

(有)山口農園

オーガニックアグリスクール NARA 研修資料

有機農業・環境保全型農業における施肥設計のコツ

講 師： 村 山 邦 彦 （伊賀ベジタブルファーム(株)）

I. 施肥の基本

1. 有機農業における施肥
2. 必須元素

II. 有機態窒素施肥

1. 様々な形態の窒素
～ 有機態窒素の分解過程
2. 窒素施肥の実際
～ 有機態窒素の肥効予測

III. ミネラル施肥

1. 土壌分析の見方
～ CEC と塩基飽和度
2. 塩基飽和度と pH の関係
3. ミネラル施肥設計～分析結果を生かすために

※質問は講義中、随時受けつけます

I. 施肥の基本について

1. 有機農業における施肥

☆ 施肥の考え方

- ・ 植物が生理的に必要としているが、不足しているもの・しやすいものを与える
- ・ 三要素 N P K (リービッヒの理論)
- ・ NPK の施肥基準 … 都道府県毎に用意されている
- ・ 有機農業における実践的なジャンル分け：

①窒素 / ②ミネラル / ③微量元素 / ④有機物 (炭水化物)

☆ 施肥について理解するために…

- ・ 書籍や都道府県の施肥基準などを参照

例. 奈良県「農作物の施肥基準」「環境保全型農業栽培技術指針」(平成21年版) HP で公開

2. 必須元素 (表 1)

☆ 有機物と無機物

☆ 必須元素とその必要量 (kg/10a または g/10a)

- ・ 多量要素 : C H O N P K Ca Mg S
- 微量要素 : Mn B Fe Cu Zn Mo Cl Na Si

☆ 各元素の特徴とはたらき

- ・ いきなり全部は覚えられないが … 大きな特徴をつかむこと
なぜ必要か？ないとどうなる？肥料としては何を使う？

☆ 陽イオンと陰イオンを覚えておく

- ・ 水に溶けるときの形＝イオン

陽イオン (プラスイオン) → おもに金属の仲間 (ミネラル)

陰イオン (マイナスイオン) → 「～酸」という名前がつく

- ・ 「塩」 … 水から「析出」する＝陽イオンと陰イオンがくっつく

例) カルシウムイオン Ca^{2+} と炭酸イオン CO_3^{2-} がくっついて炭酸カルシウム CaCO_3

表 1. 植物における必須元素一覧

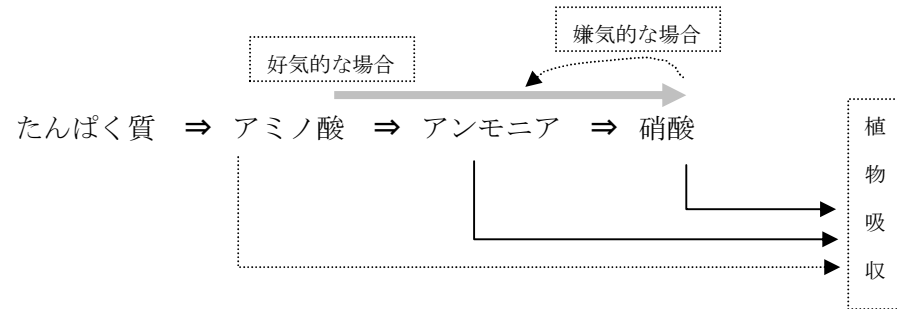
	必須元素名	記号	主なイオン		反当必要量	代表的な役割
有機物骨格	炭素	C	—	CO_3^{2-}	—————	
	水素	H	+	H^+	—————	
	酸素	O	—	O^{2-} , OH^-	—————	
多量要素	窒素	N	+	NH_4^+	18 kg	タンパク構成 細胞質／葉緑素、核
			—	NO_3^-		
	リン	P	—	PO_4^{3-}	5 kg	エネルギー伝達、核酸構成
	カリウム	K	+	K^+	26 kg	合成に関与、水分調整、油脂
	カルシウム/石灰	Ca	+	Ca^{2+}	20 kg	細胞壁、根の発達
	マグネシウム/苦土	Mg	+	Mg^{2+}	4 kg	葉緑素構成、多くの酵素
微量要素	硫黄	S	—	SO_4^{2-}	1 kg	タンパク、アミノ酸
	マンガン	Mn	+	Mn^{2+} , Mn^{7+} 等	25 g	各種酵素構成、CO ₂ 固定
	ホウ素	B	—	BO_3^{3-}	6 g	細胞壁材料、タンパク合成
	鉄	Fe	+	Fe^{2+} , Fe^{3+}	70 g	葉緑素、代謝・呼吸に関与
	銅	Cu	+	Cu^+ , Cu^{2+}	30 g	呼吸系などの触媒、成熟期に
	亜鉛	Zn	+	Zn^{2+}	20 g	酸化還元酵素構成、各種触媒
	モリブデン	Mo	+	Mo^{6+} 等	0.5 g	窒素固定、酸化酵素構成
	塩素	Cl	—	Cl^-	100 g	デンプン等の合成に関与
	珪素	Si	—	$\text{Si}_2\text{O}_4^{2-}$	—————	必須?? 病虫害抵抗性
	ナトリウム	Na	+	Na^+	—————	必須?? 浸透圧調整

Ⅱ. 有機態窒素施肥

1. 様々な形態の窒素（有機態窒素の分解過程）

☆ 有機物の分解と窒素の形態変化

- ・ 有機態 CHO-N から無機態 N へ（「無機化」＝微生物による分解）



- ・ 分解・・・エネルギーの缶詰（CHO）を使うこと＝発熱をとまなう（→堆肥の発熱）

☆ 有機態窒素の無機化特性

- ・ 実際に植物が吸収する窒素の大半は無機態（とくに硝酸 NO_3^- ）

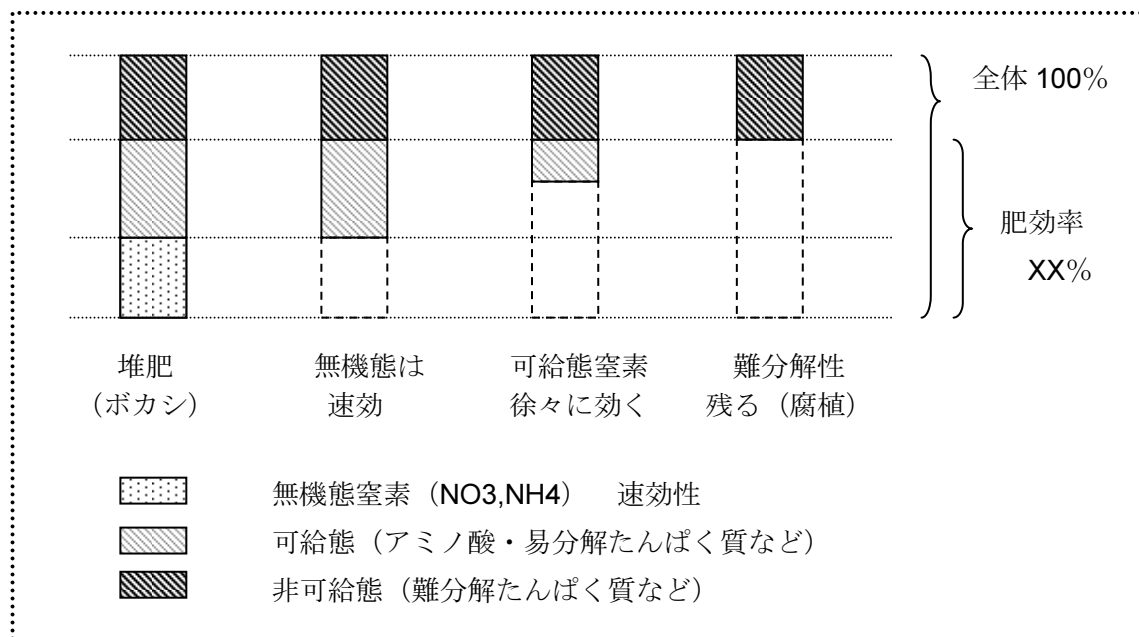
アミノ酸も有用だが、作物依存性がある／大量には吸いにくい

- ・ 有機質肥料の無機化特性（速度）を把握

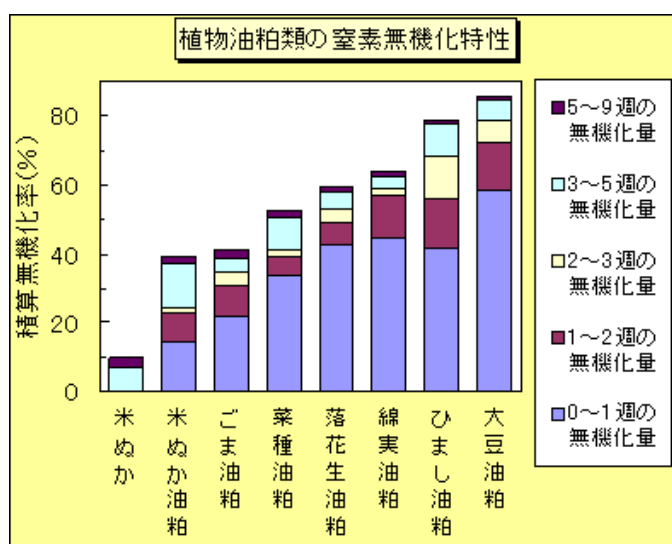
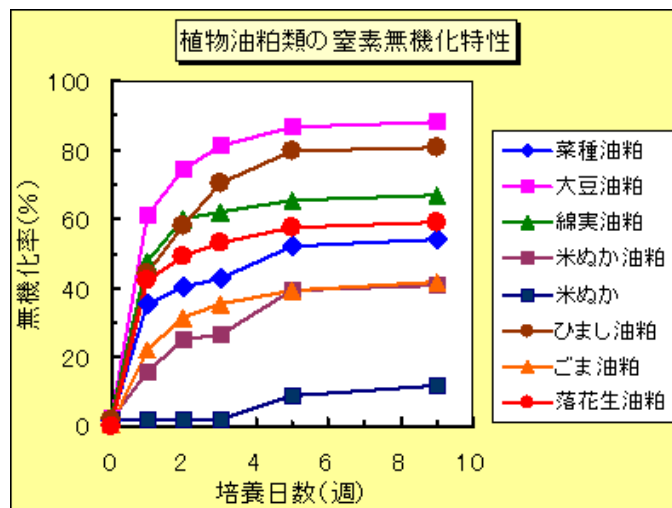
⇒ 参考資料 1（油かすや魚かすの分解特性）

「可給態窒素」： 栽培期間（3 カ月程度）のうちに無機化され植物に吸収される窒素

※速効性の無機態窒素と有機物可給態窒素が全体に占める率を「肥効（率）」

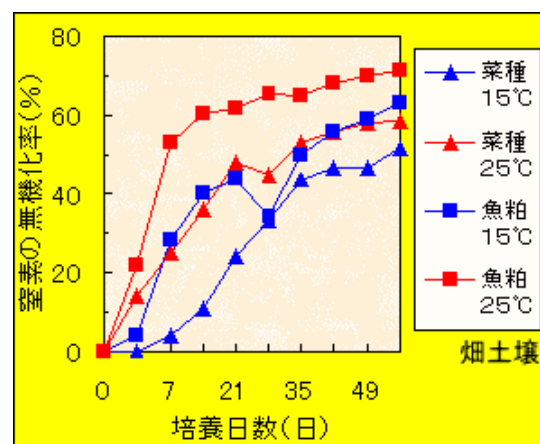


参考資料1 窒素の無機化速度



畑状態での魚粕の分解

3月上旬	10	30
	20	70
	40	71
5月上旬	5	33
	10	63
	20	70
12月上旬	20	57
	40	61
	60	66
	80	87



☆ 微生物による「有機化」と「腐植」 ⇔ 地力窒素

- ・微生物のからだもタンパク質でできている
 - 肥料の窒素も微生物の体に取り込まれる＝「**有機化**」
- 微生物そのものが土のなかの「窒素貯金」(→とりこまれない無機態窒素は流亡)
- ・微生物が土壌粒子と CHO や N を再編成して「腐植」を形成(リグニン+タンパク)
- ・地力 ⇒ 蓄積された有機物と微生物の量と質で決まる (炭水化物 CHO…エサ)

2. 窒素施肥の実際 ～ 有機態窒素の肥効予測

☆ 適正施肥の意義

<N と CHO のバランスが重要>

- 病虫害予防： 虫や病気はバランスの悪いところに来やすい
- 食味向上： 窒素過多では細胞が「突貫工事」＝炭水化物／繊維不足で日持ち×、エグ味
- 環境への配慮： 硝酸態窒素の流亡 ⇒ 下流域の土壤汚染
- コスト削減： 必要以上に使わないことで肥料代・機械燃料代など低減

☆ 有機肥料と堆肥の違い … どちらも有機物の分解を進めたものだが…

- ・ 肥料＝N 供給、堆肥＝CHO 供給 を主な目的とする
- ・ **C/N 比**：(炭素の割合)÷(窒素の割合) ： **C/N 10** 以下なら肥料、**C/N 20** 以上なら堆肥
- ・「肥料」は分解しやすいものを選ぶ(材料や形状の確認) ボカシ⇒あらかじめ分解を進めるため

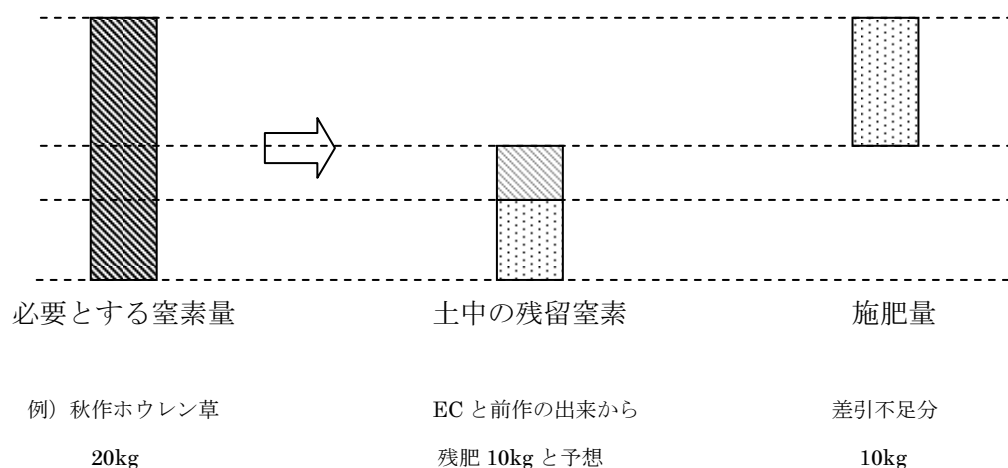
☆ 有機質肥料を使用する際の留意事項など

- ・ 施肥量・作柄(圃場・天気)の**記録**を残す ～ 最終的には「経験と勘」
- ・ 温度・季節の影響 … 冬は夏の **1.5～3** 倍量投入を目安に
- ・ 土環境(微生物量・水分など)の影響
- ・ 作物による吸収特性を考える(薬物は先行逃げ切り／大根は後半型…など)

☆ 施肥計算のやり方

①施肥する窒素成分量を計算（単位は反当たり kg）

$$(\text{㉔作物の要求量}) - (\text{㉖土壌無機態窒素} + \text{㉗可給態窒素}) = (\text{㉑窒素施肥量})$$



②施肥する肥料の量を計算 … 必要量をまかなうために何をどれだけ投入するか

$$(\text{㉑窒素施肥量}) = (\text{㉒全施肥量}) \times (\text{㉙窒素成分\%}) \times (\text{㉚肥効率})$$

例) 購入肥料オーガニック 813：窒素 8% の場合、例えば**肥効率 80%**と見て（反 10kg 必要な場合）

$$10 \div 0.08 \div 0.80 = 156\text{kg} \text{ 投入} \cdots \text{反当たり } 20\text{kg} \text{ 袋} \times 8 \text{ 体}$$

<堆肥や自作ボカシの場合は投入量＝乾物重量は次のように考える>

$$(\text{㉒施肥量}) = (\text{㉓必要な堆肥の体積}) \times (\text{㉜堆肥比重}) \times (100 - \text{㉝水分率\%})$$

例) 800L マニユアスプレッダに一杯分の堆肥、比重 0.5g/cm³、水分 30%とすると

$$800 \times 0.5 \times 0.70 = 280\text{kg} \text{ (乾物重量)}$$

※文献などのデータ、例えば鶏糞の窒素濃度が 4%程度などというのは乾物%が中心
水分が多い堆肥などは乾物換算するかどうかで全く違った計算になってしまうので注意

★窒素施肥設計のために必要なデータ

A. 作物の要求量

- ・書籍や都道府県の施肥基準（⇒農水省ホームページ参照）を活用
例）大根（秋まき）20kg、小松菜（秋まき）12kg など

B. 土壌中無機態窒素

- ・土壌分析（無機態のみ／ハウスの場合は EC 測定）
- ・追肥の場合は植物体の硝酸イオン濃度を測定（硝酸イオンメーター）
- ・前作の施肥量、作物、作柄、虫や雑草の様子（アブラムシ多いなど）

C. 可給態窒素 = 地力

- ・前作以前の堆肥など有機物投入実績（年単位）、日頃の作柄から判断
- ・「熱抽出性窒素」の測定

ア. 肥料・堆肥の窒素成分

- ・購入肥料の場合は表示参照（通常は Wet 成分記述）、堆肥の場合はデータを活用して計算

イ. 肥効（作期のうちにどれだけ効くか、初期か後半か）

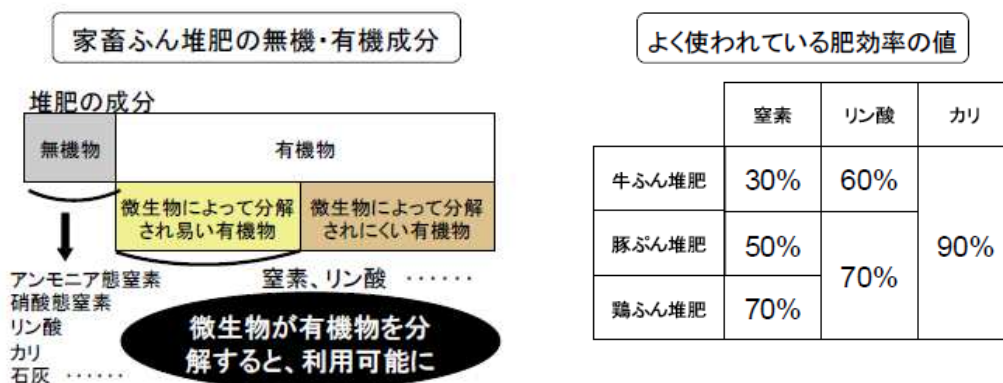
- ・購入肥料：販売元に問合せ（70～80%）
- ・先の参考資料 1 のようなデータ利用／ある程度使い慣れたら過去データを利用（経験則）
- ・堆肥の場合は 20～60%程度と幅広い

ウ. 比重

- ・体積の分かる容器に入れて重量を測るなどして現場で測定可

エ. 水分率

- ・握る、絞るなどして予測、電子レンジ使用などにより測定可能



Ⅲ. ミネラル施肥

☆ 石灰 Ca、苦土 Mg、加里 K の 3 大ミネラルをバランスよく施肥

☆ ミネラル施肥のながれ（土壌分析はミネラルバランス確認のために行う！）

①土壌分析をおこなう → ②CEC に応じたミネラル最適値を求める

→ ③用いる肥料の性質と成分を確認 → ④不足分を施肥

1. 土壌分析の見方 ～ CEC と塩基飽和度

☆ 土の極性

・土のなかの鉱物はマイナスに帯電 … プラスイオンを抱える

☆ CEC（陽イオン交換能）と塩基飽和度

・CEC：土が肥料分をどれだけ保てるかを表す数値 = 土中の「**席の数**」

・CEC の単位は meq（ミリ・イクイバレント） ⇔ 座る人（ミネラル）の「**人数**」に対応

1 meq の大きさは

… **石灰 (CaO) : 28、苦土 (MgO) : 20、加里 (K₂O) : 47**

これを「**ミネラルの体重**」と考えて分析値を割ると人数が求まる（何 meq か）

例） 分析値 石灰 Ca = 280mg/100g（総体重）⇒ 10meq（Ca 28mg が 10 人いる）

・「**塩基飽和度**」：既に埋まっている席の割合

☆ ミネラルバランスと塩基飽和度の**目標値**

・最適塩基バランス（meq の比）は **Ca : Mg : K = 5 : 2 : 1** あるいは **7 : 3 : 1**

・塩基飽和度は 80%程度に調整（CEC15～20 の場合）←CEC が低い時は飽和度を高くする

※ミネラルバランスが極端に偏っていれば飽和度 100%超でも修正する方がよい

☆ ミネラル同士の拮抗関係／ バランス調整

- ・ 石灰⇔カリの関係 <石灰は締める⇔カリは緩める> 夏：石灰多め、冬：カリ多め
- ・ 苦土 Mg を重視しすぎると… ⇒ 過剰投入によるカリ欠乏に注意が必要
- ・ 残空席の埋め方に注意

空席にはまずアンモニウムイオン NH_4^+ が入り、余ったところに水素イオン H^+ が入る

2. 塩基飽和度と pH の関係

☆ 土壌の pH

- ・ pH は水素イオンの数（水素イオンが多いと pH が低い）
酸性（低） 1 ←— 中性（7） —→ 14（高） アルカリ性

☆ pH と塩基飽和度の関係 （表－2）

- ・ 土壌粒子の「空席」には水素イオンが入る
… 空席が多いほど（ミネラルが少ないほど）pH は低くなる
- ・ 塩基飽和度 100%が pH 7（中性）に対応（露地／塩類が少ない場合）

表－2 塩基飽和度と pH（ H_2O ）との関係 <大まかな目安>

塩基飽和度（％）	pH（ H_2O ）
100	6.5 ～ 7.0
80	6.0 ～ 6.3
60	5.5 ～ 5.8

（参考）2つの pH

pH(H_2O) ： 水で抽出した溶液の pH

→ 土壌粒子の隙間にある「土壌溶液」に存在する水素イオンのみ計測

pH(KCl) ： 塩化カリウム（KCl）で抽出

→ 土壌粒子が吸着している水素イオンも計測

- ・ pH(KCl) は必ず pH(H_2O) より小さな値になる（より pH が低い）
- ・ 差が大きいほど塩基飽和度が低い（健全な土では 0.5～1.0 程度 … 飽和度 80%）

3. ミネラル施肥設計 ～ 分析結果を生かすために

☆ CEC に応じたミネラル最適値の把握（参考資料 2）

⇒ ミネラル肥料を施肥して補正する／堆肥の種類によって調整する

☆ 単位に注意： 分析結果（mg/100g）と肥料投入（kg/10a）の単位を同一視

→ 作土 10cm、土の比重 1 g/cm³ を前提

1mg/100g = 1kg/100 トン （100 トンの土に 1kg の成分が含まれている）

10a = 1000m² なので作土 10cm とすると 1 反分の土の重さが 100 トン

1000m² × 0.1m × 1g/cm³ = 100 トン

例）石灰 Ca 分析値 230 mg/100g、目標値 280 mg/100g の場合 ⇒ 50 kg/10a 投入

☆ 異なる条件での補正の仕方

①作土深さ

作土が 10cm よりも深い場合、例えば 20cm なら投入量を 2 倍に

②比重の違いによる分析値のバラつき

土の比重が 1 g/cm³ より軽い場合、例えば 0.5g/cm³ のときは肥料投入量を倍に

注）小祝氏は土の重量あたり成分量より、体積あたり成分量を重視すべきだとしている

つまり… ふかふかの土の場合は同じ重量の堅く締まった土よりも体積が大きい

⇒ 同じ量の肥料を得るために、根を遠くへ延ばさなくてはならない

⇒ 少々多めに施肥すべき

☆ 肥料の種類について

カルシウム Ca … 水溶性（即効） 生石灰、消石灰（以上強アルカリ）

過リン酸石灰（リン酸石灰＋硫酸石灰）

難溶性 炭カル（貝がら）や硫酸石灰（石膏）

苦土 Mg … 水溶性→硫酸苦土、く溶性→水酸化苦土（ブルーサイト等）

カリ K … 基本的には水溶性

※強アルカリ資材（生石灰・消石灰など）は NH₃ ガス発生防止のため窒素施肥に 2 週間先行

参考資料 2. ミネラル目標値

基本パターン

Ca 5 (基本パターン= 冬仕様)
Mg 2
K 1
飽和度 80%

CEC meq	5	10	15	20	25
Ca kg/10a	70	140	210	280	350
Mg kg/10a	20	40	60	80	100
K kg/10a	24	47	71	94	118

応用その1

Ca 7 (石灰多め/夏仕様)
Mg 2
K 1
飽和度 80%

CEC meq	5	10	15	20	25
Ca kg/10a	78	157	235	314	392
Mg kg/10a	16	32	48	64	80
K kg/10a	19	38	56	75	94

例題1 露地（肥料のみで施肥する場合）

・作目	大根
・作付面積	15a
・播種～収穫時期	9月末播種、12月収穫
・反収目標	6000本/反
・施肥基準	N-P-K = 10-20-7 追肥 = 12-3-12
・前作	カボチャ
・窒素残肥予想	2kg/反
・ミネラルバランス目標	石：苦：加＝5：2：1
・塩基飽和度目標	90%

窒素の計算(どれだけの肥料が必要か？)

使用肥料例(オーガニック813、肥効率60%と見る)

＜基肥・必要窒素量の計算＞

{反当目標量(kg)－残肥量(kg)}×面積(反)

= オーガニック813施肥量(kg) × 窒素濃度/100(%) × 肥効率/100(%)

ミネラルの計算

土壌分析結果

CEC	15 meq
交換性石灰	180 mg/100g
交換性苦土	42 mg/100g
交換性加里	60 mg/100g
塩基飽和度	65.4%
石灰苦土比	3.1
苦土加里比	1.6
pH	5.5

目標値

①まずはmeqに直す	meq	=	meq	③ミネラル比から 各ミネラル量をmeqで求める	meq	5	kg	54%	⑤使用するミネラル肥料の量を決定	ハーモニーシエル
	meq	=	meq		meq	2	kg	65%		マグマックス
	meq	=	meq		meq	1	kg	51%		天然硫加
↓ 現 総ミネラル				↓ 目標 総ミネラル						
meq				meq						

②塩基飽和度の目標から
総ミネラルをmeqで求める

トマトの施肥設計の例（2011 年度・大玉トマト）

栽培面積

5 a

	体積	比重	重量	水分	乾燥重量	C/N	肥効率	N	実効N	P	K	Ca	Mg	C
堆肥	1280	0.5	640	21%	506	9.3	0.6	7.6	4.6	6.1	7.6	0.0	0.0	70.5
鯨節煮かす			105	10%	95	8	0.9	8.5	7.7	0.0	0.0	9.5	0.0	68.0
乾燥昆布			30	10%	27	12.2	0.7	0.6	0.5	0.1	0.0	3.2	0.0	7.9
天然硫加			10	0%	10			0.0	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0
マグキーズ			20	0%	20			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0
カニガラ			40	10%	36	12	0.7	1.1	0.8	1.1	0.0	9.0	0.0	13.0
生もみがら	600	0.15	90	10%	81	7.0	0.5	0.4	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	28.4
合計	1880		935	17%	774	10.3		18.2	13.6	7.3	12.8	21.6	5.4	187.8
反当り投入量								36.4	27.2	14.6	25.7	43.3	10.8	375.6

講師紹介

<村山邦彦> 伊賀ベジタブルファーム株式会社 代表取締役

1973 年生まれ 40 歳、妻と子供二人、横浜市出身

産業機械メーカー、高校教員などを経て 2007 年就農。現在 6 年目。

農場概要

ほ場位置 : 三重県伊賀市 古山地区 (標高およそ 200m)

栽培面積 : 約 170a うち 施設 8a

栽培品目 : 露地および施設野菜 (全量 有機栽培)

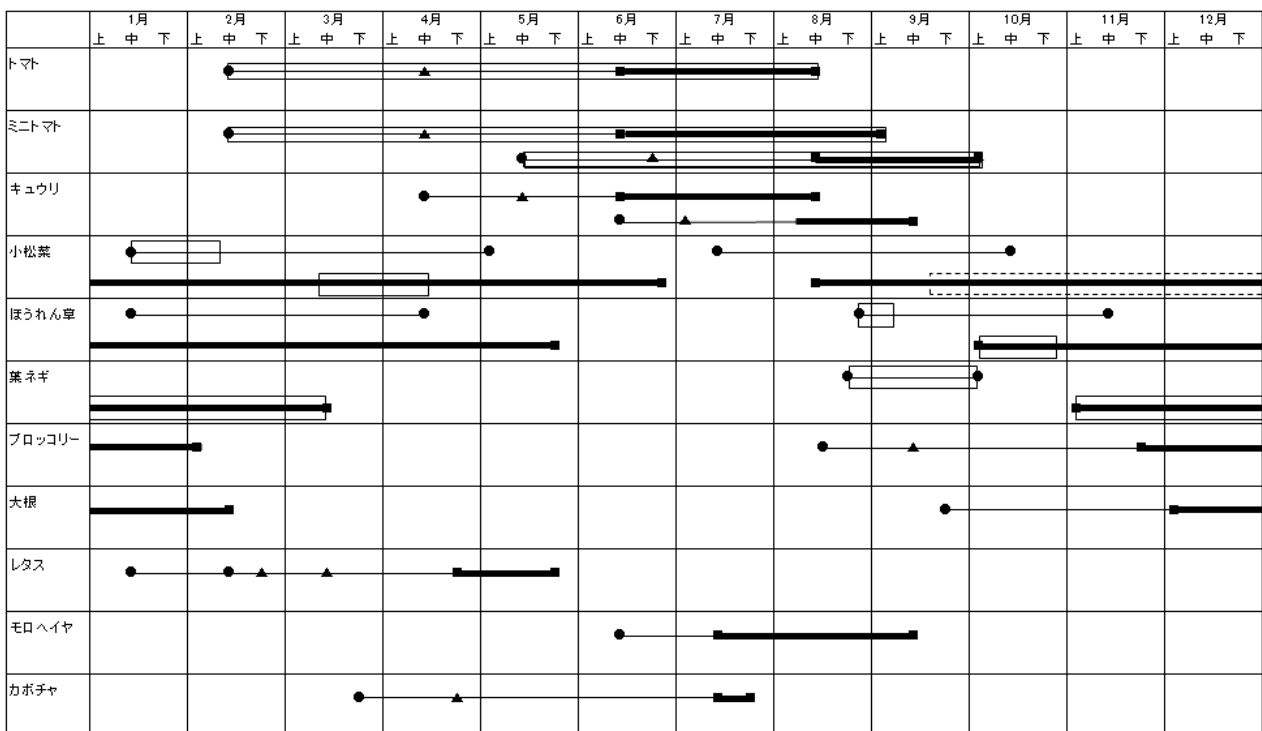
農産物売上 : 1520 万円 (2013 年度決算期概算値)

従業員数 : 6 名

主な取引先 : 大手宅配業者 (らでいっしゅぼーや(株))

近隣の健康食品店・八百屋 (はらぺこあおむし、五ふしの草、(株)坂ノ途中) 他

作付体系(2013)



凡例 ● 播種 ▲ 定植 ■ 収穫
 □ ハウス栽培 [---] 一部ハウス栽培