

Ⅱ 共通技術

A 土づくりと施肥

1 土づくりの基本

土づくりは、土壌の肥沃度を高め、作物生産性を向上させるために行うもので、土壌の物理性、化学性および生物性が相互に影響しているため、総合的にバランスよく改善することが重要である（図1）。具体的には、有機物、石灰質肥料等の施用による化学的改善だけでなく、深耕、排水対策などの物理的改善や輪作体系を含めた複合的な対策を実施することによって、根圏をとりまく土壌環境を良好にしなければならない。

農作物が良い生育をするための土壌条件としては、有機物を中心とした土壌養分がバランスよく蓄積され、それが有効化されやすいこと、そして、養分、水および空気が十分に供給され、さらに、作物の生育を阻害するような有害物質がないことである。

(1) 目標とする土壌の化学性

- ア 保肥力が大きく、緩衝能が大きいこと
- イ 土壌pHが適正で、養分をバランスよく含有し、有害物質がないこと

(2) 目標とする土壌の物理性

- ア 孔隙が多く、しかも保水性が高いこと
- イ 土が柔らかく、通気性や透水性がよいこと
- ウ 作土層が厚く、根群域が深いこと
- エ 地下水位が低いこと

(3) 目標とする土壌の生物性

- ア 有用微生物の種類や量が多いこと
(有機物の分解促進、病害虫が少なくなる)

3つの性質の改善によって、作物生産力が向上する。

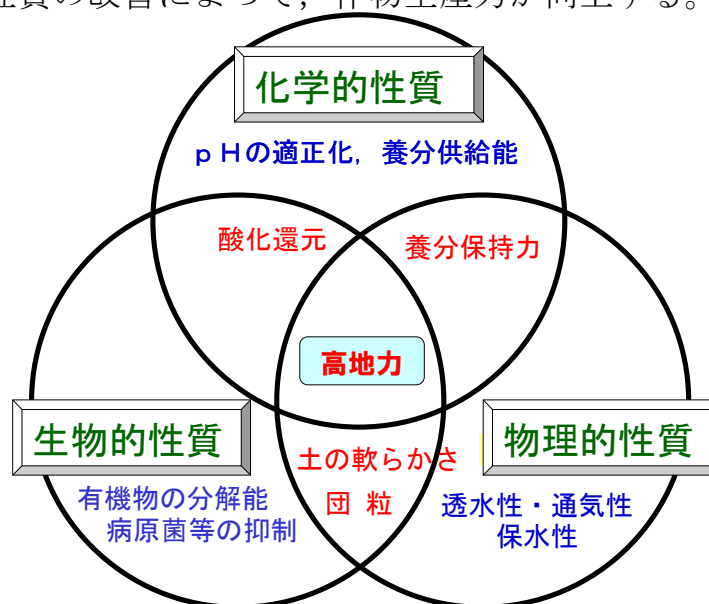


図1 土壌の3つの性質とその改善

2 土壌について

(1) pH

土壌診断項目であるpHは、土壌の酸性の程度を知ることが目的として測定する。また、土壌の化学性を特徴づける基本的な診断項目で、pHの違いで土壌微生物の活動、土壌構成物質の形態、養分の有効性などが変化する。

pHが5.0未満の強酸性土壌では、ほとんどの作物は生育が抑制される傾向にある。酸性化により、土壌中のアルミニウムが溶出し、作物の根の機能を阻害する。酸性化とともに、アルミニウムと鉄が溶解し、それらがリン酸と結合して不溶化するため、リン酸の吸収が抑制される。また、鉄、マンガンの溶解度の高まりによって、マンガン過剰症が発生する場合もある。

一方、pHが7.0を超えるアルカリ土壌では、①微量要素が不可給化し、欠乏症状が発生しやすくなる、②塩基が集積し、濃度障害が起こりやすくなる、③ジャガイモのそうか病などの土壌病害が発生しやすくなる。

作物は、中性か、その付近で良好な生育をするが、酸性に強い作物、弱い作物がある。一般に、低pHに強い野菜としてはジャガイモやサトイモ、低pHにやや強い野菜としてはサツマイモ、ダイコン、カブ、インゲン、ニンジン、キュウリ、パセリなどとされる。これに対して、低pHにやや弱い野菜としてはトマト、ナス、キャベツ、カリフラワー、ブロッコリー、エンドウ、ソラマメなど、特に低pHに弱い野菜としては、ハウレンソウ、タマネギ、ネギ、ゴボウ、アスパラガス、レタスなどとされている。

(2) EC（電気伝導度）

ECは、土壌中の塩類濃度を診断する指標である。この値が高い土壌は、概して硝酸態窒素量が比較的多く存在し、EC値を目安に、基肥窒素の施用量を調整できる。作付け前における土壌診断基準のEC値は、0.3mS/cm以下が通常の施肥を行い、これを超える場合は減肥する必要がある。

(3) 養分

ア 必須元素

植物体中に入っている元素の中で、植物の生育に必須と確認されている元素である。16元素が必須元素となっている。植物の要求量から乾物中の0.1%以上の元素を多量要素、0.01%以下を微量要素と区分している。

イ 多量元素

(ア) 炭素 (C)、酸素 (O)、水素 (H)

炭素と酸素は炭酸ガスとして空気中から、水素は根等からの水分として取り入れている。植物は、この3要素と光を使って光合成を行って炭水化物(C_nH_nO_n)を生成する。炭水化物は活動のエネルギーとして使ったり、窒素等と結合してアミノ酸やタンパク質を構成する。

(イ) 窒素 (N)

タンパク質の構成要素で、生育上最も重要な成分です。欠乏すると下位葉から葉色の退色等の症状が現れる。

(ウ) リン (P)

エネルギー代謝、遺伝子情報に関与している。生体内では移動しやすく、生長の盛んな部位に移動しやすい。欠乏症状は下位葉から現れ、多くの作物では赤みを帯びた黄色に変化する。また、葉の裏に発生しやすい。

(エ) カリウム (K)

タンパク質やデンプン合成に関与しているといわれている。生体内ではイオンの形態で存在し、体内移動しやすい要素である。欠乏症状は下位葉、中位葉に現れ、不整形の斑点及び褐色の斑点が生じるもの、葉脈から黄化するものがある。

カリウムの過剰吸収はカルシウム、マグネシウムの吸収を抑制するため、これらの欠乏症を誘発する。

(オ) カルシウム (Ca)

細胞膜構造の維持、有機酸の中和を行う。生体内ではペクチン、有機酸等と結合し、再移動しにくい要素で、欠乏症は先端葉（葉先枯れ、心腐れ等）に発生しやすく、果実（尻腐れ等）にも現れる。カルシウム欠乏は窒素、カリウム、マグネシウムの多量施用下で発生しやすい。

カルシウムの過剰症はほとんど発生しないが、土壌pHが上昇することによって、鉄、亜鉛、マンガン等の微量元素が不可給化するため、これらの欠乏症が発生しやすくなる。

(カ) マグネシウム (Mg)

葉緑素の構成成分。生体内では無機態で多く存在し、光合成に関与しているために葉緑素に含有され、また体内移動しやすい。欠乏症状は下位葉、古葉及び子実付近の葉から現れ、収穫期に発生しやすい。症状は葉脈間が黄化するものが多いが、葉脈に沿って黄白化するもの、葉縁から黄化するもの等がある。また、マグネシウムを多量に吸収すると、カルシウム、カリウムの吸収が抑制される。

(キ) 硫黄 (S)

タンパク質の構成成分。生体内では含硫アミノ酸を構成し、欠乏症は上位葉に現れやすく、葉色は淡緑化する。

ウ 微量元素

(ア) ホウ素 (B)

細胞膜の形成、糖の転流に関与している。生体内ではリグニン、ペクチン等の形成及び糖の移行に関与している。欠乏すると分裂組織に影響する。欠乏症状は先端部に現れ、先端葉の黄化、小葉化して生育が阻害される。茎部に亀裂が入ったり、ヤニを生ずることもある。果実の表面及び内部にも障害を及ぼす。

過剰症は下位葉の葉縁の黄白化，葉脈間に同色の斑点を生じる。

(イ) マンガン (Mn)

酸化還元反応に関与している。体内では，再移動しにくい元素である。欠乏症状は中上位の葉に現れやすく，葉脈間が淡緑色から黄化する。土壌pHが上昇すると不溶化するため，欠乏症が発生しやすい。

過剰症は下葉から障害が発生し，葉脈がチョコレート色に変色したり，葉部にチョコレート色の斑点がみられる。

(ウ) 鉄 (Fe)

酵素の構成成分，呼吸に関与している。体内では再移動しにくい元素である。欠乏症は先端あるいは新葉に現れ，葉脈の緑色を残し，葉脈間が淡緑色から黄白化する。症状が進むと葉全体が黄白化する。

(エ) 銅 (Cu)

酵素の構成成分，酸化還元反応の役割である。体内では再移動しにくい元素である。欠乏症状は上葉の葉脈間に小斑点状のクロロシスが発生する。また，先端葉は淡緑化し，萎れたように垂れ下がる。さらに欠乏が著しいとカップング症状を呈する。

過剰症は上葉が淡緑化し，鉄欠乏を誘発する。

(オ) 亜鉛 (Zn)

葉緑素，インドール酢酸の形成関与している。体内では移動しにくいため，欠乏症は新葉に発生する。トマト，コマツナ，セルリー等ではアントシアン色素が発生しやすい。また，葉が小葉化したり，ロゼット状になる。あるいは葉脈間が淡緑化し，黄化する。

(カ) 塩素 (Cl)

光合成の酵素の作用を助けている。塩素が欠乏するとレタス，トマト，キャベツ等の生育が抑制される。

(キ) モリブデン (Mo)

硝酸還元酵素の成分元素および窒素固定酵素の成分元素。欠乏すると，葉脈間の黄化，葉への黄色の斑点，矮化など，植物によっては多種多様な症状が発生することが知られている。

3 家畜ふん堆肥などの有機物の特性と施用効果

(1) 家畜ふん堆肥の種類と特徴

堆肥はその材料によって，成分が異なること以外にも肥効の発現が大きく異なる(表1)。また，堆肥化条件によっても同様である。したがって，有機物の種類，副資材の性質，堆肥化条件等を考慮して施用する必要がある。

ア 牛ふん堆肥

牛ふん堆肥は豚ふん堆肥，鶏ふん堆肥に比べて窒素やリン酸，カリウム含量が最も少ないことと，リグニンが多いため有機物分解の遅いことが大きな特徴である。また，分解が遅いため，肥効に持続性があり，土壌物理性の改善効果が他の家畜ふん堆肥に比べて大きい。

イ 豚ふん堆肥

豚ふん堆肥は牛ふん堆肥に比べて各成分含量が多く，牛ふん堆肥と鶏ふん堆肥の中間的な性質を示し，肥料的効果及び土壌有機物としての両面が期待できる。また，牛ふん堆肥に比べて有機物の分解が速い。これは，牛ふん堆肥に比べてタンパク含量が多く，難分解性のヘミセルローズ，セルローズ，リグニン含量が少ないためである。

ウ 鶏ふん堆肥

鶏ふん堆肥は牛ふん堆肥，豚ふん堆肥に比べると，肥効が速効的である。易分解性の窒素が多いために，そのまま放置しても発熱する。肥料的価値は主に窒素で，カリウム，リン酸も多量に含まれるが，リン酸は水溶性のものが少ないので，効果は期待できない。採卵鶏ふん堆肥はブロイラー鶏ふん堆肥に比べて窒素，リン酸，カリウム，特に，カルシウム含量の多いことが特徴である。

表1 家畜ふん堆肥の化学性事例 (新鮮物当たり)

| 項目 種類 | 水分 % | T-C (%) | T-N | C/N | (新鮮物当たり) | | | |
|----------|---------|------------|------|------|-------------------------------|------------------|------|------|
| | | | | | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO |
| | | | | | % | | | |
| 牛ふん堆肥 | 40.5 | 25.3 | 1.63 | 15.5 | 2.22 | 2.70 | 3.16 | 0.67 |
| 豚ふん堆肥 | 32.5 | 26.0 | 2.32 | 11.2 | 4.46 | 2.90 | 6.53 | 0.94 |
| 鶏ふん堆肥 | 24.0 | 25.0 | 2.50 | 10.2 | 3.52 | 3.37 | 12.7 | 1.02 |

注) 1. 鹿児島県農業環境協会堆肥部会堆肥コンクールにおける平成24～28年度までの出品堆肥平均値 (平成24～28年度)。

2. 牛ふん堆肥は牛ふんを70%以上混合した堆積物。
3. 豚ふん堆肥は豚ふんを50%以上混合した堆積物。
4. 鶏ふん堆肥は鶏ふんを50%以上混合した堆積物。

(2) 堆肥の施用効果

家畜ふんを原料とする堆肥などには，作物に養分を供給する肥料的な効果，土壌の物理的，化学的，生物的性質を改善する効果がある(図2)。

ア 作物に養分を供給する (肥料的な効果)

家畜ふん堆肥などには，窒素，リン酸，カリウム，カルシウム，マグネシウム等の多量要素，鉄，マンガン，ホウ素等の微量元素が含有され，総合肥料としての効果が高く，作物に必須な養分を供給する効果がある。

家畜ふん堆肥等の有機物を化学肥料に替わる有



図2 家畜ふん堆肥の施用効果 (イメージ図)

機質肥料として利用する際は、窒素等の肥料成分を考慮して施用する必要がある（表2）。

表2 家畜ふん堆肥の肥効率の想定例

| 項目 種類 | 肥効率(%) | | | 肥料成分(新鮮物当たり%) | | |
|----------|---------|---------|----|---------------|-----|-----|
| | 窒素 | リン酸 | カリ | 窒素 | リン酸 | カリ |
| 牛ふん堆肥 | 30 ~ 40 | 60 ~ 70 | 90 | 1.1 | 1.4 | 1.5 |
| 豚ふん堆肥 | 50 ~ 60 | 60 ~ 70 | 90 | 2.7 | 4.6 | 2.3 |
| 鶏ふん堆肥 | 60 ~ 70 | 60 ~ 70 | 90 | 3.1 | 3.9 | 3.3 |

$$\text{堆肥施用量(kg/10a)} = \frac{\text{化学肥料成分施用量(kg/10a)}}{\text{肥効率(\%)} \times 100} \times \frac{1}{\text{堆肥の肥料成分(\%)} \times 0.01}$$

家畜ふん堆肥中に含まれる肥料成分（とくに窒素）には、無機態と有機態の成分がある。無機態は速効性であるが、有機態は肥効の発現が緩やかに進行する遅効性で、施用後、作物に利用されるものと、地力的に働き、後々利用されるものとに大別される。

作物の栽培に当たっては、施用される家畜ふん堆肥の何%が化学肥料に相当する肥効の値を参考に、施肥量を決定する必要がある。この値を化学肥料に対する肥効率としている。肥効率とは、家畜ふん堆肥中の窒素やリン酸、カリウムが化学肥料と同等の肥効を示す割合（%）のことである。この値は、家畜ふん堆肥を施用して作物を栽培する際、施肥量を計算する上での目安となる。肥効率から計算した施肥量は、化学肥料を施肥した場合と同等の肥料成分が供給されるという意味である。

イ 土壌の物理的，化学的，生物的性質を改善する効果（地力的効果）

（ア）陽イオン交換容量（CEC），地力窒素（可給態窒素）の増大

カリウム，カルシウム，マグネシウムなど土壌養分を保持する能力，保肥力が増大するとともに，地力窒素が付加される。また，リン酸，塩基類等が蓄積する（表3）。

表3 家畜ふん堆肥連用10年後の畑土壌の化学性（乾土当たり）

| 区名 | 項目 | T-C | T-N | 可給態リン酸 (mg/100g) | CEC | Ca | Mg | K | 可給態窒素 (mg/100g) |
|---------------|----|------|------|---------------------|------|------|------|------|--------------------|
| | | (%) | | | | | | | |
| 化学肥料 | | 8.14 | 0.46 | 5.7 | 41.9 | 10.8 | 0.71 | 0.26 | 3.5 |
| 牛ふん堆肥3.0t/10a | | 8.15 | 0.51 | 11.0 | 42.1 | 14.9 | 2.94 | 0.54 | 7.1 |
| 豚ふん堆肥1.0t/10a | | 8.00 | 0.48 | 14.7 | 41.5 | 15.4 | 2.42 | 0.21 | 5.7 |
| 鶏ふん堆肥0.5t/10a | | 7.42 | 0.44 | 11.4 | 37.2 | 16.6 | 2.00 | 0.25 | 5.2 |

注) 農業試験場土壌肥料部 平成10年度秋冬作成績書

(イ) 緩衝作用の増大

土壌緩衝能が高まることにより，過剰な化学肥料を施用しても，濃度障害が回避され，作物根へのストレスが軽減される（表4）。また，気象条件に左右されにくく，異常気象年でも作物の収量低下が軽減される。

表4 塩類過剰条件下で牛ふん堆肥施用が収量に及ぼす効果 (収量：t/10a)

| 区名 | 項目 | トマト | | キュウリ | | ピーマン | |
|--------------|------|------|-----|------|-----|------|-----|
| | | 収量 | 指数 | 収量 | 指数 | 収量 | 指数 |
| 牛ふん堆肥 0t/10a | 標準 | 11.9 | 100 | 5.20 | 100 | 2.21 | 100 |
| 牛ふん堆肥 0t/10a | 塩類過剰 | 8.3 | 69 | 4.97 | 96 | 2.45 | 111 |
| 牛ふん堆肥 5t/10a | 標準 | 14.2 | 119 | 6.45 | 124 | 2.34 | 106 |
| 牛ふん堆肥 5t/10a | 塩類過剰 | 10.3 | 87 | 5.50 | 106 | 2.50 | 113 |

注) 1. 牛ふん堆肥0t/10a区は化学肥料を慣行施用，5t/10a区は減化学肥料栽培，塩類過剰はリン酸，カリウムを多施用
2. 農業試験場土壌肥料部 平成元，2，3年度秋冬作成績書

(ウ) 土壌物理性の改善

腐植含量の増加によって，土壌の団粒化が促進され，土壌中の隙間が増加し，通気性，透水性，保水性が良好となり，養水分の吸収力が高まる。また，土壌が柔らかくなり，根の伸長が改善される（表5）。

表5 家畜ふん堆肥連用10年後の畑土壌の物理性

| 区名 | 項目 | 三相分布 (%) | | | 仮比重 | 孔隙率 | ち密度 | 有効水分 (%) |
|---------------|----|----------|------|------|------|------|-----|----------|
| | | 固相 | 液相 | 気相 | | | | |
| 化学肥料 | | 34.5 | 33.4 | 27.1 | 0.78 | 65.5 | 14 | 8.8 |
| 牛ふん堆肥3.0t/10a | | 29.4 | 32.6 | 38.0 | 0.71 | 70.6 | 10 | 11.1 |
| 豚ふん堆肥1.0t/10a | | 31.4 | 31.3 | 37.3 | 0.76 | 68.6 | 10 | 10.4 |
| 鶏ふん堆肥0.5t/10a | | 30.8 | 27.9 | 41.3 | 0.75 | 69.2 | 8 | 10.3 |

注) 農業試験場土壌肥料部 平成10年度秋冬作成績書

(エ) キレート作用の増大

微量元素である金属イオンは，有機酸等とのキレート化によって土壌中で移動が増大し，有効性が高まり，作物への吸収利用が促進される。

(オ) 土壌生物性の改善

土壌中の中小動物，微生物が富化される。土壌環境の健全化によって有用微生物が増加し，土壌肥沃度の向上，作物への養分供給が促進される。また，土壌伝染病原菌を抑制する効果も有している。

ピーマン栽培での試験では，牛ふん堆肥の施用によって，有用微生物の一つである蛍光性シュードモナスが非根圏，根圏ともに増加し，作物の根を取り巻く環境が改善されていた（表6）。

表6 ピーマン栽培における牛ふん堆肥施用による土壌微生物相

| | 糸状菌×10 ⁵ | | 細菌×10 ⁷ | | 蛍光性シュードモナス×10 ² | |
|--------------|---------------------|-----|--------------------|------|----------------------------|------|
| | 非根圏 | 根圏 | 非根圏 | 根圏 | 非根圏 | 根圏 |
| 牛ふん堆肥 0t/10a | 1.3 | 5.5 | 2.5 | 15.7 | N. D. | 0.3 |
| 牛ふん堆肥 5t/10a | 1.1 | 3.4 | 3.0 | 14.1 | 5.3 | 30.0 |

注) 1. 農業試験場土壌肥料部 平成元, 2, 3年度秋冬作成績書

2. 蛍光性シュードモナスは, 病原菌の抑制効果や生育の促進効果が期待される

(3) 緑肥作物

緑肥作物とは, 土壌を肥沃にする目的で栽培され, 堆肥のように腐熟させずに土壌にすき込む作物のことである。緑肥作物は, 有機物の土壌への供給, 有害土壌センチュウ抑制や病害抑制, 休閑地の被覆など多面的な効果がある。

最近では, 有益な天敵を誘引する品種も多く見いだされ, IPM (総合的病害虫・雑草管理) 技術としても利用されている。野菜品目毎の「緑肥作物の利用」については, 「鹿児島県IPM実践指標」を参考にしてほしい。

緑肥作物は, 概ねイネ科とマメ科に分類される。イネ科は主に土づくり効果が期待され, 春夏作としてソルガム, トウモロコシ, ギニアグラスなど, 秋冬作としてイタリアンライグラス, ムギ類などがある。一方, マメ科は主に肥料的効果が期待され, 春夏作として青刈り大豆, セスバニア, クロタラリアなど, 秋冬作としてレンゲ, ヘアリーベッチなどがある。

イネ科の緑肥作物は出穂期, マメ科では開花期を一つの目安にすき込む。また, 栽培期間80~90日, すき込み後の分解期間を1か月程度確保することが理想的である。草丈が腰高までであれば, ロータリーやディスクプラウでもすき込める。草丈が2m以上になるソルガムやトウモロコシでは, 裁断なしですき込むためには, 大型トラクターによるボトムプラウを用いる。

イネ科の緑肥作物は炭素率が高い(約30以上)ため, 分解促進のためには窒素質肥料を添加し, 速やかに耕うんし, 酸素を土壌に供給すると効果的である。マメ科のすき込み後の管理としては, 腐熟期間を夏の時期でも4週間程度が必要である。すき込んだ1~2週間後に緑肥作物が黄色化した頃にロータリーをかけ, その後1~2回ロータリー耕を行い, 土壌に酸素を十分供給すると, 緑肥作物中の有機物の分解が促進される。

(4) 堆肥など有機物を施用する上での留意点

家畜ふん堆肥等の有機物を利用した健全な土づくりが必要であるが, 施用法, 施用量を間違った場合, 作物の生育阻害, 土壌環境の悪化, 養分の溶脱による環境負荷が懸念されるので, 以下のことに注意する必要がある。

ア 腐熟していない堆肥の施用は, 病原菌, 雑草種子, フェノール類有機

成分などの生育阻害物質によって作物生産を阻害する危険性が高いので、十分発酵が促進されている良質堆肥を施用する。

イ 炭素率の高い有機物の施用は、微生物体内の構成炭素率と合致しないため、土壌中の微生物が急激に増殖し、窒素飢餓を起こしやすい。このため、過剰施用は避け、施用時期は作付けの最低2週間前までとする。

ウ 有機物は種類によって成分含量が異なり、窒素の肥効なども異なることから、資材別の特性を熟知して、利用する（表7）。

表7 有機物の分解特性による群別と施用効果

| 初年目の分解特徴 | | 有機物例 | 施用効果 | | | 連用によるN吸収増加 |
|----------|---|--|---------------|------|-------|------------|
| N | C, N分解速度 | | 肥料的 | 肥沃度増 | 有機物集積 | |
| N放出群 | 速やか (年60~80%) | 余剰汚泥, 鶏ふん そ菜残さ, クローバ (C/N比 10前後) | 大 | 小 | 小 | 小 |
| | 中速 (年40~60%) | 牛ふん, 豚ふん (C/N比 10~20) | 中 | 中 | 中 | 大 |
| | ゆっくり (年20~40%) | 通常の堆肥類 (C/N比 10~20) | 中~小 | 大 | 大 | 中 |
| | 非常にゆっくり (年0~20%) | 分解のおそい堆肥類 (パークなど) (C/N比 20~30) | 小 | 中 | 大 | 小 |
| N取り込み群 | C 速やか (年60~80%) N 取り込み | わら類 (C/N比 50~120) | 初期マイナス 後期中 | 大 | 中 | 中 |
| | C 中速~ゆっくり (年20~60%) N ±0または 取り込み | 水稻根, 製紙かす 未熟堆肥 (C/N比 20~140) | 初期小 後期中 | 中 | 中 | 小~中 |
| | C 非常にゆっくり (年0~20%) N 取り込み | おがくずなど (C/N比 200~) | マイナス | 小 | 中 | マイナス~小 |

注) 志賀一一, 1985, 各種有機物の水田土壌中における分解過程と分解特性に基づく評価, 農業研究センター研究報告5号, P1~19.

4 有機質肥料

有機質肥料は肥料取締法によると、魚粉類、骨粉類、草木性植物油粕類等の動植物質の普通肥料のことをいう。

動物質肥料は魚粉類、獣類に由来する肥料で、魚粕、骨粉などがある。植物質肥料のなかには、ナタネ、ダイズ、その他の植物種子から採油した粕と食品、醸造粕等がある。有機質肥料を施用することにより家畜ふん堆肥と同様の効果がみられるが、特に養分を供給する効果が大きい（表8）。

(1) 油粕類

油粕は種実から油脂を分離した残り物で、窒素分の多いことが特徴である。ダイズ油粕、ナタネ油粕、米ぬか油粕等の種類がある。ナタネ油粕の窒素は化学肥料に比べて遅効性で、リン酸、カリウム含量は低い。

油粕は施用直後、作物に障害を及ぼすことがあるので、農耕地に施用後、2週間以上放置したほうが無難である。その理由は、油粕の有機物分解過程で生じる有機酸、ガス及び植物質有機物特有の有害物質（エチレン、シアン化合物、フェノール類等）が植物根の生育に障害を与えるからである。

表8 代表的有機質肥料の成分、組成 (乾物当たり)

| 種類 | 項目 水分 % | T-C T-N | | C/N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | 窒素の無機化率 (%) | |
|------------|---------------|---------|------|-----|-------------------------------|------------------|------|-------------|--------|
| | | % | | | | | | 16週5℃ | 16週25℃ |
| ナタネ油粕 | 7.7 | 46.6 | 6.45 | 7 | 3.29 | 2.12 | 0.97 | 54.1 | 60.6 |
| ダイズ粕 | 6.8 | 46.4 | 8.45 | 6 | 2.03 | 3.43 | 0.38 | 62.8 | 63.1 |
| 綿実粕 | 7.9 | 46.4 | 6.55 | 7 | 2.87 | 2.29 | 0.32 | 48.8 | 53.6 |
| 脱脂米ぬか | 8.2 | 42.5 | 3.27 | 13 | 7.84 | 3.30 | 0.11 | 33.7 | 48.8 |
| トウモロコシ胚芽油粕 | 8.0 | 48.4 | 3.99 | 12 | 0.90 | 0.18 | 0.03 | 35.5 | 49.1 |
| 魚粕 | 6.0 | 40.0 | 8.31 | 5 | 7.72 | 0.46 | 9.88 | 50.3 | 63.4 |
| 肉骨粉 | 6.6 | 33.0 | 6.76 | 5 | 15.8 | 0.29 | 23.4 | 45.4 | 51.6 |
| 蒸製皮革粉 | 10.0 | 41.2 | 13.9 | 3 | 0.05 | 0.10 | 0.87 | 42.6 | 53.7 |
| 蒸製骨粉 | 6.0 | 19.1 | 5.23 | 4 | 30.0 | 0.08 | 40.3 | 52.7 | 65.2 |

注) 1. 有機質肥料ハンドブック (JA全農) より一部抜粋

2. 窒素の無機化率: 有機質肥料を土壤に施用し、一定条件 (地温) で無機化する窒素量を測定したもので、値が大きいほど有機質肥料の分解が促進していることを意味する

(2) 魚粕

魚粕は骨を多く含み、リン酸を多く含有する。魚粕類の窒素は分解しやすく、速効性である。カリウムはほとんど含まれていない。魚粕類は通常は乾燥して肥料とするが、煮沸して油分を除き乾燥するものもある。

(3) 蒸製骨粉

動物の生骨を加圧蒸解し、骨油及びタンパク質の一部を除去して乾燥、粉砕したものである。主に、リン酸質肥料として有機入り複合肥料の原料に使用される。

(4) 米ぬか

脂質が多く、炭素と窒素の比率(C/N)が高いため、土壤中での分解が遅い。

(5) ぼかし肥料

ぼかし肥料は、土に鶏ふん、油粕、米ぬか、魚粕、燐炭等の有機物に過りん酸石灰等の肥料を積み重ねて発酵させたものが多い。この肥料は、根つけ肥のような効果と、長期の発酵による微生物の作用で根の活性を増大させる効果が期待される。

元々は、鶏ふん、油粕、魚粕等に発生する「タネバエ」の被害予防のために、これらの有機物と土壤を混ぜて発酵熱で「タネバエ」を駆除するのが目的だった。通常は、粘土含量の少ない土壤を5割程度混ぜ、数種の有機物を積み重ね、数か月程度堆積する。堆積させることで、微生物の種類が増え、発酵が進むことので無機態窒素含量が増えるが、施用後の急速な分解がないので、ガス被害等も軽減され、農作物の植え傷みも少ない。ま

た、悪臭の発生が少なく、扱いやすくなる。ぼかし肥料は、肥料的感覚で利用されるので、株元に施用するが多い。

(6) 県内で主に使用されている有機質資材の特徴

県内の有機農業生産者団体で主に使用されている資材を聞き取り調査し、使用頻度の高い資材の肥料成分を分析した(表9)。調査した有機質資材は、現物当たりの窒素含有率が2.3~7.1%、リン酸含有率は2.5~15.7%、カリ含有率は0.5~2.9%と使用資材毎の成分含有率に幅があった。

表記した資材以外に、キーゼライト等の苦土質肥料やカキガラ石灰等の石灰質資材も使用されていた。

表9 県内有機農業者が主に使用している有機質資材の肥料成分 現物当たり%

| 種類 | 窒素 | リン酸 | カリ | 石灰 | 苦土 |
|---------|-----|------|-----|------|-----|
| 有機混合肥料A | 7.1 | 4.7 | 2.9 | 0.1 | 1.3 |
| 米ぬかA | 2.3 | 4.1 | 1.9 | 0.1 | 1.4 |
| ナタネ油粕A | 6.8 | 2.5 | 1.6 | 1.1 | 0.9 |
| 魚粕A | 6.6 | 15.7 | 0.5 | 21.0 | 0.7 |
| 牛ふん堆肥A | 1.0 | 1.4 | 2.2 | 1.1 | 0.6 |
| 鶏ふん堆肥A | 3.4 | 7.2 | 4.9 | 19.5 | 1.9 |

(7) 有機質資材からの養分供給量の試算例

ナタネ油粕と魚粕を200kg/10a施用した場合の窒素施用量は13.6kg/10aと13.2kg/10aで、バレイショ作の化学肥料の施肥基準量と同程度になるが、リン酸とカリは資材によって過不足が生じる。ナタネ油粕ではリン酸とカリが不足し、魚粕ではリン酸が多くなる。米ぬかでは肥料成分が少なく、養分供給量が他の資材に比べて少ない(表10)。

作物生産を行う上では、有機物ごとの窒素肥効を考慮しなければならない。ナタネ油粕や魚粕、米ぬかの窒素の無機化率は約6割で、各資材ごとに少しずつ異なる。各資材の特徴をよく理解して上手に活用した方がよい。

表10 有機質資材からの養分供給量の試算例

| 項目 | 有機質資材200kgからの養分供給量 kg/10a | | | | バレイショ作の場合の 化学肥料の施肥基準量 kg/10a |
|-----|---------------------------|-----|------|-------|---------------------------------|
| | ナタネ油粕 | 米ぬか | 魚粕 | 牛ふん堆肥 | |
| 窒素 | 13.6 | 4.6 | 13.2 | 2.0 | 14 |
| リン酸 | 5.0 | 8.2 | 31.4 | 2.8 | 13 |
| カリ | 3.2 | 3.8 | 1.0 | 4.4 | 14 |

(8) 有機質資材における施用時期別窒素無機化の推定

野菜には、ホウレンソウのように茎葉を繁茂させ栄養生長段階で収穫する葉茎菜類、茎葉を繁茂させつつ果実肥大をさせるトマトなどの果菜類等、生育や養分吸収が様々である。このことから、作物の収量・品質を確保す

る施肥管理は、生育特性や養分吸収特性を考慮し、作物が必要な養分量を必要な時期に供給する必要がある(表12:野菜のタイプ別養分吸収パターン)。

有機栽培では、作付けされる野菜品目は多く、周年通して栽培される。一方、有機質資材の窒素肥効は、温度の影響を大きく受けるため季節によって異なる。そこで、よく利用される有機質資材について、施用時期別の窒素無機化量をアメダスポイント加世田の平均気温の平年値と各資材の窒素無機化特性値を用いて推定した。

ア 牛ふん堆肥と鶏ふん堆肥は、施用時期が異なっても窒素無機化量や無機化速度に大きな差はみられない(図3, 図4)。

イ ナタネ油粕および魚粕は施用時期別の窒素無機化率が異なり、ナタネ油粕の窒素無機化率では、50%に到達する時期が8月施用条件で10日、6月施用条件で16日、10月施用条件で17日、4月施用条件では26日、2月及び12月施用条件で40日以上である(図5)。

ウ 魚粕の窒素無機化はナタネ油粕に比べて若干速く、無機化が50%に到達する時期は、8月施用条件で8日、6月施用条件で13日、10月施用条件で14日、4月施用条件で22日、2月と12月施用条件で35~37日になる(図6)。

エ ナタネ油粕の窒素無機率化が50%以上に到達する日数は、施用時期の違いで30日以上差があり、魚粕では25日以上差がある。

オ 有機栽培で冬期に多く作られる軟弱野菜は生育期間が短いため、低温期は窒素無機化速度を考慮して施肥時期を早める必要がある。

有機質資材からの窒素無機化は、有機態窒素の種類や地温などの影響をうけ、各資材ごとの窒素無機化量は積算温度に依存する。ナタネ油粕と魚粕の積算温度に対する窒素無機化率の推移をみると、積算温度400℃では両肥料とも窒素無機化率が50%を超えている(表11, 図7, 図8)。

有機質資材の施用は、地域や季節に合わせて積算温度を考慮して、その時期、量を決定する必要がある。








表11 積算温度に対する窒素無機化率の推測値

| 積算温度 (℃) | 無機化率 (%) | |
|-------------|----------|----|
| | なたね油粕 | 魚粕 |
| 100 | 21 | 24 |
| 200 | 35 | 38 |
| 300 | 45 | 48 |
| 400 | 51 | 54 |
| 500 | 55 | 58 |
| 600 | 56 | 61 |
| 700 | 57 | 62 |
| 800 | 57 | 63 |
| 900 | 57 | 63 |
| 1000 | 57 | 63 |

(9) 有機液肥

トマトやキュウリなどの果菜類栽培では、液肥による追肥が一般的であり、果菜類の有機栽培では、有機液肥による追肥が必要である。なたね油粕かすなどの有機質肥料を原料とする低コストで、簡易に製造できる有機液肥の開発が望まれる。

表12 野菜のタイプ別養分吸収パターン

| グループ | 野菜の種類 | 養分吸収のパターン (主に窒素成分) | 施肥のポイント |
|---|---|---|--|
| I 栄養生長型 | <葉菜類> ホウレンソウ コマツナ シュンギク | 栄養生長体である葉部を生育最盛期に収穫する。  連続吸収 | <ul style="list-style-type: none"> ●品質保持(葉色維持)等のため、肥料切れをさせないこと。 ●ホウレンソウは収穫時にも5mg/100g以上の残存Nが必要。 |
| II 栄養生長 生殖生長 同時進行型 (つるばけ抑制) | <弱抑制> トマト ナス キュウリ ピーマン | 栄養生長体である茎葉を伸ばさせながら、生殖生長体である果実の肥大・充実を図り、連続的に収穫する。  連続吸収 | <ul style="list-style-type: none"> ●長期にわたって栽培され、連続的な肥効が必要で、追肥重点。 ●栄養生長過多では、着果不安定となりやすい。トマトは土壤無機態Nを10mg/100g前後に維持した場合多収となる。 |
| | <強抑制> スイカ メロン カボチャ |  山型吸収 | <ul style="list-style-type: none"> ●基肥は栄養生長量(初期生育)の確保、追肥は果実の肥大、充実と茎葉の伸張。 ●栄養生長過多では、着果不安定になりやすい。 |
| III 栄養生長 生殖生長 不完全転換型 | 直接的結球型 タマネギ ニンニク ラッキョウ | 生長点に刺激がもっとも強く作用し、球葉が形成されて、生育相が転換する。  山型吸収 | <ul style="list-style-type: none"> ●初期生育優先で基肥重点とするが、球肥大始期の肥効が必要。 ●肥大期のN不足は肥大不良、N過多は長球や葉できになって肥大不良になる。 ●収穫期には土壤中のNを必要としない。タマネギは球肥大始期に土壤無機態Nが3~5mg/100gあることが望ましい。 |
| | 間接的結球型 ハクサイ レタス キャベツ | 外葉の生育の後、球葉が形成されて、生育相が転換する。  連続吸収に近い山型吸収 | <ul style="list-style-type: none"> ●N・Kの2/3~3/4を基肥とし、残りは結球前に施用し、球の肥大、充実を図る。 ●肥効は収穫期にも持続するが、効きすぎは良くない。 |
| | 根肥大型 直根類 ダイコン カブ ニンジン 塊根類 パレイシヨ カンショ サトイモ | 地上部は中期ピーク型、地下部は生育量並行型のパターンを示すが、地上部からの養分移行を要する。  山型吸収 | <ul style="list-style-type: none"> ●基肥重点で、生育後期にNの肥効が切れ、葉が黄化することが望ましい。 |
| IV 栄養生長 生殖生長 完全転換型 | スイートコーン ブロッコリー カリフラワー | 栄養生長は止葉の出現により停滞し、生殖生長に転換する。  山型吸収 | <ul style="list-style-type: none"> ●間接的結球型野菜と同様基肥重点+追肥型の施肥法が適当。 |

注) 相馬, 財) 日本土壌協会, 野菜の栽培特性に合わせた土づくりと施肥管理を一部改変。

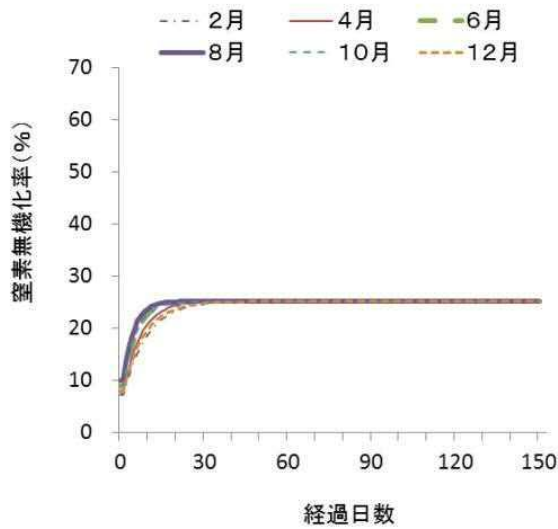


図3 牛ふん堆肥の施用時期別窒素無機化率の推移

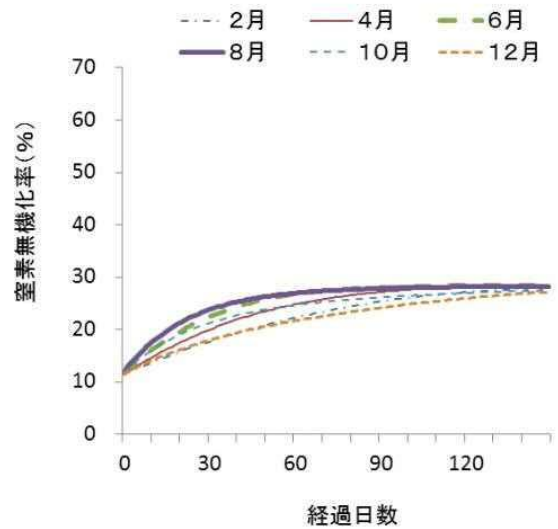


図4 鶏ふん堆肥の施用時期別窒素無機化率の推移

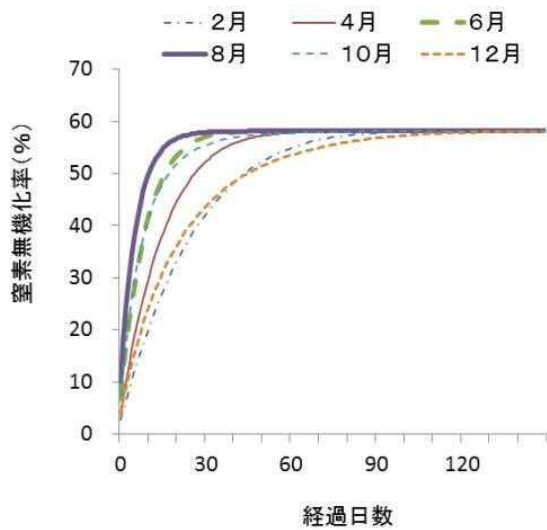


図5 ナタネ油粕の施用時期別窒素無機化率の推移

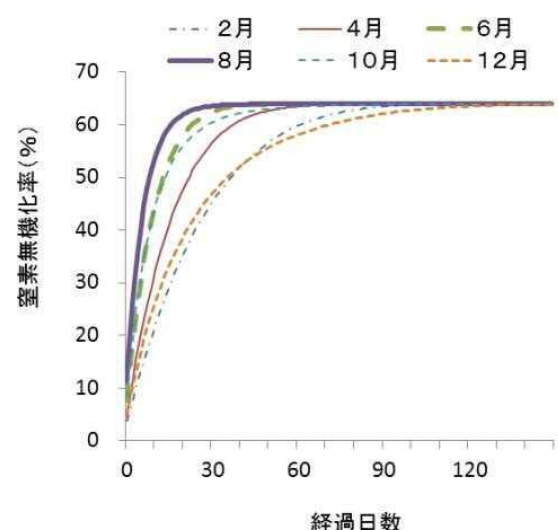


図6 魚粕の施用時期別窒素無機化率の推移

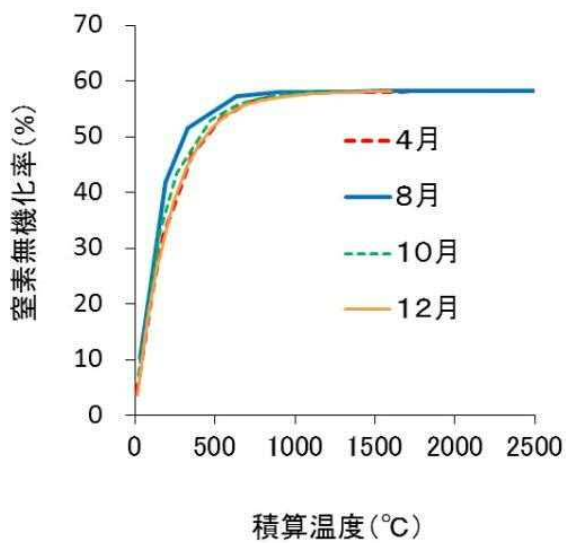


図7 ナタネ油粕の積算温度に対する窒素無機化率の推移

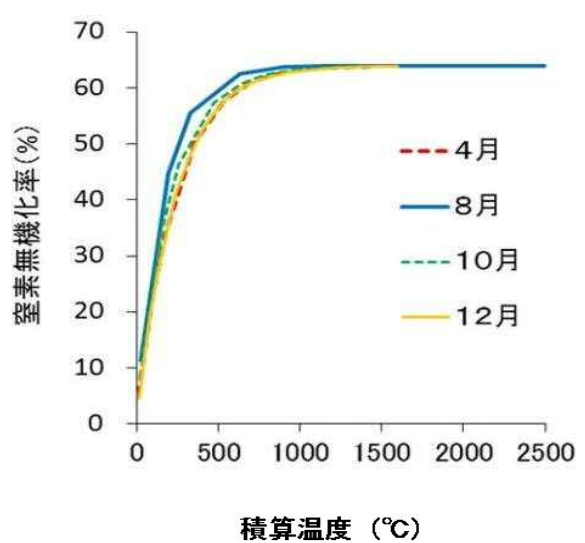


図8 魚粕の積算温度に対する窒素無機化率の推移

5 ほ場管理

(1) 深耕

作土が浅い場合や下層土が硬いところでは、深耕ロータリーやプラウなどを用いて深耕を行う必要がある。

一方、深耕しても必ずしも十分な効果がみられず、作物生産が低下することがある。これは、下層の生産力の低い土壌が存在する場合である。このような場合には、深耕と併せて、家畜ふん堆肥、稲わらなどの有機物や土づくり資材等を同時に施用して、物理性と同時に化学性を改良する必要がある。

深耕によって、下記の効果が期待される。

- ア 作物根が深くまで伸長し、生育が促進される
- イ 作物に与える養水分を保持する土層が深くなる
- ウ 土壌の保水力が高まるとともに、透水性、通気性も高まる
- エ 表層に過剰に集積している塩類（養分）を深耕によって薄める
- オ 人為的に形成された耕盤を破碎することで、根の伸長がよくなる

(2) 排水対策

ア 野菜の耐湿性

一般に野菜は湿害に弱いが、野菜の種類によって耐湿性には著しい差がみられる。耐湿性の強弱によって野菜を分類すると次のようになる。

(ア) 比較的耐湿性の強い野菜

サトイモ、レンコン、セルリー、フキ、ミツバ、スイートコーン

(イ) 耐湿性の中程度の野菜

ニンジン、キュウリ、ナス、タマネギ、エンドウ、カブ

(ウ) 耐湿性の弱い野菜

ホウレンソウ、ダイコン、トマト、カボチャ、インゲン、ソラマメ、ピーマン、バレイショ

イ 排水対策の具体的方法

ほ場内の過剰水を排除させる方法には、溝を掘る明きよによる地表水の排除法と、地下浸透による排除法がある。一般に水田では、土壌透水性が小さいので、地下浸透水として排除する方法は効率が悪い。

したがって、排水はできるだけ溝を掘る明きよによる地表排水を優先し、どうしても排除できない場合は地下排水する。地表排水は、作物の冠水・湛水害を回避し、適正な土壌水分状態への回復を促進する。

(3) 地温管理

高地温では根の呼吸が盛んになり、酸素不足で障害を起こし、また低温では、養水分の吸収が悪くなる。高温時には敷わら、光反射マルチ等によって地温の上昇を抑制し、低温時には透明マルチを行うとともに、ハウス内地表面に光線が良く当たるような配慮が必要である。

(4) 土壌管理

作物の根の伸長や活動が活発になるように、土壌物理性を良好に保つ深耕や有機物の施用、高畝などが重要である。また、施設栽培等、連作や多施肥条件下では、塩類集積や塩基バランスの乱れが発生しやすく、土壌診断の実施とその結果に基づいた適正施肥、輪作やクリーニングクロップの導入が重要である。

(5) 摘心栽培

摘心栽培では、摘心によって根の発育が阻害される。主枝を摘心しても側枝の生長点部を残すと根の活性を維持し、老化を防ぐ。摘心栽培では、地上部のどこかに生長点部を残すような管理を行う。

(6) 光の確保

果菜類では、光合成によって葉でつくられた炭水化物は、栄養成長期における日照不足、高夜温等で地上部に転流しやすく徒長しやすい。また、生殖成長期には果実に多く転流し、根の発育が阻害されやすい。

根への転流を確保するには、葉に光を十分当てるとともに、夜冷によって根への転流を促す。地温を高めれば、より一層根に転流される。また、草勢に見合う果実負担を心がけ、不良花・果の摘除、果実の早期収穫等も大切である。特に、下位節の葉で作られた炭水化物は、根へ転流されやすいことから、下位葉にも光が十分当たるようにすることが重要である。

6 土づくりと施肥管理

有機農業は、地力（地力とは作物生産に関わる土壌の能力で、化学性、物理性、生物性が挙げられる）に依存した生産方式であり、地力が高まらなければ安定生産が難しい。一方で、土壌養分が多くなり過ぎると、作物が軟弱になり、病害虫に罹りやすくなる。環境負荷低減に反し、地下水汚染や温室効果ガス増大などへも影響する。また、有機農業では、土壌養分のアンバランスが起りやすいため、土壌診断に基づく有機物の施用が重要である（表13、表14）。

新規で有機農業を始める場合、規模拡大で新たに有機栽培ほ場に転換する場合、有機栽培農家のほ場を分けてもらうか、慣行栽培をしてきた農地を借地にするか、または、耕作放棄地を借地として利用する場合が考えられる。慣行栽培ほ場や耕作放棄地は地力が低い場合があり、このようなほ場では、野菜類の有機栽培を開始してから、収量・品質が安定するまでに年数を要する。経営安定のために、短期間で生産安定が図れる土づくりを実践しなければならない。

地力を維持・向上させるためには、堆肥等の有機質資材、石灰質肥料等の土づくり肥料の施用、深耕・排水対策等の技術を組み合わせ、生産コストも考慮して総合的な土壌管理を行わなければならない。

表13 果菜類の土壌診断基準

| 土 壌 | 非火山灰土 | 火山灰土 | 石灰質土 |
|------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| 表土（作土）の厚さ（cm以上） | 20 | 25 | 20 |
| 主要根群域の深さ（cm以上） | 20 | 25 | 20 |
| 有効根群域の深さ（cm以上） | 60 | 60 | 60 |
| 現地容積重（g/100mL） | 80～120 | 60～ 80 | 100～120 |
| pF1.5の気相率（%以上） | 10 | 20 | 15 |
| 有効根群域の最高ち密度（mm以下） | 22 | 22 | 23 |
| 主要根群域の水分pF1.5～pF3.0（%） | 15 | 20 | 18 |
| 有効根群域の最小透水係数（cm/sec以上） | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁴ |
| 地下水位（cm以下） | 80 | 80 | 100 |
| グライ層の位置（cm以下） | 60 | 60 | 60 |
| 腐植（%以上） | 3 | 5 | 3 |
| pH（H ₂ O） | 5.5～6.5 | 5.5～6.5 | 6.0～6.5 |
| pH（KCl） | 5.0～6.0 | 5.0～6.0 | 5.5～6.0 |
| 陽イオン交換容量（meq/100g乾土） | 5～20 | 15～35 | 15～25 |
| 塩基飽和度（%） | 72～85 | 60～85 | 80～95 |
| 石灰飽和度（%） | 60～65 | 50～65 | 70～75 |
| 苦土飽和度（%） | 10～15 | 8～15 | 8～15 |
| 加里飽和度（%） | 2～ 5 | 2～ 5 | 2～ 5 |
| 塩基含量（陽イオン交換容量(CEC)で異なる） | CEC:15meqの場合 | CEC:20meqの場合 | CEC:18meqの場合 |
| 交換性石灰（CaO meq/100g乾土） | 9.0～9.8 | 10.0～13.0 | 12.6～13.5 |
| （CaO mg/100g乾土） | 252～273 | 280～364 | 353～364 |
| 交換性苦土（MgO meq/100g乾土） | 1.5～2.3 | 1.6～3.0 | 1.4～2.7 |
| （MgO mg/100g乾土） | 30～45 | 32～61 | 29～55 |
| 交換性加里（K ₂ O meq/100g乾土） | 0.3～0.8 | 0.4～1.0 | 0.4～0.9 |
| （K ₂ O mg/100g乾土） | 14～35 | 19～47 | 17～42 |
| CaO/MgO（当量比） | 4～ 8 | 4～ 8 | 4～ 8 |
| MgO/K ₂ O（当量比） | 2～ 5 | 2～ 5 | 2～ 5 |
| 有効態リン酸（Truog法, mg/100g乾土） | 10～50 | 5～50 | 10～50 |
| E C（mS/cm） | < 0.3 | < 0.3 | < 0.3 |
| 無機態窒素（mg/100g乾土） | < 3 | < 5 | < 3 |

注）鹿児島県土壌管理指針，鹿児島県農政部，2014.

表14 葉茎菜類の土壌診断基準

| 土 壤 | 非火山灰土 | 火山灰土 | 石灰質土 |
|------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| 表土（作土）の厚さ（cm以上） | 20 | 25 | 20 |
| 主要根群域の深さ（cm以上） | 20 | 25 | 20 |
| 有効根群域の深さ（cm以上） | 60 | 60 | 60 |
| 現地容積重（g/100mL） | 80～120 | 60～ 80 | 100～120 |
| pF1.5の気相率（%以上） | 10 | 20 | 15 |
| 有効根群域の最高ち密度（mm以下） | 22 | 22 | 23 |
| 主要根群域の水分pF1.5～pF3.0（%） | 15 | 20 | 18 |
| 有効根群域の最小透水係数（cm/sec以上） | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁴ |
| 地下水位（cm以下） | 80 | 80 | 100 |
| グライ層の位置（cm以下） | 60 | 60 | 60 |
| 腐植（%以上） | 3 | 5 | 3 |
| pH（H ₂ O） | 5.5～6.5 | 5.5～6.5 | 6.0～6.5 |
| pH（KCl） | 5.0～6.0 | 5.0～6.0 | 5.5～6.0 |
| 陽イオン交換容量（meq/100g乾土） | 5～20 | 15～35 | 15～25 |
| 塩基飽和度（%） | 72～85 | 60～85 | 80～95 |
| 石灰飽和度（%） | 60～65 | 50～65 | 70～75 |
| 苦土飽和度（%） | 10～15 | 8～15 | 8～15 |
| 加里飽和度（%） | 2～ 5 | 2～ 5 | 2～ 5 |
| 塩基含量（陽イオン交換容量(CEC)で異なる） | CEC:15meqの場合 | CEC:20meqの場合 | CEC:18meqの場合 |
| 交換性石灰（CaO meq/100g乾土） | 9.0～9.8 | 10.0～13.0 | 12.6～13.5 |
| （CaO mg/100g乾土） | 252～273 | 280～364 | 353～378 |
| 交換性苦土（MgO meq/100g乾土） | 1.5～2.3 | 1.6～3.0 | 1.4～2.7 |
| （MgO mg/100g乾土） | 30～45 | 32～60 | 29～55 |
| 交換性加里（K ₂ O meq/100g乾土） | 0.3～0.8 | 0.4～1.0 | 0.4～0.9 |
| （K ₂ O mg/100g乾土） | 14～35 | 19～47 | 17～42 |
| CaO/MgO（当量比） | 4～ 8 | 4～ 8 | 4～ 8 |
| MgO/K ₂ O（当量比） | 2～ 5 | 2～ 5 | 2～ 5 |
| 有効態リン酸（Truog法, mg/100g乾土） | 10～50 | 5～50 | 10～50 |
| E C（mS/cm） | < 0.3 | < 0.3 | < 0.3 |
| 無機態窒素（mg/100g乾土） | < 3 | < 5 | < 3 |

注) 鹿児島県土壌管理指針，鹿児島県農政部，2014.

7 土づくりの指標

下記の項で記述している土壤肥料研究部門の有機農業に関する試験結果により、有機栽培開始から年間牛ふん堆肥4t/10aを3年間施用すると、秋冬作では慣行区と同等以上の収量確保ができるようになり、有機栽培開始から3年程度である程度の土づくりができると考えられる。

そのとき、有機栽培が一般農法並の収量確保が期待できるレベルまで土壤養分が変化した状態が、土づくりができた状態と考えられる。今回の試験結果では、可給態窒素、可給態リン酸および塩基飽和度が有機区における秋冬作の収量との単相関係数が0.7を超え、その他の項目に比べ高かった。また、これらの相関係数については、春夏作に比べ秋冬作が高く、秋冬作は土壤養分の影響を受けるが、春夏作の収量には土壤以外の要因が大きく影響すると考えられる。

可給態窒素については、地力増進法の中で改良目標値としての設定はされているが、県の土壤診断基準としては未だ設定されていない。リン酸の土壤診断基準では、可給態リン酸は5～50mg/100g（火山灰土）と基準値の幅が広く、過剰での作物収量や品質に及ぼす影響は明らかでなく、これまで過剰での対応はなされていなかった。一方、黒ボク土では可給態リン酸含量が低いレベルでは収量は低く、畑土壤でのリン酸の収量への影響は大きいことが知られている。

塩基飽和度やpH等は当然重要な土壤診断項目であるが、窒素とリン酸は環境負荷物質でもあり、有機栽培では生産安定を維持しつつ環境負荷を与えないレベルの明確な窒素やリン酸の指標が必要である。

各品目の品種毎収量指数を用いた収量と栽培前土壤の可給態窒素含量および可給態リン酸含量との関係では、可給態窒素5mg/100g、可給態リン酸30mg/100gを超えると、有機区における秋冬作の収量は慣行区と同等以上であり、土づくりのためにまず診る診断項目として可給態窒素5mg/100gと可給態リン酸30mg/100gが指標として適当と考える（図9）。

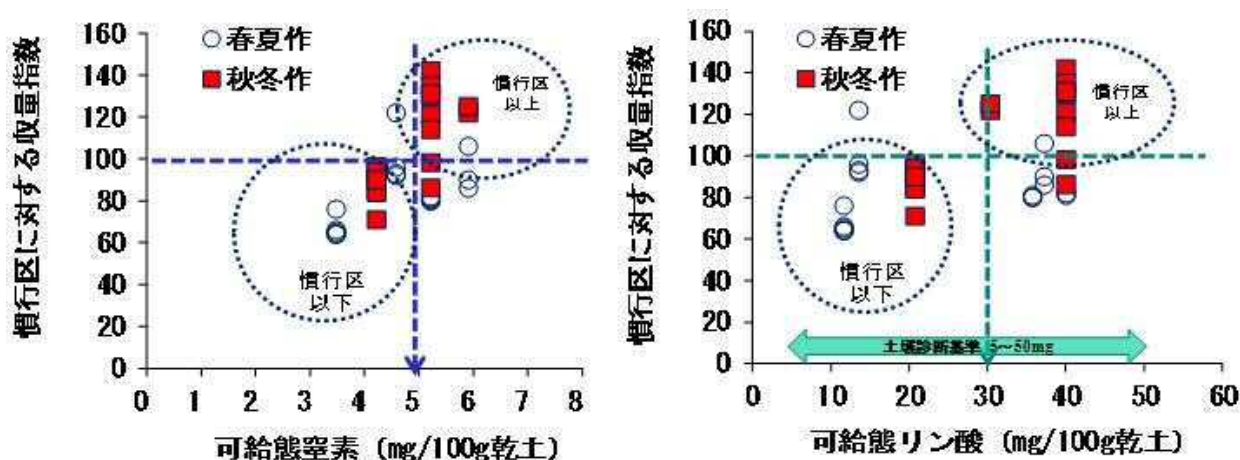


図9 収量と栽培前土壤の可給態窒素含量および可給態リン酸含量との関係
注) 収量指数は各品目の品種毎収量指数を用いた。

8 土壌肥料研究部門の有機農業に関する試験研究成果等

有機農業に関する試験成果等（平成25年度農業開発総合センター土壌肥料試験成績書）を整理した。

(1) 本県有機農業栽培現地ほ場の土壌化学性

長年有機栽培を行ってきたほ場の土壌調査結果では、リン酸含量がかなり高く、pHも高かった（表15）。これらのことから、有機栽培ほ場では、微量要素の不可給態化や生理障害、生育障害の発生が心配される。

このため、有機栽培農家は作物の生育状況をみながら土壌診断を行い、土壌養分に応じて堆肥や有機質資材の種類や施用量を見直す必要がある。

表15 有機農業現地ほ場における土壌化学性 可給態リン酸，CEC：乾土当たり

| | | pH H ₂ O | 可給態 リン酸 mg/100g | CEC | | 飽和度 % | | | Ca/Mg | Mg/K |
|------------------|-----|------------------------|-----------------------|----------|-------|-------|------|-----|-------|------|
| | | | | meq/100g | 塩基 | 石灰 | 苦土 | カリ | | |
| 施設 | 平均値 | 6.8 | 414 | 22.4 | 123 | 85 | 29 | 9 | 3 | 5 |
| | 最大値 | 7.9 | 1232 | 37.7 | 173 | 145 | 53 | 22 | 7 | 29 |
| | 最小値 | 5.0 | 14 | 14.0 | 58 | 41 | 9 | 2 | 1 | 1 |
| 露地 | 平均値 | 6.6 | 153 | 23.3 | 94 | 71 | 17 | 6 | 5 | 4 |
| | 最大値 | 8.2 | 1010 | 47.3 | 209 | 190 | 39 | 25 | 20 | 17 |
| | 最小値 | 5.0 | 3 | 10.8 | 27 | 21 | 4 | 1 | 2 | 1 |
| 全体 | 平均値 | 6.6 | 246 | 23.0 | 104 | 76 | 21 | 7 | 4 | 4 |
| | 最大値 | 8.2 | 1232 | 47.3 | 209 | 190 | 53 | 25 | 20 | 29 |
| | 最小値 | 5.0 | 3 | 10.8 | 27 | 21 | 4 | 1 | 1 | 1 |
| 土壌診断基準 (露地野菜) | | 5.5～ 6.5 | 5～50 | | 60～85 | 50～65 | 8～15 | 2～5 | 4～8 | 2～5 |

注) 調査地域：始良地域100点（平成19年），大隅地域29点（平成20年）

(2) 有機農業栽培試験の結果概要

ア 有機農業栽培試験の目的と試験区の構成

有機栽培では、良好な作物生育のための土壌の化学性、物理性や生物性を改善し、地力を向上させる「土づくり」が最も重要である。有機栽培農業者が借りる耕作放棄地等の地力が低い場合、何トンの堆肥を、何年連用すれば、安定生産が可能できるかが問題となる。

そこで、有機農業を年2作体系で4年間合計8作栽培した農業開発総合センターほ場における試験に取り組んだ。試験区の構成は、表16のとおりである。

表16 試験区の養分投入量

| 区名 | 資材名 | 現物投入量 kg/10a | 1作当たりの養分投入量 kg/10a | | | | |
|----|-------|-----------------|--------------------|-------------------------------|------------------|-----|-----|
| | | | T-N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO |
| 慣行 | 牛ふん堆肥 | 1,000 | 10 | 15 | 17 | 12 | 5 |
| | BB48 | 125 | 20 | 20 | 20 | — | — |
| | 苦土石灰 | 100 | — | — | — | 42 | 10 |
| | 総投入量 | — | 30 | 35 | 37 | 54 | 15 |
| 有機 | 牛ふん堆肥 | 2,000 | 20 | 30 | 34 | 24 | 11 |
| | 鶏ふん堆肥 | 500 | 11 | 29 | 18 | 86 | 8 |
| | 油粕 | 200 | 14 | 5 | 3 | 2 | 2 |
| | 苦土石灰 | 100 | — | — | — | 42 | 10 |
| | 総投入量 | — | 44 | 64 | 55 | 154 | 30 |

注) 果菜類4作及び葉茎根菜類4作, 年間2作

イ 有機農業栽培における野菜の収量

有機農業栽培1年目の夏秋キュウリは、ほ場の地力がなかったため、有機区は、慣行区に比べ大幅に収量が少なかった。2年目以降も、春夏作の夏秋キュウリやオクラでは病害虫の被害があり、有機区の収量は慣行区に比べ1～2割少なかった(図11)。

有機区の養分含有率は、慣行区に比べて高かったことから養分供給は十分足りており、有機区の養分吸収量が少なかった原因は養分供給の不足ではなく、病害虫の影響による収量低下が原因と考察された。秋冬作では、病害虫被害がみられなかったため、慣行区と同等に近い収量が得られている。

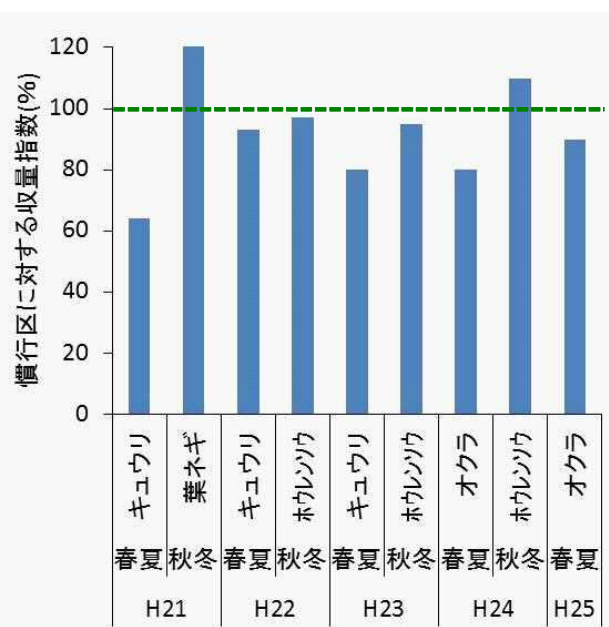


図11 有機栽培区における野菜の収量指数

ウ 有機農業栽培における土壌の化学性

有機区の土壌は、栽培年に伴い可給態リン酸、交換性塩基類が増加し、また、交換性石灰含量の増加に伴ってpHも上昇した(図12, 図13, 図14)。これらは、有機質資材の施用によって慣行区に比べ養分供給量が多かったためである。

有機区の可給態窒素含量は4年間で大幅に増加したが、慣行区では増加しなかった(図15)。この有機区における可給態窒素量の大幅な増加の要因は、年間10a当たり4tの牛ふん堆肥施用の影響が大きい。また、年間2t/10aの牛ふん堆肥を施用した慣行区ではその増加がみられず、この施用量が地力維持レベルと考えられる。

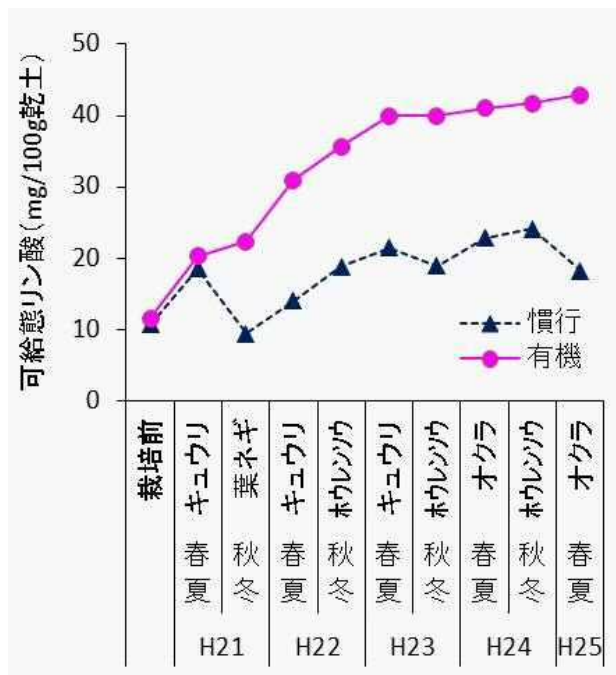


図12 土壤の可給態リン酸含量の推移

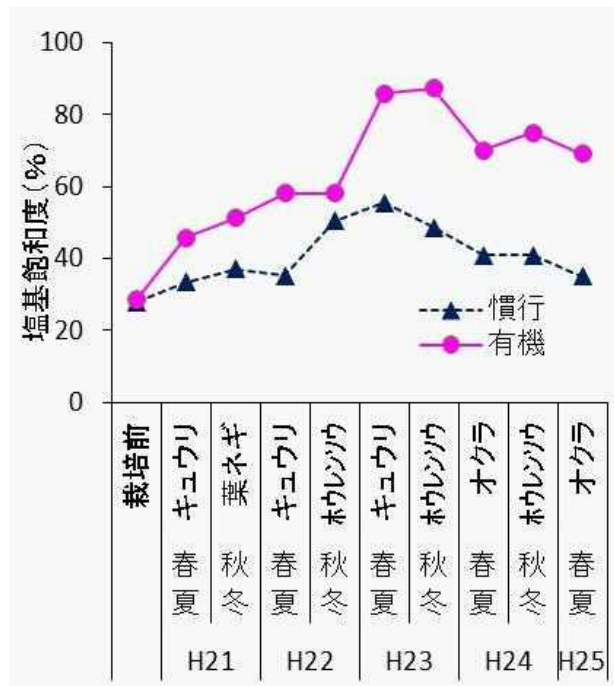


図13 土壤の塩基飽和度の推移

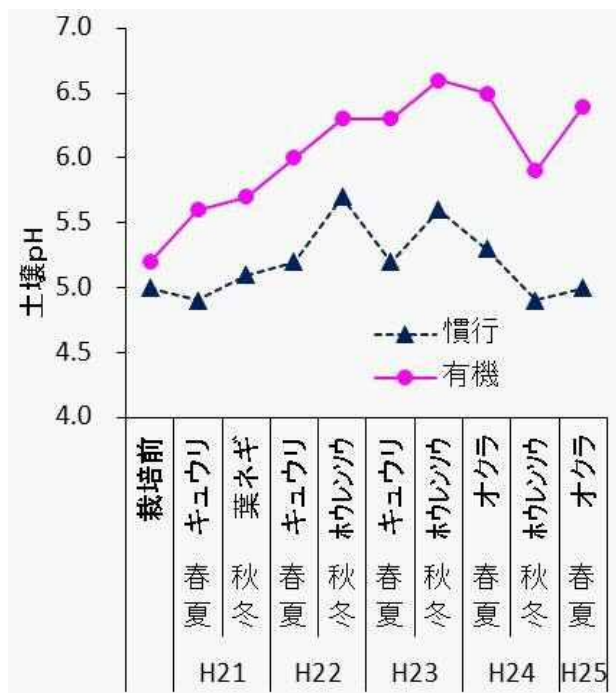


図14 土壤pHの推移

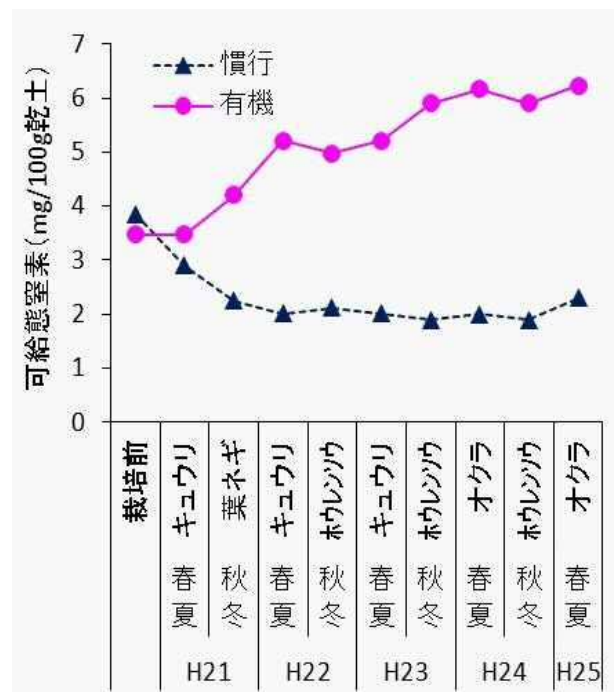


図15 土壤の可給態窒素含量の推移

これらの結果から考えると、有機農業を新規に始めるほ場では、土づくりとして3年程度牛ふん堆肥を年間4 t/10aの施用を行う。その後は、リン酸や塩基類が土壤中に過剰集積することをさけるため、これら養分の投入量を抑制する施肥法に切り替える必要がある。

エ 有機農業栽培における土壌の物理性

有機栽培開始から3年目の調査において、有機区の土壌では、慣行区に比べて容積重が軽く、固相率が小さく、孔隙率（液相率と気相率の和）は高まり、土の膨軟性を表す指標が向上していた（表17）。

県内有機栽培農業者のほ場では、有機栽培歴が長いほど固相率は低下し、孔隙率が向上していた（表18）。

表17 試験開始から3年目の土壌物理性の比較

| 区名 | 層位 | 深さ cm | 硬度 | 容積重 (g/100ml) | 三相分布(ml/100ml) | | | | pF水分(ml/100ml) | | | 透水係数 (cm/sec) |
|----|----|----------|----|------------------|----------------|------|------|------|----------------|-------|------|----------------------|
| | | | | | 固相 | 液相 | 気相 | 孔隙率 | pF1.5 | pF2.7 | 有効水分 | |
| 慣行 | 作土 | 0~16 | 12 | 88.4 | 34.1 | 44.6 | 21.4 | 65.9 | 48.7 | 42.8 | 5.9 | 2.3×10^{-3} |
| | 次層 | 16~27 | 16 | 92.8 | 36.8 | 52.3 | 10.9 | 63.2 | 54.0 | 48.2 | 5.8 | 1.7×10^{-4} |
| | 3層 | 27~38 | 23 | 96.5 | 41.8 | 52.5 | 5.7 | 58.2 | 53.6 | 47.0 | 6.6 | 4.1×10^{-4} |
| 有機 | 作土 | 0~15 | 12 | 81.9 | 31.5 | 39.0 | 29.5 | 68.5 | 52.1 | 37.4 | 14.8 | 3.2×10^{-3} |
| | 次層 | 15~25 | 19 | 87.1 | 33.1 | 46.4 | 20.5 | 66.9 | 52.2 | 43.3 | 9.0 | 6.2×10^{-4} |
| | 3層 | 25~42 | 21 | 80.0 | 31.7 | 58.5 | 9.8 | 68.3 | 61.9 | 54.8 | 7.1 | 1.3×10^{-4} |

表18 現地有機栽培ほ場の土壌物理性（平成24年5月調査）

| 調査地点 | 層位 | 容積重 (g/100ml) | 三相分布(%) | | | 孔隙率 (%) | pF1.5 | pF2.7 | 有効水分 | 透水係数 (cm/sec) | 有機栽培歴等 |
|-------|----|------------------|---------|------|------|------------|-------|-------|------|----------------------|------------------|
| | | | 固相 | 液相 | 気相 | | | | | | |
| 蒲生町A | 表層 | 87.1 | 34.4 | 33.3 | 32.3 | 65.6 | 38.9 | 31.4 | 7.45 | 7.7×10^{-3} | 8年以上 |
| | 次層 | 113.9 | 45.5 | 41.7 | 12.8 | 54.5 | 46.2 | 37.8 | 8.41 | 6.4×10^{-5} | |
| 始良町A1 | 表層 | 92.3 | 36.2 | 41.6 | 22.2 | 63.8 | 45.1 | 37.9 | 7.23 | 4.9×10^{-3} | 基盤整備後 4年目の3年目 |
| | 次層 | 131.2 | 52.4 | 45.5 | 2.1 | 47.6 | 46.3 | 43.4 | 2.84 | 4.4×10^{-5} | |
| 始良町A2 | 表層 | 75.3 | 29.5 | 36.0 | 34.5 | 70.5 | 42.5 | 34.5 | 7.99 | 1.1×10^{-2} | 8年以上 |
| | 次層 | 105.7 | 42.8 | 50.6 | 6.6 | 57.2 | 53.5 | 46.5 | 7.03 | 5.6×10^{-5} | |
| 始良町B | 表層 | 87.7 | 34.2 | 34.9 | 31.0 | 65.9 | 40.4 | 34.8 | 5.64 | 7.3×10^{-3} | 8年以上 |
| | 次層 | 108.2 | 43.3 | 45.8 | 10.9 | 56.7 | 49.0 | 43.8 | 5.26 | 2.4×10^{-4} | |
| 始良町C | 表層 | 94.6 | 37.2 | 39.7 | 23.1 | 62.8 | 40.2 | 36.6 | 3.63 | 6.7×10^{-3} | 3年目 |
| | 次層 | 125.3 | 50.1 | 45.0 | 4.9 | 49.9 | 46.3 | 39.2 | 7.07 | 6.7×10^{-5} | |

- 注) 1. 孔隙率：土壌における固相間の「すきま」のことで、液相と気相の和
 2. 有効水分：植物が吸収可能な土壌水分のこと
 3. 透水係数：水が土壌中を浸透しやすいかを示す係数

土壌の保水性の改善は、播種をして栽培する野菜の発芽の斉一性を高めるためにも重要である。有機栽培農家のほ場でも、有機物を投入することで土壌物理性が改善される。なお、有機物投入は経済性や環境負荷への影響を考慮すると、一度に多量の投入は避けた方がよい。

一般的に作土が厚いほ場は作物の生育が良く、根菜類は深い作土が必要で、葉菜類の中でも深根性の野菜は作土層が深いと生育が良くなる。また、保水性、透水性が良好なほ場でも野菜類の生育が良い。

新規で有機農業を始める場合の慣行栽培ほ場や耕作放棄地は、土壌の物理性が余り良くなかったり、耕盤が形成されていたりして、透・排水性が悪いほ場も多い。生育不良なほ場では、土壌物理性の改善が必要である。

軟弱野菜のように、ほ場に直接播種をする作物は、土壌の保水性が低いと発芽不良が生じやすく、収量に影響する。このようなほ場では、有機質資材投入によって保水性を高めることが望ましい。

一方、近年温暖化の影響で異常気象がみられ、集中豪雨や長雨が続いた場合には、ほ場に停滞水が発生し根腐れを起こしたり、病害が多発する場合もある。葉菜類の軟腐病などは、排水不良のほ場で発生しやすい。そのため、排水対策を行うとともに、耕盤破碎や深耕が必要である。土壌の物理性は土壌の種類によって異なり、一般的に畑地に多い黒ボク土壌は比較的膨軟で、本県の水田に多いシラスを母材とする土壌は硬い。

オ 施肥管理について

今回行った有機試験では、年間牛ふん堆肥 4 t/10a の施用によって土壌養分が年々増加し、3 年程度の連用によって土づくりが可能になることがわかった。養分供給量の多い有機物の施肥を続けていくと、土壌養分が過剰になるため、土づくりができた段階で、土壌診断基準を超えたリン酸やカリ等の過剰を抑制する施肥に切り替えていく必要がある。

有機栽培ほ場におけるリン酸やカリの過剰土壌の施肥改善対策を図るため、牛ふん堆肥の減量と有機質資材の中で窒素に対して、リン酸とカリ成分が低いナタネ油粕の増量による施肥体系について検討した。キュウリ、オクラ、ホウレンソウにおける施肥改善区では、有機区と同等または同等以上の収量を得られた（図16）。また、施肥改善区のリン酸やカリの養分残存量は有機区に比べて少なくなった。

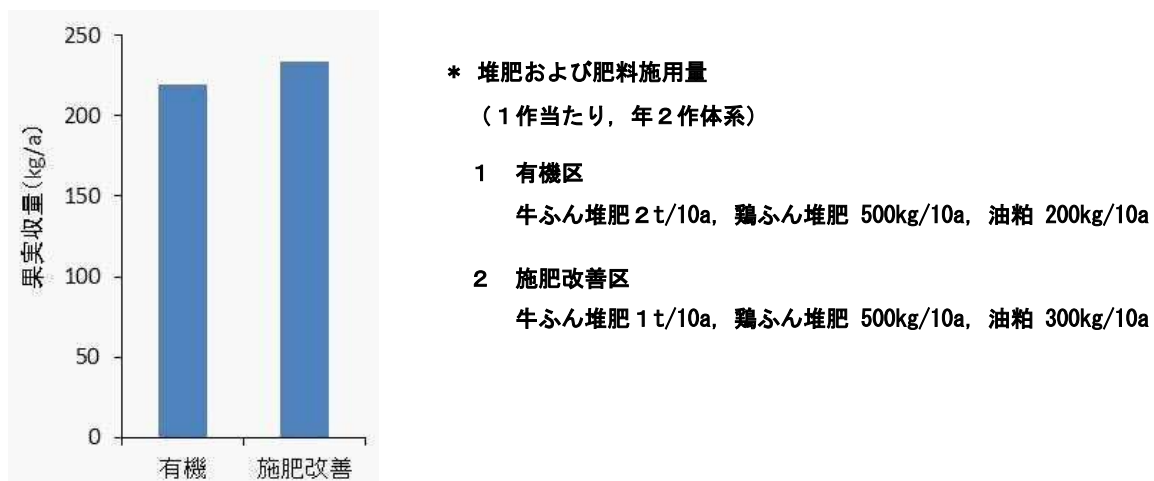


図16 収量の比較（平成25年，オクラ，品種「指宿グリーン」）

注）土壌条件：可給態リン酸 39mg/100g乾土，カリ飽和度 3%（交換性カリ含量38mg/100g乾土）

9 生理障害（生育障害）

野菜の生理障害（生育障害）は非常に多くの種類が知られている。その発生要因が明らかなものから不明なもの、また発生要因が直接作用して障害を誘発しているものや、間接的に作用して体内成分の異常を誘発して発生させているものもある。

作物に障害が発生すると、病虫害の種類や農薬等の薬害、高温や低温の影響等、様々な状況を考えて診断しなければならない（図10）。生理障害の発生には、①過剰施肥、②肥料不足、③かん水量過剰、④かん水量不足、⑤土壌pH、⑥その他栽培管理が、人的要因として影響すると考えられる。

一方で、温暖化の影響で、気温上昇、干ばつ、一時的な多雨、長雨による日照不足（低温）、極端な低温等の気候変動が起こっている。これらの気候変動によって、気温の極端な高低、降雨頻度、降水量、日射量、日照時間の増減等の気象的要因が生理障害発生に影響すると考えられる。生理障害の発生は、施肥やかん水等の栽培管理の人的要因で引き起こされる場合が多いと考えられるが、最近の温暖化によって引き起こされる気温変動の影響によって、養分や土壌水分の過不足が生じて生理障害が発生しているケースが増えてきている。

そのために、栄養が関係する生理障害についても、通常の土壌養分の適正化や土壌水分管理、根域確保等の施肥及び土壌管理による対策の検討と併せて、生理障害発生回避のために昇温抑制や干ばつ対策、作期検討、寒害防止等の土壌管理以外の栽培管理も同時に検討しなければ十分な対策にならないケースが増加すると考えられる。

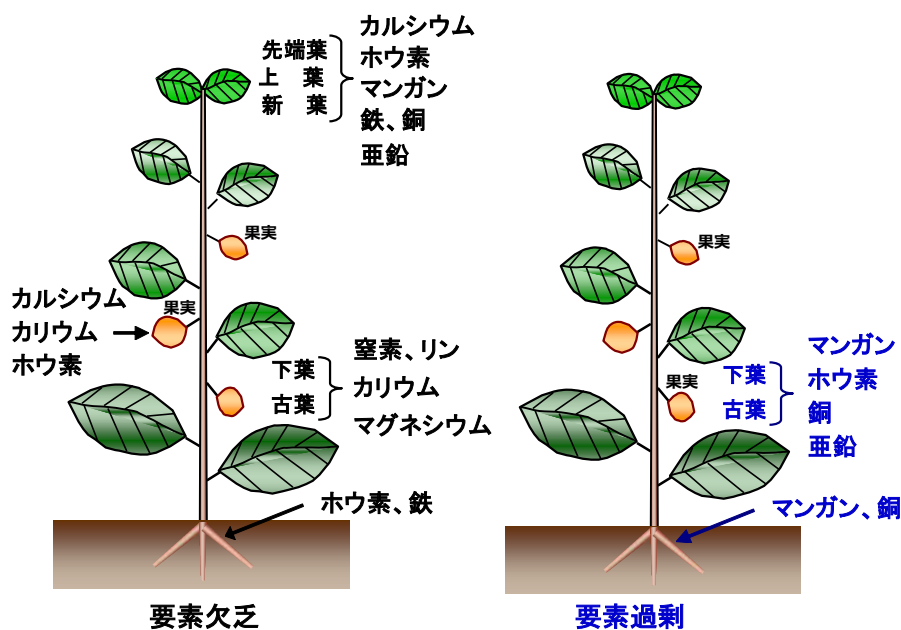


図10 要素欠乏・過剰の発生しやすい位置

10 良質堆肥の作り方

良質堆肥を作るためには、C/N比（炭素率）の調整、水分の調整、酸素（空気）の供給と、3つの条件を整える必要がある。

（1）C/N比（炭素率の調整）

微生物が増殖するためには、エネルギー源としての炭素（C）、微生物が増殖するための菌体を構成する窒素（N）が必要である。

微生物が有機物を分解する際には、炭素1に対して窒素1/25～1/40程度が好適なので、C/N比を25～40になるように調整する。なお、牛ふんのC/N比は15～20、豚ふんは10～15、鶏ふんは6～10、副資材のオガクズは200～1,670、モミガラは60～72、木質チップは450との報告がある。

堆肥の原料として使われる有機物には様々なものがあり、その分解特性も異なり、C/N比が高いと分解に時間がかかり、低いと速く分解する。

（2）水分の調整

水分の調整は、堆肥の中に空気を通すために行う。堆肥原料の水分含有率が高いと、通気ができなくなる。

水分過多の場合の調整方法には、大きく分けて2種類ある。一つはハウスなどを利用した予備乾燥法であり、もう一つはオガクズ、モミガラなどの水分含有率の低い副資材を混合する方法がある。

一方、発酵中に過乾燥し水分含有率が低くなっても、微生物の活動が鈍り分解が遅れたり、発酵が停止したりする。この場合、切り返しの際に加水する必要がある。

牛ふん堆積物では、水分含量60～70%が適当である。現場においては、水分含量70%前後が強く握ると指の間から排汁がにじみでる、60%前後が強く握ると手のひらに堆積物がかなりつく、50%前後が強く握ると手のひらに堆積物が僅かにつくと、大まかな水分含量が簡易に把握できる。

（3）酸素（空気）

家畜ふん尿の分解を促進するためには、好気性菌の働きを活発にする必要がある。そのためには、酸素の供給が必要で、水分含有率が高かったり、踏みつけが強すぎたりすると、通気が悪くなり分解が遅れる。

このため、時々通気の状態を調べる必要がある。

ア 通気性（物性）の改善

通気性を改善するためには、水分含有率を調整する必要があり、畜舎内での予備乾燥、天日乾燥、副資材添加が一般的である。

イ かく拌・切り返し

堆積発酵施設の場合は、1か月に1回以上行うが、最初の1か月間は堆積物中の温度が低下したら、切り返しをするようにして、少なくとも4～5回行う。

なお、開放型発酵装置の場合は、専用のかく拌機で1～2回/日のかく拌とする。

ウ 強制通気

強制通気を行う場合は、堆肥原料の種類、水分、気温などによって異なる。一般的な通気量は、50～300リットル/分・m³程度である。

エ 温度

堆肥の温度が上昇することは、微生物によって盛んに有機物が分解している結果であり、堆肥化が順調に進行している重要な証拠である。

水分含有率を60～70%程度に調整したオガクズ混合牛ふんでは約7日、オガクズ混合豚ふんでは4日程度で最高温度に達した事例がある。

一定期間高温状態（60～80℃）を維持した後、フロントローダー等により切り返しを行い、酸素の供給による発酵促進を図る。

オ 微生物

堆肥化は、特定の微生物によって行われるのではなく、原料中に存在する極めて多種類の微生物群が関わり、主役となる微生物のグループが交代しながら有機物を分解していく。このため、好気性微生物群が活動できるように、水分調整や通気性などの環境条件を整えることが大事である。

カ 堆肥化期間

堆肥化には、十分な期間が必要である。その期間は、堆肥化の到達目標によって異なるが、堆積発酵の場合では次の期間が必要である。

(ア) 家畜ふん尿単独の堆肥化で約2か月

(イ) わら類との混合では約3か月

(ウ) オガクス等の混合では約6か月

