

令和5年度 第4回 関東農政局
みどりの食料システム戦略勉強会
2023年7月28日

緑肥で高めよう。土壌の力を

農研機構 中日本農業研究センター
唐澤敏彦

NARO

緑肥とは



緑肥：栽培している植物を、**収穫せず**田畑にすきこみ、次の作物の**肥料**にすること、またはそのための植物

- 自給肥料として広く栽培
→化学肥料の普及とともに減少
- 肥料価格が高騰 =肥料効果に再注目
- 堆肥投入量の減少 =堆肥に代わる
土づくり資材として期待

緑肥を使った土づくり・減肥
=堆肥など、他の有機物の効果と比較しつつ、紹介

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

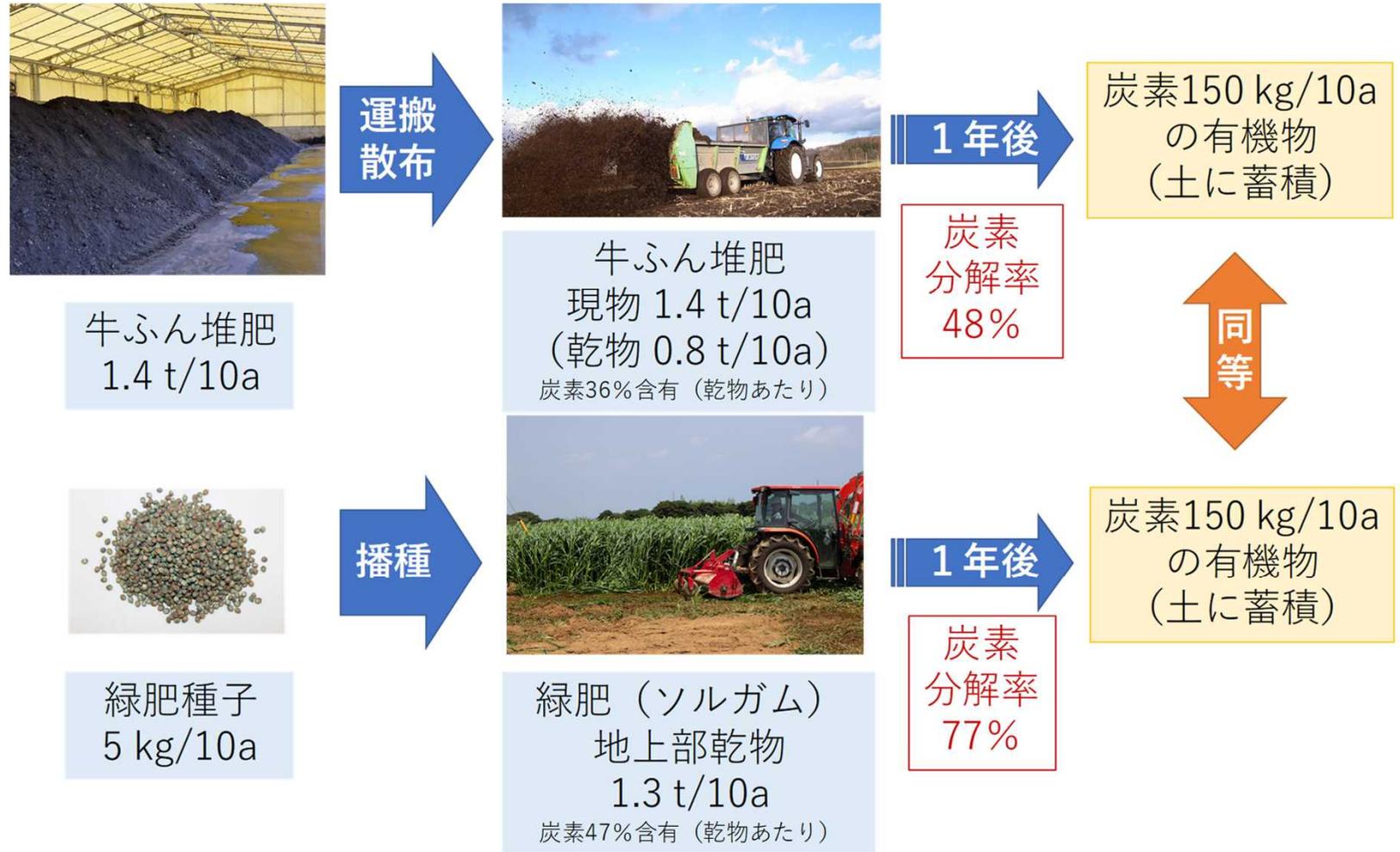
秋田県立大学
秋田県農業試験場
栃木県農業試験場
千葉県農林総合研究センター
山梨県総合農業技術センター
長野県野菜花き試験場
愛知県農業総合試験場
長崎県農林技術開発センター
雪印種苗株式会社
農研機構

緑肥導入がもたらす土づくり効果

有機物を蓄積する効果 — 堆肥との比較 —

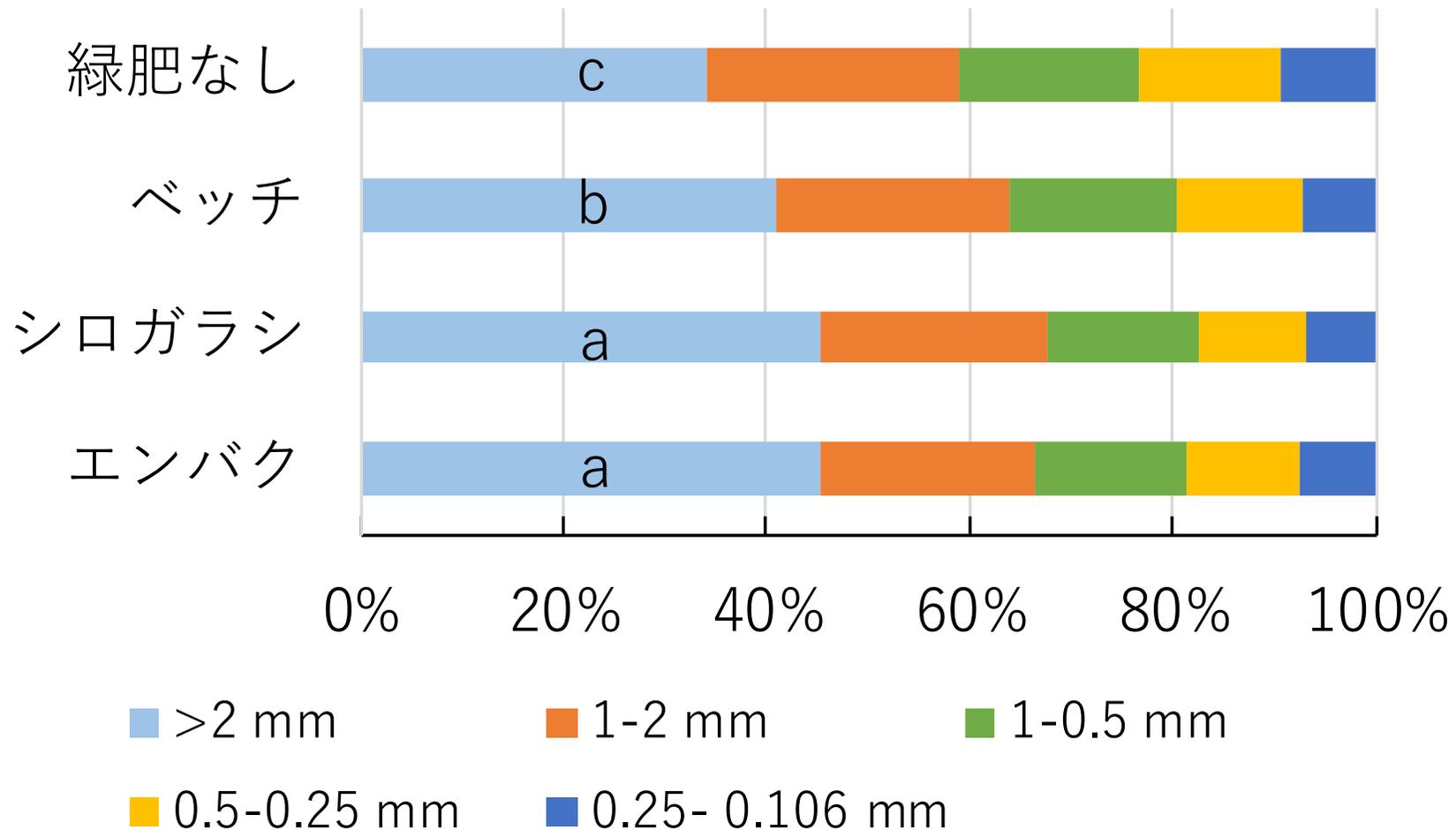
- 土壌有機物は土壌の物理的・化学的・生物的性質や肥沃度に良い効果
- 農耕地では、微生物による**有機物分解が進みやすいため、有機物補給が必要**

- **堆肥に比べ、緑肥の土づくり（有機物蓄積）の効果はどうか**
- **緑肥の種類によって効果は違うか**



- **牛ふん堆肥: 1.4t 運搬・散布 ⇔ ソルガム: 5kg 播種** (作物栽培できない期間)
- **ソルガムは牛ふん堆肥1.4t/10a ⇔ ベッチは堆肥0.2~0.3t/10a**

作土の改善効果



緑肥が土壤団粒の大きさに与える効果

- 堆肥などにも土壤に有機物を補給する効果があり、同様の効果が期待

下層土の改善効果



緻密度
赤が濃いと硬い

エンバク後

緑肥なし後

		エンバク後					緑肥なし後				
		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

耕盤層

コマツナの根
緑が濃いと多い

		エンバク後					緑肥なし後				
		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

水はけの改善



緑肥なし後



ヘアリーベッチ後

- 緑肥なし後（左）とベッチ後（右）のネギ圃場の降雨後の様子（秋田県立大）
- 転換畑の水はけの改善でセสบانيا（耐湿性）やベッチ（耐湿性でない）などの導入事例
- ベッチなどは、排水対策をして導入
- 耐湿性が高いのは、セสบانيا、ヒエ、イタリアンライグラス、ペルシアンクローバ

有害線虫・土壌病害の抑制



エンバク



クロタラリア



ソルガム



クリムゾンクローバ

有害線虫を減らす効果がある緑肥

- 一部の堆肥には、有害線虫の密度を低減する効果

土壌病害を減らす効果がある緑肥



からしな

- 堆肥など分解が進んだ有機物は、概して土壌病害を抑制する傾向
 - 緑肥や堆肥の効果は万能でない
 - 緑肥や堆肥の種類によって、効果のある有害線虫や土壌病害の種類が違う
- 例：ネグサレセンチュウが問題になる主作物の前に、ネコブセンチュウを減らす緑肥を入れたら、ネグサレセンチュウが増えた

緑肥導入がもたらす肥料効果

窒素の供給 (マメ科)

マメ科緑肥：
青刈ダイズ
レンゲ
クロタラリア
ヘアリーベッチ



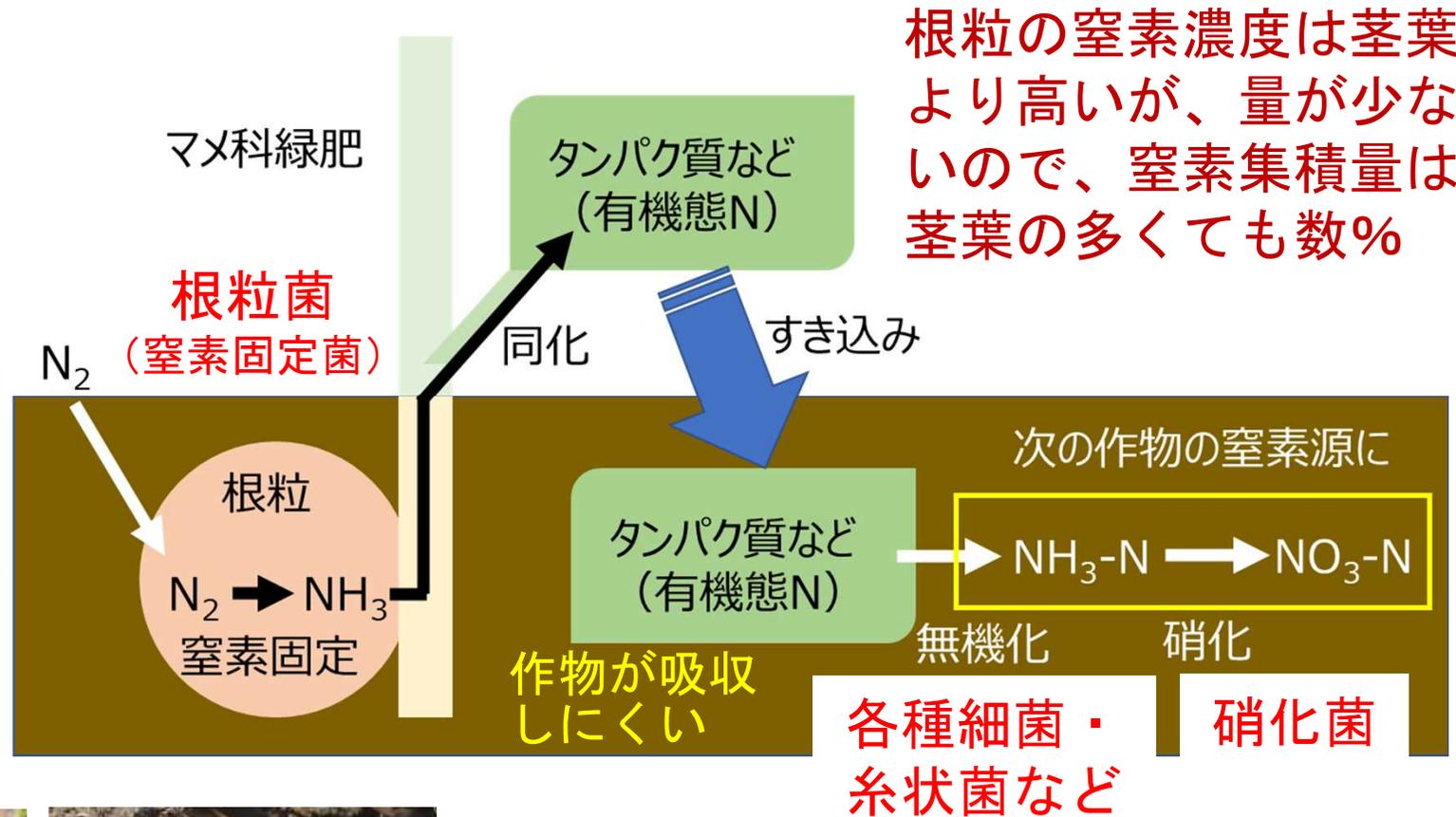
クロタラリア



ヘアリーベッチ



ベッチ根の根粒



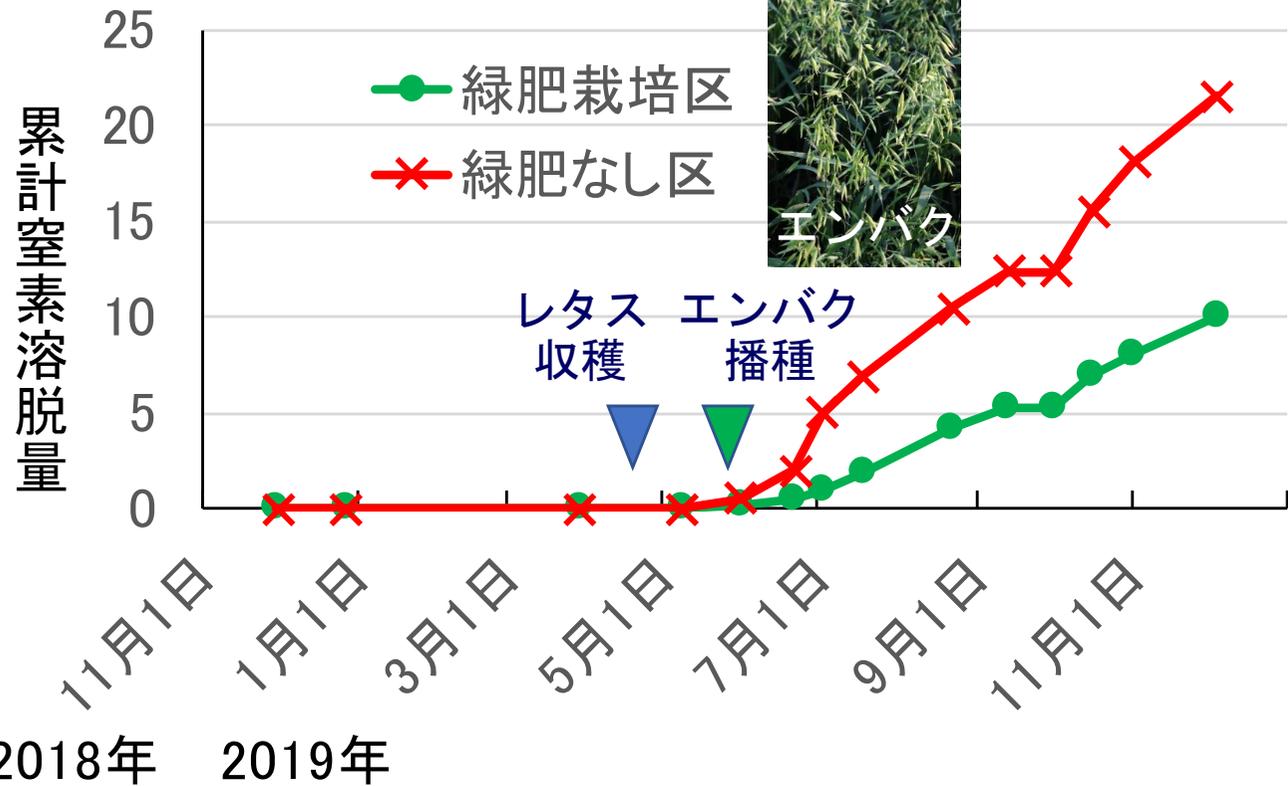
根粒の窒素濃度は茎葉より高いが、量が少ないので、窒素集積量は、茎葉の多くても数%

空気中の窒素ガス (N_2) を窒素肥料の成分のアンモニア (NH_3) に変換

すき込むと次作物の窒素肥料に

窒素の供給（イネ科）

(kgNO₃-N/10a)



■ 作物が吸い残した窒素
 ➤ 降雨とともに地下に流れ、吸収不能（溶脱）

■ 収穫後にエンバクを導入、溶脱窒素を回収
 ➤ すき込むと次作物の窒素肥料に

ライシメーター*試験（栃木県）

* 地下に浸透する水を採取できる施設

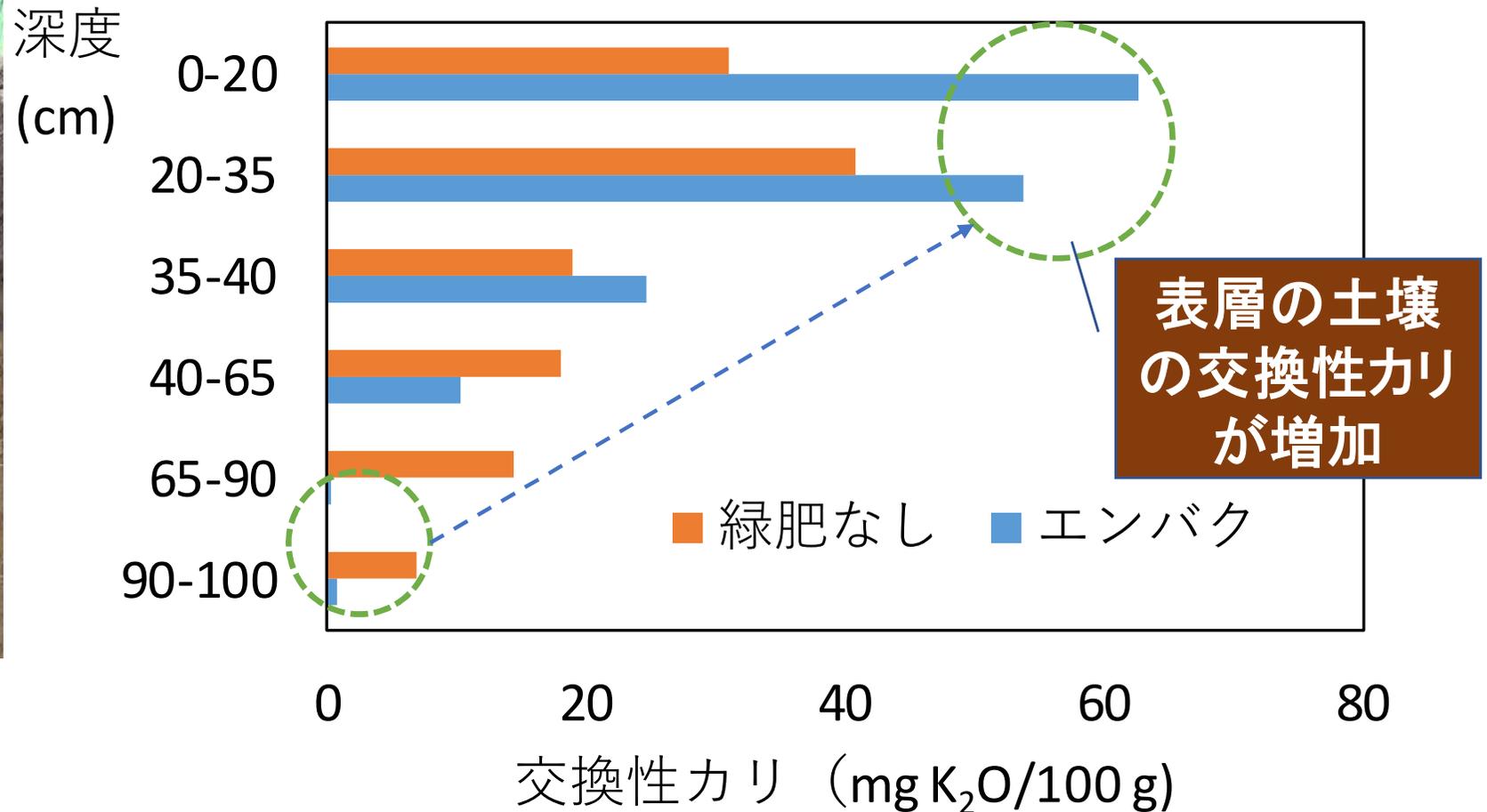
堆肥のように、外から養分を持ち込むわけではないが、減肥につながる

緑肥によるカリ供給

緑肥導入: カリの下方への移動を減らし、**作土の交換性カリを増やす**
→ **カリ施肥を減らせる可能性**



深さごとに
交換性カリ
を測定



エンバクの導入が深さ別の交換性カリ含量に及ぼす効果

緑肥によるリン酸供給

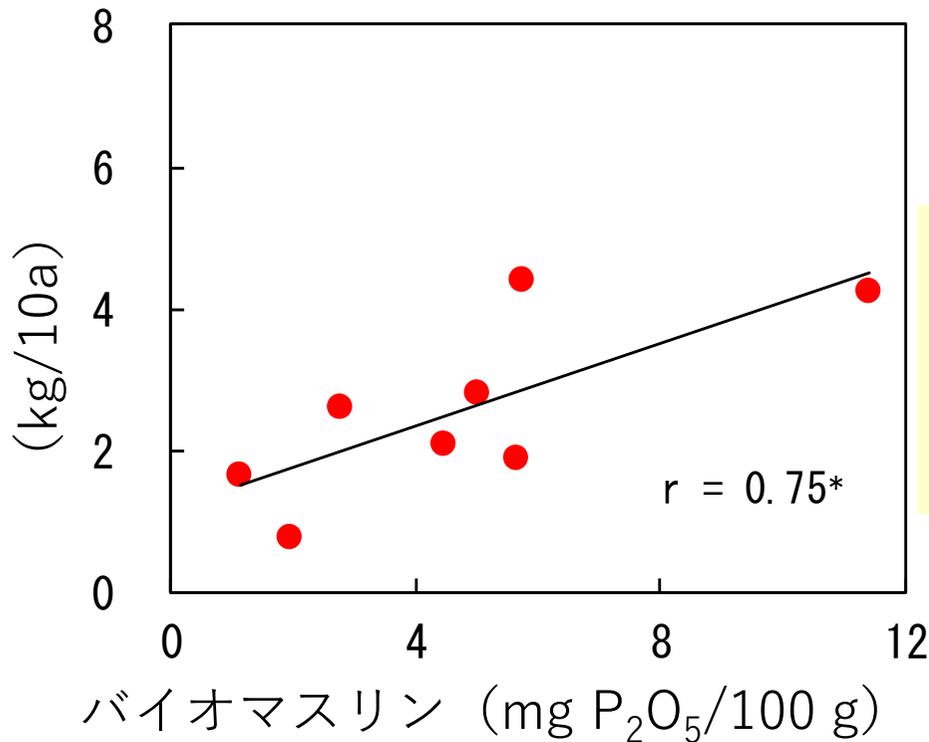
難溶性



有機酸で難溶性リン酸を溶解

- 吸収しにくい養分：難溶性、有機態
 - 緑肥すき込みで有用な土壤微生物が増殖
 - リン溶解菌
 - バイオマスリン
 - ホスファターゼ
- 次の作物のリン酸減肥

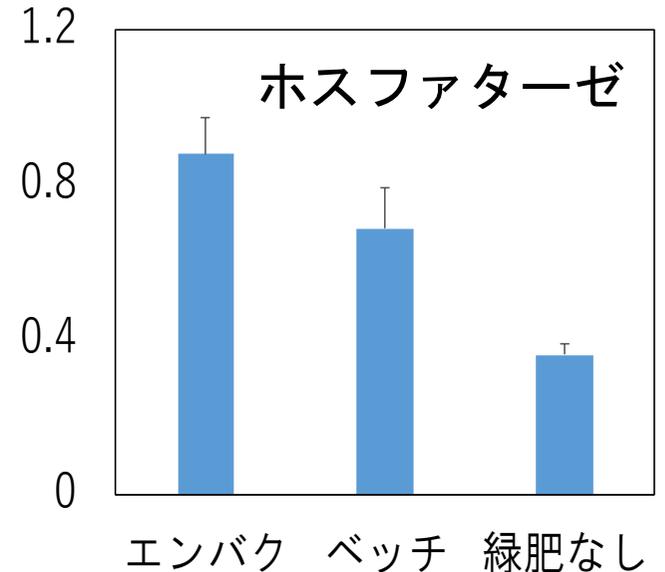
キャベツのリン酸吸収量



土壤生物中のリン (難溶化しにくい)

有機態

ホスファターゼ活性



酵素で無機化

緑肥の効果を得るためのポイント

緑肥の選び方

緑肥の種類によって異なる「期待される効果」

		土づくり(物理性)			減肥		減肥(有用生物による)			有害生物の制御		
		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	菌根菌 (リン吸収促進)	根粒菌 (窒素固定)	土壌病害抑制	有害線虫抑制	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	◎	○	○	○	◎	○	○	×		○	○
	ギニアグラス	◎	○		○	◎		○	×		○	
マメ科(寒)	ヘアリーベッチ	△		○	◎	○	○	○	○			○
	クリムゾン	△		○	◎	○		○	○		○	
マメ科(暖)	クロタラリア	◎		○	◎	○	○	○	○		○	
キク科	ヒマワリ	◎	○	○	○	◎	○	○	×			
	マリーゴールド	○	○		○	○		○	×		○	
アブラナ科	シロガラシ	○	○		◎	○		×	×			
	チャガラシ	○	○		◎	○	○	×	×	○		

緑肥の選び方 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）、ベッチ（秋田県、神奈川県など）、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、宮崎県、鹿児島県）、エンバク（鹿児島県）、クロタラリア（宮崎県）
ニンジン	ソルガム（宮崎県）、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）
バレイショ	エンバク（北海道、宮城県、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）

主作物の栽培時期と競合しない
ねらった導入効果をもつ
次の作物の病害虫を増やさない

緑肥の播種



播種機を使った条播



ラジコンヘリで水稻立毛間に散播



散粒機による散播



ブロードキャスターを使った散播

播種のポイント

散播した場合：発芽や初期生育の安定化のため、覆土鎮圧



ロータリーによる覆土



播種後のローラーによる鎮圧



水稻立毛間播種では、コンバインから排出される稲わらを覆土代わり

播種量：作物によって違う 緑肥利用マニュアルや種苗会社のカタログ参照

施肥：基本的には、前作物の残肥で栽培
残肥がない圃場では、施肥が必要な場合も

緑肥のすき込み

緑肥の種類、生育ステージごとにすき込みに使える機械

	ソルガム				エンバク		ライムギ			ヘアリーベッチ		クロタリア(細葉)		クロタリア(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
フレールモア	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ロータリー	○	○	×	×	○	×	○	○	×	○	△	×	×	×	×
プラウ	○	○	×	×	○	△	○	○	×	○	○	×	×	×	×



ロータリー

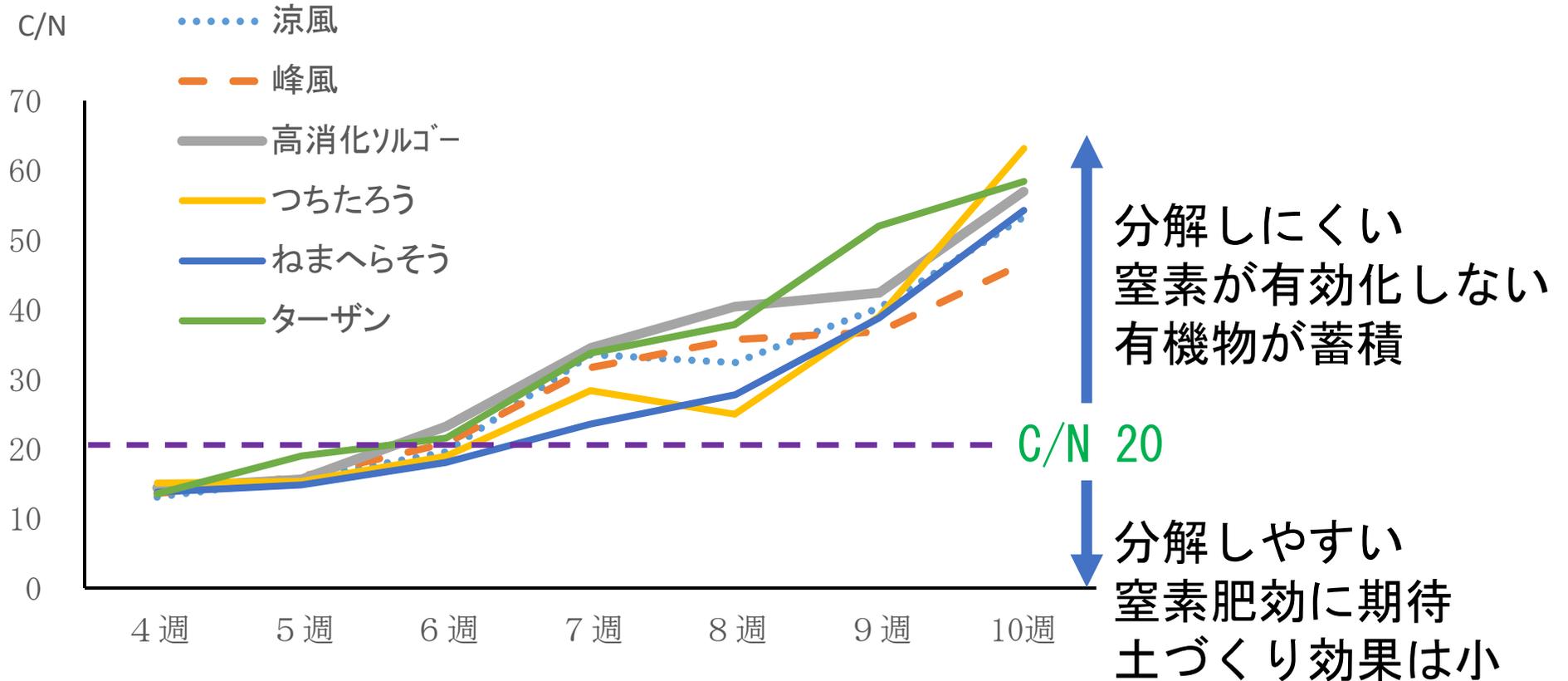
フレールモア

プラウ

- ロータリーによるすき込みが一般的(ロータリしかなければ小さいうち=対抗作物注意)
- 作物種や生育ステージによっては、緑肥をそのままロータリーですき込むことが困難なので、モアで細断してから、ロータリー耕
- プラウですき込むことも可能

すき込みのポイント（時期による効果の違い）

ソルガム 6 品種

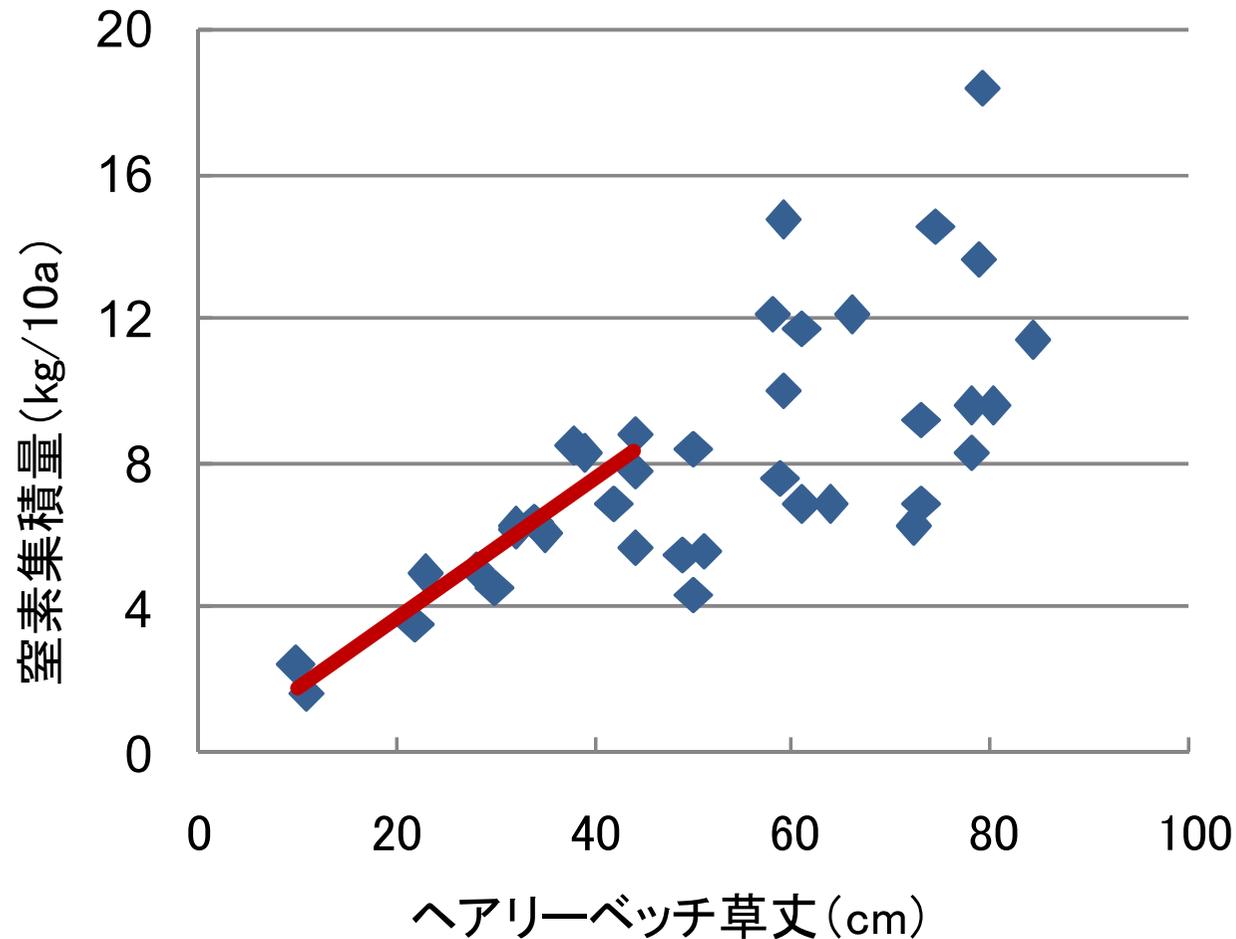


ソルガムのC/N比の経時変化（長野県）

ベッチなどは生育ステージでC/N比が大きく変化しないが、他の緑肥は、C/N比が変化

すき込むタイミングで、微生物による分解の受けやすさが異なり、減肥可能量を定めるのが簡単でない（土壌肥沃度、生育ステージが似たような事例がマニュアルにあるのなら、参考にできる）

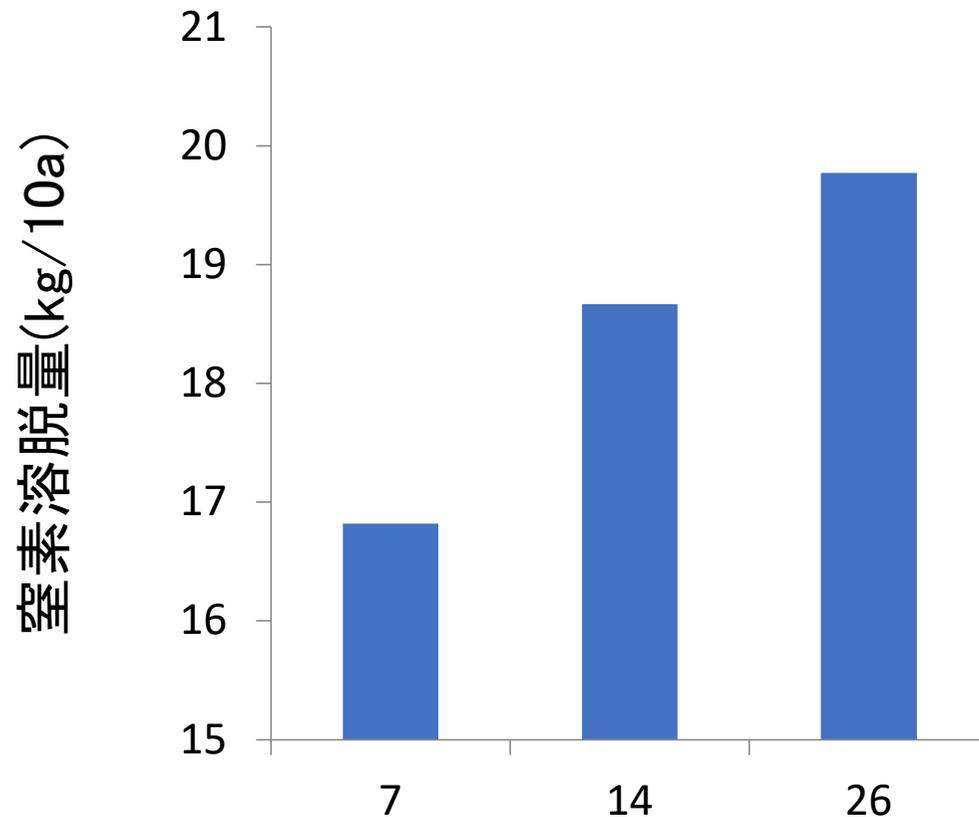
減肥可能量の決め方



C/N比が生育ステージで変化しないヘアリーベッチは草丈から、窒素すき込み量を推定し、それをもとに、減肥可能量を決められる(秋田県立大)

水稻への利用では、品質低下や倒伏を避けるため、生育量から減肥可能量を計算し、減肥している(兵庫県ヘアリーベッチ米など)

主作物の作付けまでの期間

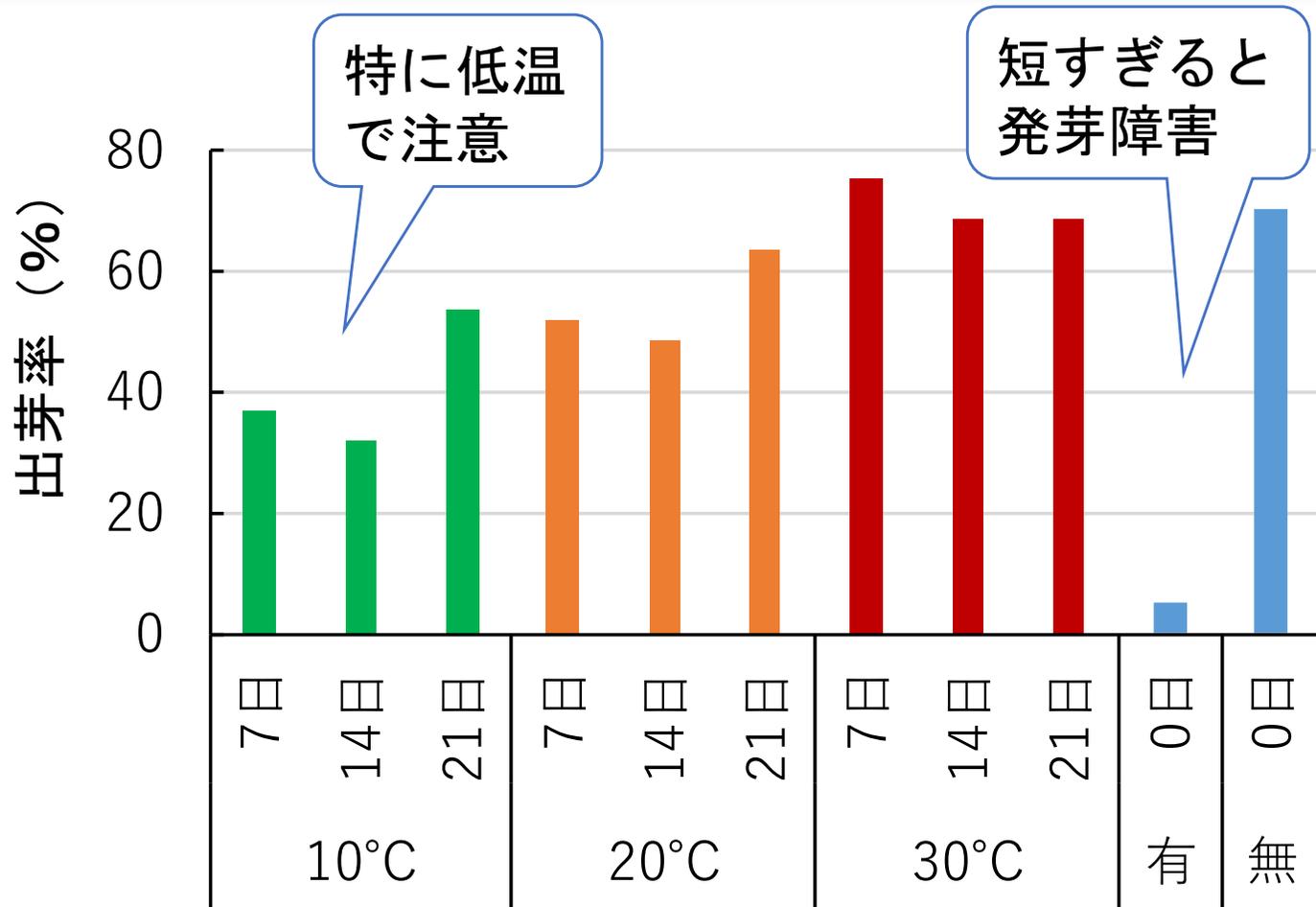


緑肥すき込みから
播種までの日数

- すき込み～作付けの期間：
 - 長い：
 - 緑肥から放出された窒素が溶脱
 - **減肥できる量が減少**
 - 短い：
 - 溶脱が少なく、窒素利用率が高い
 - より多くの減肥が可能

ベッチすき込みから播種までの期間が窒素溶脱量に及ぼす影響(山梨県、ライシメータ)

主作物の作付けまでの期間



- 短すぎると、植え傷みや発芽障害
- 高温では、7日で十分
- 低温では、十分な腐熟期間が必要

緑肥すき込みから播種までの期間

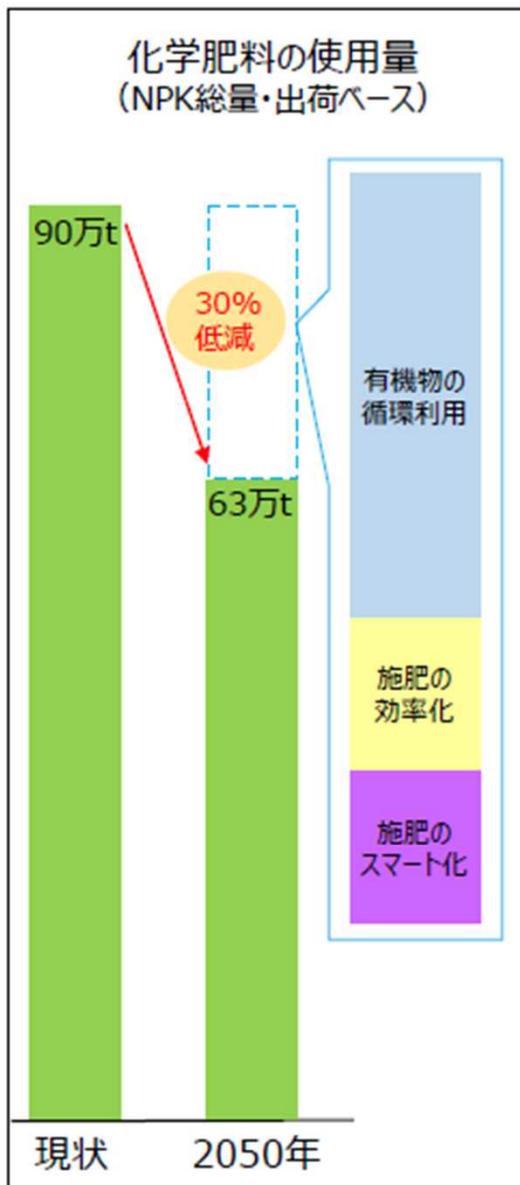
ベッチすき込み後の日数と温度がスイートコーンの発芽率に及ぼす影響 (山梨県)

みどりの食料システム戦略

化学肥料の低減に向けた取組

目標

・2050年までに、輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量を30%低減。



1 有機物の循環利用

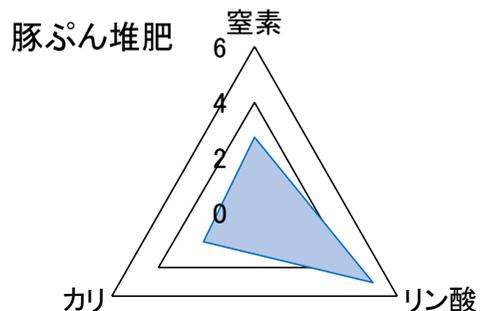
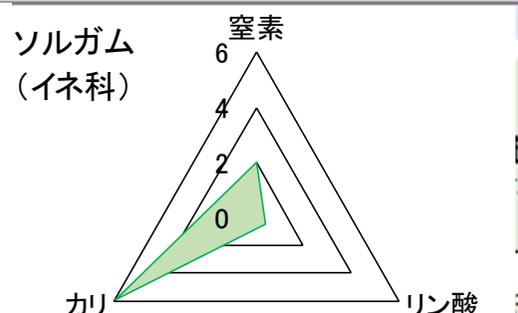
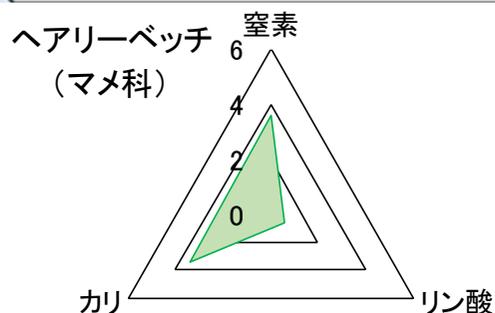
たい肥の投入による生産性の向上を実証し、農家のたい肥利用を促進するとともに、たい肥の高品質化・ペレット化技術等の開発や広域流通なども進め、耕種農家が使いたい肥等がどこでも手に入る環境を整備することで、たい肥等による化学肥料の置換えを進める。

目標達成に向けた技術開発

- ・たい肥の製造コスト低減・品質安定化技術や低コストなペレット化技術
- ・汚泥等からの肥料成分（リン）の低コスト回収技術

目標達成に向けた環境・体制整備

- ・たい肥による生産性向上効果を現場で実証しつつ取組を拡大[持続可能な生産技術への転換を促す仕組みや支援を検討]
- ・地域の有機性資源の循環利用システムの構築 (たい肥の高品質化・ペレット化、たい肥を原料とした新たな肥料の生産、広域流通体制 等)



肥料の無駄を省き効率化するととる。

家畜ふん堆肥：リン酸、あるいは、リン酸・カリが高い傾向

緑肥：窒素・カリ（マメ科）、カリ（イネ科）が高い傾向

→養分のバランスという意味でも、堆肥と緑肥を組み合わせた化学肥料代替

みどりの食料システム戦略

有機農業の取組面積拡大に向けた取組

有機農業の取組面積拡大 に向けた技術革新

耕地面積に占める
有機農業の取組面積の割合
25% (100万ha)



28

取組・技術

- 地力維持作物を組み入れた輪作体系の構築
- 水田の水管理による雑草の抑制
- 土着天敵や光を活用した害虫防除技術
- 緑肥等の有機物施用による土づくり

2020年

取組・技術

- 除草の自動化を可能とする畦畔・ほ場周縁の基盤整備
- AI等を活用した土壤病害発病ポテンシャルの診断技術
- 地力維持作物を組み入れた輪作体系の構築
- 水田の水管理による雑草の抑制
- 土着天敵や光を活用した害虫防除技術
- 緑肥等の有機物施用による土づくり

2030年

取組・技術

- 主要病害に対する抵抗性を有した品種の育成
- 先端的な物理的手法や生物学的手法を駆使した害虫防除技術
- 除草の自動化を可能とする畦畔・ほ場周縁の基盤整備
- AI等を活用した土壤病害発病ポテンシャルの診断技術
- 地力維持作物を組み入れた輪作体系の構築
- 水田の水管理による雑草の抑制
- 土着天敵や光を活用した害虫防除技術
- 緑肥等の有機物施用による土づくり

2040年

取組・技術

- 主要病害に対する抵抗性を有した品種の育成
- 先端的な物理的手法や生物学的手法を駆使した害虫防除技術
- 除草の自動化を可能とする畦畔・ほ場周縁の基盤整備
- AI等を活用した土壤病害発病ポテンシャルの診断技術
- 地力維持作物を組み入れた輪作体系の構築
- 水田の水管理による雑草の抑制
- 土着天敵や光を活用した害虫防除技術
- 緑肥等の有機物施用による土づくり
- 主要病害に対する抵抗性を有した品種の育成
- 幅広い種類の害虫に対応できる有効な生物農薬供給チェーンの拡大
- 土壤微生物機能の完全解明とフル活用による減農薬・肥料栽培の拡大

2050年

まとめ

- 土づくり効果 **有機物の蓄積＝堆肥と緑肥の比較、緑肥間の比較**
 - 作 土：有機物の蓄積、団粒化
 - 下層土：緻密度、水はけの改善
- 肥料効果 **養分バランス＝堆肥と緑肥で違う（組み合わせた肥料代替）**
 - 緑肥による養分供給メカニズム
 - ・窒 素：窒素固定、溶脱低減
 - ・カ ーリ：溶脱低減
 - ・リン酸：有用な微生物機能
- 緑肥の効果を得るためのポイント
 - 選び方：適期に栽培でき、目的とする効果を持つ
 - すき込み（イネ科）：**早い→肥料、遅い→土づくり**
 - 腐熟期間：**短い→植え傷み、長い→養分ロス**



緑肥利用マニュアル
-土づくりと減肥を
目指して-

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



緑肥Web講習会「減肥と土づくりのための緑肥の栽培」 - YouTube

<https://www.youtube.com/watch?v=mTYnNvqllLk>

緑肥作物・カ
バークロップ
導入ガイド

<https://www.naro.go.jp/laboratory/carc/organic/ryokuhi-sakumotsu/donyu-guide.html>