ⅶ-4 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）		
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
	小計（B）		
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（N-P₂O₅-K₂O=12.5-11-12.5 を削減）として算出。
- 6) 緑肥を導入して減肥した区の収量と緑肥を導入せずに慣行施肥した区の収量との間に統計的に有意な差がなく、図Ⅶ-4 の減肥区の減収も 5%未満だったため、収量の増減がないものとして計算した。
- 7) 試験を行ったほ場は、長崎県雲仙市の山地黄色土である。

VIII. 混播

1. 混播の特徴

緑肥作物は通常単播で利用されることが多いですが、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。

そのメリットとして、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もあります。

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。

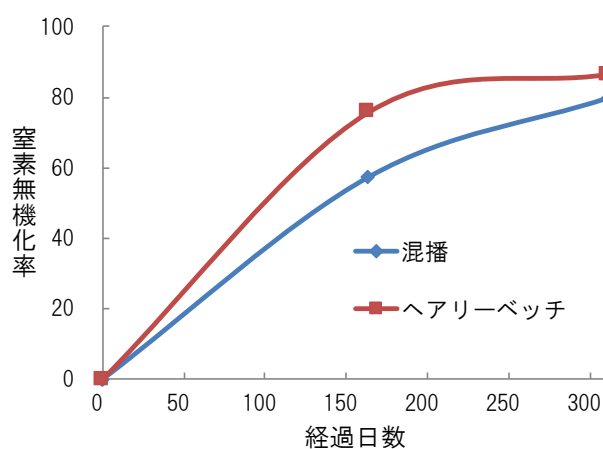
養分供給の効果は、両者の生育量の割合によって異なる可能性があります。

2. 混播した緑肥作物の生育

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。

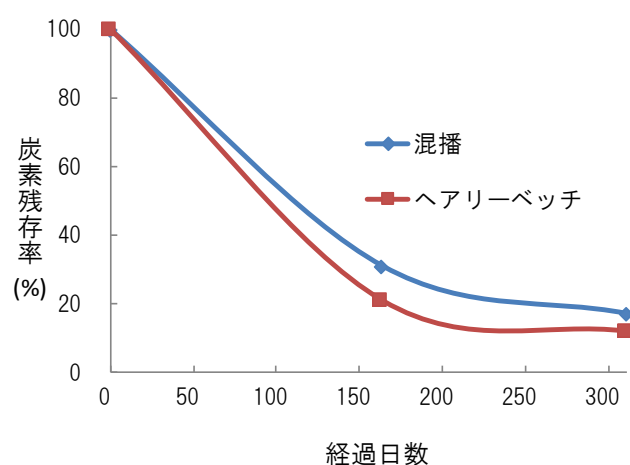
3. 混播した緑肥の窒素無機化率と炭素残存率

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Ⅷ-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Ⅷ-2）。



図Ⅷ-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Ⅷ-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

4. 導入上の注意点

播種量は単播時の合算ではないので、種苗メーカー等の資料を参考にします。

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。具体的には、ブロードキャスターなどで播種する場合、事前に種子を混ぜておくこと、また、種子の比重が大きく異なる場合には、飛距離が異なる可能性があることから、絞り気味にし

て、1回の播種の幅を狭めることが良いと考えられます。

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。

参考資料

1. 緑肥利用マニュアルー土づくりと減肥を目指してー（農研機構中央農業研究センターセンター刊、2020年3月）

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/134374.html からダウンロード可能

緑肥の販売元に関する情報

本資料に掲載している緑肥作物の種子は、以下の3社から入手可能です。

雪印種苗株式会社：<https://www.snowseed.co.jp/>

タキイ種苗株式会社：<https://www.takii.co.jp/>

カネコ種苗株式会社：<http://www.kanekoseeds.jp/>

担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 中日本農業研究センター 研究推進部 研究推進室 広報チーム
029-838-8421 koho-carc@ml.affrc.go.jp



「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。