

試験研究成果普及情報

部門	土壌・肥料	対象	普及
課題名：緑肥作物エンバクを活用した秋冬どりニンジンの減肥栽培			
<p>[要約] 秋冬どりニンジン栽培では、緑肥作物としてエンバク野生種アウエナ ストリゴサ（以下、エンバク）を春に栽培し、C/N比が20～30となったときにすき込むことで、播種時期にかかわらず窒素、リン酸及び加里の3割減肥が可能である。エンバクのC/N比や秋冬どりニンジン栽培における窒素減肥可能量は、エンバクの草丈、葉色及び播種量から推定できる。</p>			
フリーワード [※] 緑肥作物、減肥、ニンジン、C/N比、窒素肥効率			
実施機関名	主 査 農林総合研究センター 土壌環境研究室 協力機関 千葉大学、安全農業推進課		
実施期間	2020年度～2022年度		

[目的及び背景]

緑肥作物を導入することにより、土壌に残る肥料成分を地表付近に集積することができ、すき込み、分解させることで、次作の肥料成分として再利用できる。こうした目的を達成するためには、緑肥作物の生育量を確保するとともに、分解に使用される窒素成分を考慮して、C/N比が適切な時期にすき込む必要がある。

これまでに、エンバクやソルガムなどの緑肥作物を導入することで土壌に蓄積したリン酸を後作物で有効活用する技術開発を行ってきた。エンバクすき込み後の7月下旬播種の秋冬どりニンジン栽培では、リン酸を2割減肥しても栽培できることなどを明らかにした。しかし、現地では播種が8月上～中旬まで続き、播種時期が遅いときのエンバク導入の効果は明らかになっていない。また、リン酸以外の減肥も可能であることが示唆されたことから、秋冬どりニンジン栽培のいずれの播種時期でも安定的に窒素、リン酸及び加里を削減できることを明らかにする。また、緑肥作物エンバクの生育状況からC/N比や秋冬どりニンジン栽培における窒素減肥可能量を推定できる技術を開発する。

[成果内容]

1 緑肥作物導入によるニンジン栽培における減肥効果

- (1) 緑肥作物としてエンバクを導入することにより、エンバクの播種時期及びニンジンの播種時期にかかわらず、窒素、リン酸及び加里の3割減肥が可能である（表1、図1）。
- (2) 7月下旬播種の秋冬ニンジン栽培において、2月に播種したエンバクをすき込むことにより、窒素を5割減肥しても標準施肥と同等の可販収量が得られる（表1、図2）。同様にリン酸を無施用としても可販収量は減少しない（表1、図3）。春夏どりニンジン栽培において、緑肥としてソルガムを導入することにより、窒素、リン酸及

び加里の3割減肥が可能である(表1、図4)。

(3) 現地圃場においても、緑肥作物としてエンバクを導入することにより、秋冬どりニンジン栽培における減肥が可能であり、所得が増加する(表1、表2、図5)。

2 エンバクのC/N比と秋冬どりニンジン栽培における窒素減肥可能量の推定

(1) 秋冬どりニンジン栽培前の土壌の可給態窒素含量は、緑肥としてエンバクを導入することにより上昇する(表3)。可給態窒素含量が3mg/100g以下の場合、可給態窒素含量が高いほどニンジンの可販収量が増加する(図6)。また、可給態窒素含量の上昇程度は、エンバクのC/N比が20~30のときに高くなる傾向がある(図7)。

(2) エンバクの草丈、第3葉の葉色カラースケール値(CS値)及び播種量を用いて、エンバクのC/N比(式1)と窒素吸収量(式2)の推定が可能である(図8、図9)。C/N比の推定値の早見表を図10に示す。エンバクの草丈は、葉をまっすぐに伸ばして、地表面から最も長い葉先までの長さを測定する。エンバクの葉色は「葉色カラースケール(水稲用)」(富士平工業株式会社)を用いて測定する。測定位置は、株の最長茎の最上位完全展開葉を展開第1葉とし、展開第1葉から2枚下の展開第3葉の葉身の中央部とする。

$$CNR = 75.1 + 0.21 \times H - 10.79 \times CS \quad (\text{式1})$$

$$NA = -21.9 + 0.079 \times H + 3.59 \times CS + 0.42 \times SA \quad (\text{式2})$$

CNR:エンバクのC/N比、NA:エンバクの窒素吸収量(kg/10a)、H:草丈(cm)、CS:第3葉の葉色カラースケール値、SA:播種量(kg/10a)

(3) 後作のニンジンにおける緑肥由来の窒素肥効率は、エンバクのC/N比が20~30のときに正の値となる(図11)。C/N比がこれより高いと、窒素肥効率が負の値となり、窒素が不足する原因となる。

(4) C/N比が19~43のとき、回帰式(図11、式3)により推定した窒素肥効率を用いることで窒素減肥可能量を算出できる(式4)。窒素減肥可能量の推定値の早見表を図12に示す。

$$NE = -0.31 \times CNR^2 + 14 \times CNR - 121 \quad (\text{式3})$$

$$NR = NA \times NE / 100 \quad (\text{式4})$$

NE:緑肥の窒素肥効率の推定値(%), NR:ニンジンにおける窒素減肥可能量(kg/10a)

[留意事項]

- 1 土壌の養分が非常に少ない圃場の場合、エンバクの生育が悪い。この場合は基肥を施用する。また、エンバクの生育が緩慢で葉色が薄い場合は追肥する。
- 2 エンバクの展開第3葉の葉色は、すき込み17日前とすき込み前日で変わらない。すき込み予定日の数週間前に葉色を測定し、図10を用いて目的とするC/N比の値からす

き込み適期となる草丈を判断できる。ただし、出穂期以降は草丈の変化にかかわらず、C/N比が著しく上昇するため、出穂する前にすき込む。

3 ニンジンの減肥栽培を行う際は、必ず土壌診断を実施し、土壌の化学性を把握した上で施肥設計を行う。

[普及対象地域]

県内全域

[行政上の措置]

[普及状況]

[成果の概要]

表1 各栽培試験における耕種概要

図	試験区	緑肥播種				緑肥すき込み				ニンジン基肥			ニンジン播種		ニンジン収穫日																
		基肥施用日	窒素	リン酸	加里	品種	播種日	播種量(kg/10a)	すき込み日	草丈(cm)	C/N比	すき込み後の耕うん日	施用日	窒素		リン酸	加里	品種	播種日												
図1	エンバク2月播種-ニンジン7月下旬播種	2021年 2月24日	10	0	10	〜イオーツ	2月25日	10	5月25日	95	22	6月8日 6月30日	7	17.5	7	愛紅	7月21日	11月19日													
	エンバク3月播種-ニンジン7月下旬播種					〜イオーツ	3月18日	10	5月25日	70	15		10	25	10																
	エンバク無栽培-ニンジン7月下旬播種					-	-	-	-	-	-		-	-	-				-	-	-	-	-	-	-						
	エンバク2月播種-ニンジン8月上旬播種					〜イオーツ	2月25日	10	5月25日	95	22		7	17.5	7																
	エンバク3月播種-ニンジン8月上旬播種					〜イオーツ	3月18日	10	5月25日	70	15		10	25	10																
	エンバク無栽培-ニンジン8月上旬播種					-	-	-	-	-	-		10	25	10																
図2	エンバク栽培-窒素3割減肥	2022年 2月25日	10	0	10	〜イオーツ	2月25日	10	5月25日	106	34	6月8日 6月30日	7	25	10	愛紅	7月20日	11月9日													
	エンバク栽培-窒素5割減肥												5	25	10																
	エンバク栽培-窒素7割減肥												3	25	10																
	エンバク栽培-窒素無施用												10	25	10																
	エンバク無栽培-標準施肥												10	25	10																
	エンバク無栽培-窒素無施用												0	25	10																
図3	エンバク栽培-ニンジン標準施肥	2020年 2月20日	10	0	10	〜イオーツ	2月25日	10	5月20日	97	23	6月1日 6月24日	10	25	10	愛紅	8月5日	12月15日													
	エンバク栽培-ニンジンリン酸無施用												10	0	10																
	エンバク無栽培-ニンジン標準施肥												10	25	10																
	エンバク無栽培-ニンジンリン酸無施用												10	0	10																
図4	ソルガム栽培-ニンジンNPK3割減肥	-	-	-	-	ジャンボ	2021年 8月18日	5	10月21日	102	19	11月12日 12月14日	2022年 1月18日	10.5	17.5	14	彩誉	1月18日	6月1日												
	ソルガム無栽培-ニンジン標準施肥	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-															
	ソルガム無栽培-ニンジンNPK3割減肥	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.5	17.5	14															
図5	圃場A エンバク-NPK2割減肥	-	-	-	-	〜イオーツ	2022年 3月6日	10	5月30日	107	27	6月26日 7月21日	8月3日	6	27	6	愛紅	8月10日	11月24日												
	無栽培-慣行施肥													8	29	8															
	無栽培-NPK2割減肥													6	27	6															
	圃場B エンバク-NPK3割減肥													-	-	-				-	〜イオーツ	2022年 3月18日	10	6月1日	76	19	6月18日 8月8日	8月10日	8	18	10
	無栽培-慣行施肥																												11	25	14
	無栽培-NPK3割減肥																												8	18	10

- 注1) 秋冬どりニンジン(図1〜3及び図5)は畝間70cm、株間6cm、条間15cmの2条で播種。春夏どりニンジン(図4)は株間6cm、条間15cmの8条で播種し、農ビのトンネルを設置、2月22日から穴あけ換気、4月8日から裾換気、4月12日にトンネルを撤去
- 2) 図5は各圃場の慣行施肥の基肥を基準とし、減肥区は窒素、リン酸及び加里を圃場Aが2割、圃場Bが3割減肥。圃場Bは10月4日に窒素1.6kg/10a、リン酸1.0kg/10a、加里2.0kg/10aを追肥

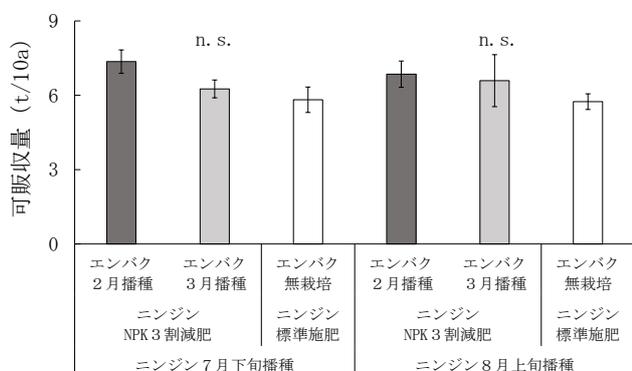


図1 エンバクすき込み後に窒素、リン酸及び加里の3割減肥で栽培した秋冬どりニンジンの可販収量

- 注1) 耕種概要は表1のとおり
- 2) 分散分析の結果、n.s.は有意差なしを示す。図中のバーは標準誤差(n=3)を示す

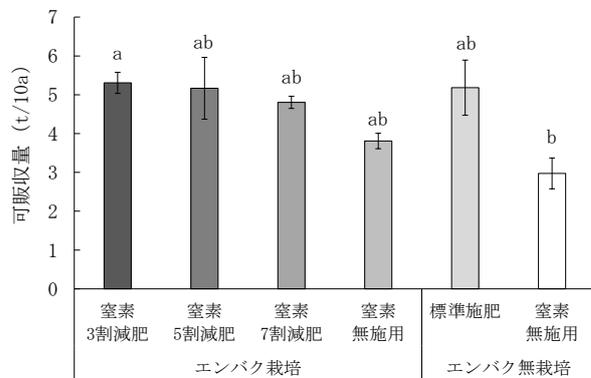


図2 エンバクすき込み後に窒素を減肥して栽培した秋冬どりニンジンの可販収量

- 注1) 耕種概要は表1のとおり
- 2) 異なるアルファベット間には多重比較(Tukey法)により5%水準で試験区間に有意差があることを示す。図中のバーは標準誤差(n=3)を示す

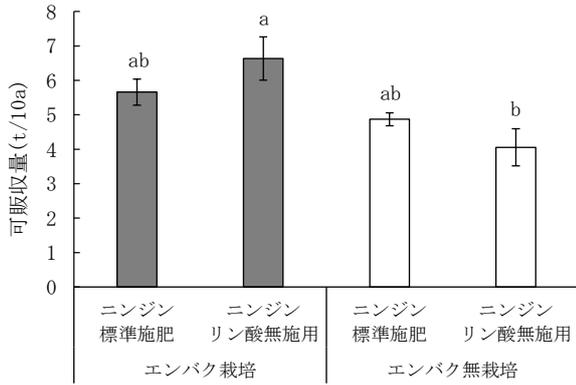


図3 エンバクすき込み後にリン酸の減肥で栽培した秋冬どりニンジンの可販収量

注1) 耕種概要は表1のとおり
 2) 異なるアルファベット間には多重比較 (Tukey 法) により5%水準で試験区間に有意差があることを示す。図中のバーは標準誤差 (n=3) を示す

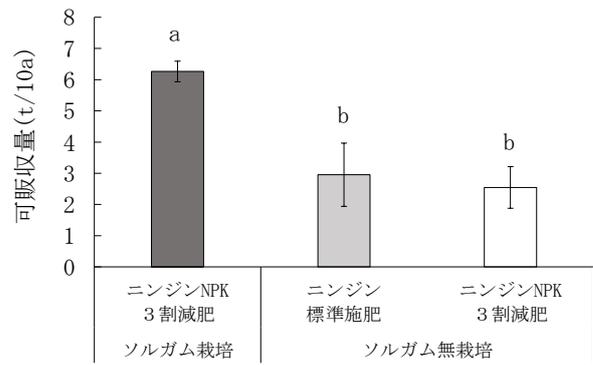


図4 ソルガムすき込み後に窒素、リン酸及び加里の3割減肥で栽培した春夏どりニンジンの可販収量

注1) 耕種概要は表1のとおり
 2) 異なるアルファベット間には多重比較 (Tukey 法) により5%水準で試験区間に有意差があることを示す。図中のバーは標準誤差 (n=3) を示す

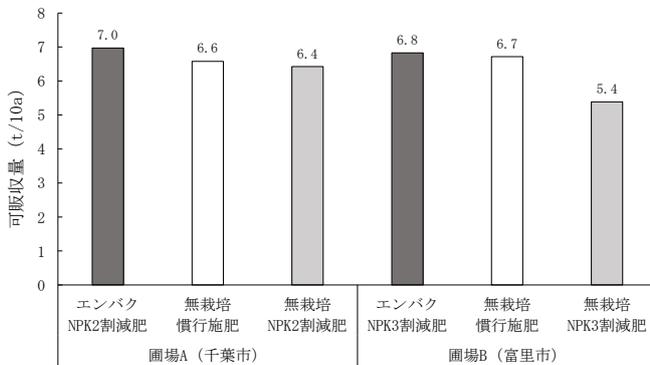


図5 現地圃場においてエンバクすき込み後に窒素、リン酸及び加里を減肥して栽培した秋冬どりニンジンの可販収量

注) 耕種概要は表1のとおり

表2 緑肥を活用した減肥栽培技術の導入による所得の変化 (慣行区との比較)

項目	内容	価格 (円/10a)			
		圃場A (千葉市)		圃場B (富里市)	
		エンバク栽培 NPK 2割減肥	エンバク無栽培 NPK 2割減肥	エンバク栽培 NPK 3割減肥	エンバク無栽培 NPK 3割減肥
追加される費用	緑肥種子	10,000	0	10,000	0
	減価償却費	4,762	0	0	0
削減される費用	肥料	3,087	3,087	9,135	9,135
収量増加による収入	粗収益	42,573	-16,934	12,415	-151,980
所得の変化	慣行区 (エンバク無栽培－標準施肥) と比べた増減	30,898	-13,846	11,550	-142,845

注1) 緑肥播種、すき込み及び耕うんの労働時間は、緑肥を栽培しない場合の除草作業の労働時間と同程度であったため、労働費の増減は除外した。同様に農業機械の燃料費についても除外した
 2) 緑肥種子にかかる費用は、価格1,000円/kg、播種量10kg/10aとして算出した
 3) 緑肥のすき込みは、圃場Aではフレールモアを使用し、圃場Bではロータリーで直接すき込んだ。圃場Aのフレールモアの減価償却費は、緑肥の導入面積を1.5ha、フレールモアの価格を500,000円、耐用年数を7年として算出した。圃場Bは新たな機械利用がないため、減価償却費は計上しない
 4) 肥料の価格は慣行区で、圃場Aが14,033円/10a、圃場Bが30,450円/10aであり、減肥量 (圃場Aは2.2割、圃場Bが3.0割を減肥) から削減される費用を算出した
 5) 収量は慣行区と比べて、圃場AのエンバクNPK2割減肥区が391kg/10aの増、無栽培NPK2割減肥区が155kg/10aの減、圃場BのエンバクNPK3割減肥区が109kg/10aの増、無栽培NPK3割減肥区が1,333kg/10aの減であった
 6) 販売単価は、収穫調査を行った時期における東京都中央卸売市場の旬別の価格を参考にし、圃場Aが109円/kg (令和4年11月下旬)、圃場Bが114円/kg (令和4年12月下旬) であった

表3 秋冬どりニンジン栽培前の土壌の化学性

ニンジン	エンバク	無機態窒素 (mg/100g)	可給態窒素 (mg/100g)	交換性K ₂ O (mg/100g)	可給態P ₂ O ₅ (mg/100g)
7月下旬播種	2月播種	1.7 a	2.2 a	63 a	3.5 a
	3月播種	1.6 a	1.7 ab	59 a	2.9 a
	無栽培	1.7 a	1.1 b	56 a	3.4 a
8月上旬播種	2月播種	1.0 a	2.1 a	57 a	3.5 a
	3月播種	1.0 a	2.0 a	58 a	3.7 a
	無栽培	0.9 a	1.2 b	52 a	3.8 a

注1) 7月下旬播種は令和3年7月19日、8月上旬播種は8月10日に土壌採取して分析。その他の耕種概要は図1と同じ
 2) 異なるアルファベット間には多重比較 (Tukey 法) により5%水準で試験区間に有意差があることを示す

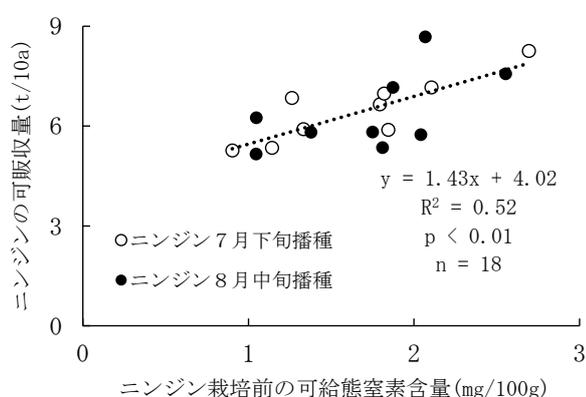


図6 秋冬どりニンジン栽培前の可給態窒素含量とニンジンの可販収量との関係
 注) 耕種概要は図1及び表3と同じ

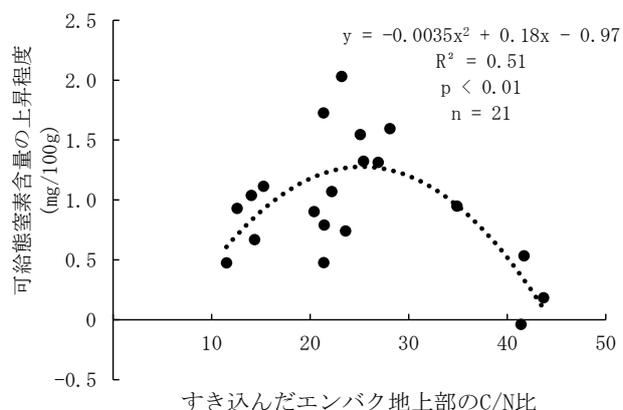


図7 すき込んだエンバク地上部のC/N比と可給態窒素含量の上昇程度との関係
 注1) 令和3年に農林総合研究センター内の圃場で実施した複数試験のデータを使用
 2) (可給態窒素含量の上昇程度) = (ニンジン栽培前の可給態窒素含量) - (エンバク栽培前の可給態窒素含量)

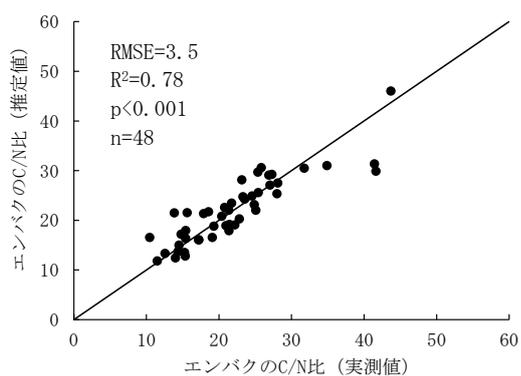


図8 エンバクの草丈及び展開第3葉の葉色カースケール値によるエンバクのC/N比の推定

注) 令和3年及び令和4年に農林総合研究センター内の圃場で実施した複数試験のデータを使用

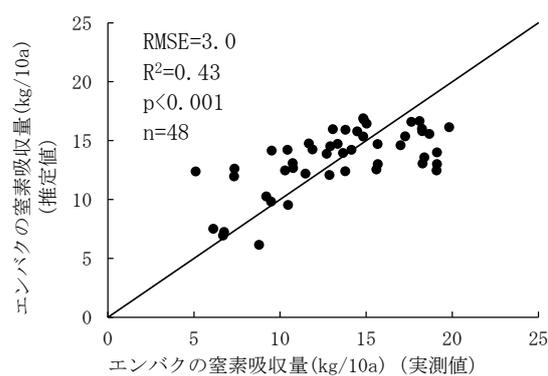


図9 エンバクの草丈、展開第3葉の葉色カースケール値及び播種量によるエンバクの窒素吸収量の推定

注) 令和3年及び令和4年に農林総合研究センター内の圃場で実施した複数試験のデータを使用

		草丈 (cm)							
		50	60	70	80	90	100	110	120
展開 第3葉 CS値	5.0	32	34	36	38	40	42	44	46
	5.5	26	28	30	33	35	37	39	41
	6.0	21	23	25	27	29	31	33	36
	6.5	15	18	20	22	24	26	28	30
	7.0	10	12	14	16	18	21	23	25

C/N比 :~20 :20~30 :30~40 :40~

図 10 エンバクの草丈、展開第3葉の葉色カールスケール値を用いた C/N 比の推定値の早見表

注) 図 8 で得た、 $C/N \text{ 比} = 75.1 + 0.21 \times \text{草丈 (cm)} - 10.79 \times \text{CS 値}$ の式より作成

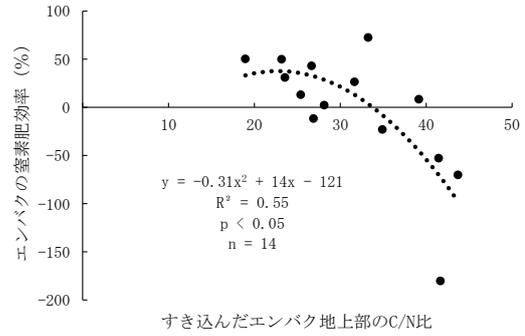


図 11 すき込んだエンバク地上部の C/N 比とエンバクの窒素肥効率との関係

- 注 1) 令和 3 年及び令和 4 年に農林総合研究センターで実施した複数試験のデータを使用
 2) エンバクの窒素肥効率 (%) = エンバクの窒素利用率 / 化学肥料の窒素利用率 × 100
 3) エンバクの窒素利用率 (%) = (エンバク栽培区のニンジンの窒素吸収量 - 無栽培区のニンジンの窒素吸収量) / (エンバクの投入窒素量) × 100
 4) 化学肥料の窒素利用率 (%) = (窒素施用区のニンジンの窒素吸収量 - 無施用区のニンジンの窒素吸収量) / (施肥窒素量) × 100
 5) 化学肥料の窒素利用率を 38% (令和 4 年の試験結果) として計算

		草丈 (cm)							
		50	60	70	80	90	100	110	120
展開 第3葉 CS値	5.0	0.5	-	-	-	-	-	-	-
	5.5	2.0	1.8	1.4	0.5	-	-	-	-
	6.0	2.8	3.2	3.3	3.1	2.5	1.5	0.0	-
	6.5	-	-	3.8	4.4	4.7	4.5	4.0	2.9
	7.0	-	-	-	-	-	5.5	6.0	6.0

窒素の化学肥料代替量 (kg/10a) :~0 :0~2 :2~4 4~
(減肥推奨しない)

図 12 エンバクの草丈、展開第3葉のカールスケール値及び播種量を用いた窒素の化学肥料代替量の推定値の早見表

- 注 1) $N \text{ 化学肥料代替量 (kg/10a)} = \text{緑肥の N 吸収量 (kg/10a)} \times \text{緑肥の N 肥効率 (\%)} / 100$ の式に図 8、図 9 及び図 11 で得た値を代入、エンバクの播種量を 10kg/10a として作成
 2) エンバクの C/N 比は 19~43 の範囲で、それ以外は斜線で示す

[発表及び関連文献]

- 1 緑肥用エンバクの草丈及び葉色を用いた C/N 比の推定 (宮本ら、日本土壤肥料学会講演要旨集第 68 集、令和 4 年)
- 2 令和 5 年度試験研究成果発表会 (野菜部門)

[その他]

本成果は、安全農業推進課事業「土壌保全・省資源型施肥体系推進事業」で得られたデータに基づいて作成した。