

土壤肥料技術指針

| | | |
|---|--------------------------|----|
| 1 | 本県耕地土壤の分布と特性 | 17 |
| 2 | 農耕地土壤の改良基準と方法 | 21 |
| 3 | 有機性資源の活用 | 29 |
| 4 | 緑肥作物の使い方 | 49 |
| 5 | 土壤改良資材の特性と使い方 | 51 |
| 6 | 肥料の特性と使い方 | 55 |
| 7 | 診断技術と対策 | 72 |
| 8 | 養液栽培における養液管理 | 81 |
| 9 | 資源循環型農業推進のための土壤肥料面での技術対策 | 88 |

1 本県耕地土壌の分布と特性

(1) 本県耕地土壌の土壌類型

本県と全国における土壌群の分布割合を図1-1, 2に示した。

本県における水田土壌の土壌群の分布割合は、灰色低地土が最も高く(51%)、次いでグライ土(17%)、多湿黒ボク土(10%)の順であり、この3土壌群で全体の80%近くを占めている。全国と比較すると、全国平均よりも分布割合が高い土壌は灰色低地土と灰色台地土であり、全国よりも分布割合が低い土壌はグライ土である。

畑に分布する土壌群の種類は水田よりも少なく、本県では、褐色森林土(47%)、黒ボク土(26%)、褐色低地土(15%)、黄色土(10%)の4土壌群で全体の90%以上を占めている。全国と比較すると、褐色森林土の分布割合が高く、黒ボク土の分布割合が低かった。

水田における方部別の土壌群の分布割合を表1-1に示した。

県平均よりも分布割合が高い水田土壌の土壌群は、中通り北部・阿武隈北部ではグライ土と灰色台地土、中通り南部・阿武隈北部ではグライ土と黄色土、会津平坦では灰色低地土、会津山間では多湿黒ボク土と泥炭土、浜通り北部では黒泥土である。

畑における方部別の土壌群の分布割合を表1-2に示した。

県平均よりも分布割合が高い畑土壌の土壌群は、中通り北部・阿武隈北部では褐色森林土と褐色低地土、中通り南部・阿武隈南部では褐色森林土と黒ボク土、会津平坦では褐色低地土と灰色低地土、会津山間では黒ボク土、浜通り北部では黒ボク土、褐色低地土、黄色土、浜通り南部では、褐色低地土と黄色土である。

土壌の分布と地形は密接な関係にあり(図1-3)、谷底平野や氾濫平野が広く分布する会津平坦では灰色低地土、台地や段丘の多い中通りでは灰色台地土や黄色土、山麓が広がる阿武隈山間では褐色森林土、火山の噴出源に近く、台地や山麓緩斜面が広い中通り南部や会津山間では黒ボク土や多湿黒ボク土の分布割合が高い。

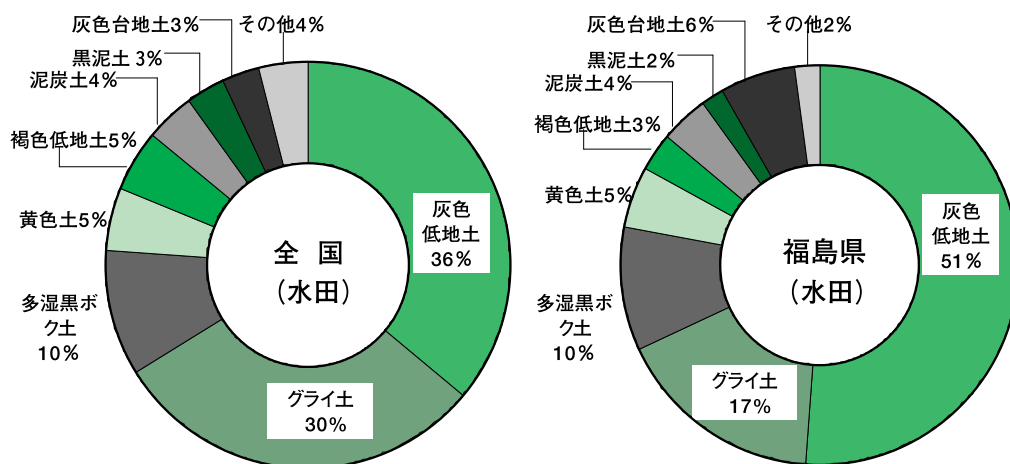


図1-1 全国および福島県における水田土壌の分布割合

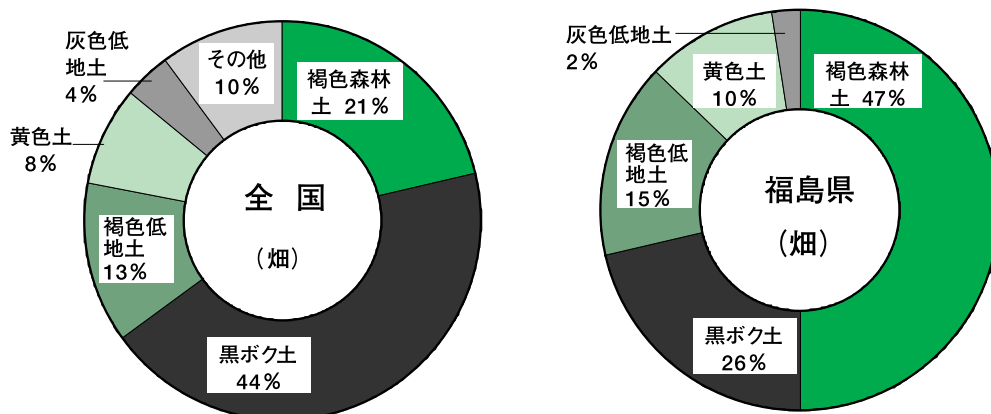


図1-2 全国および福島県における畑土壌の分布割合

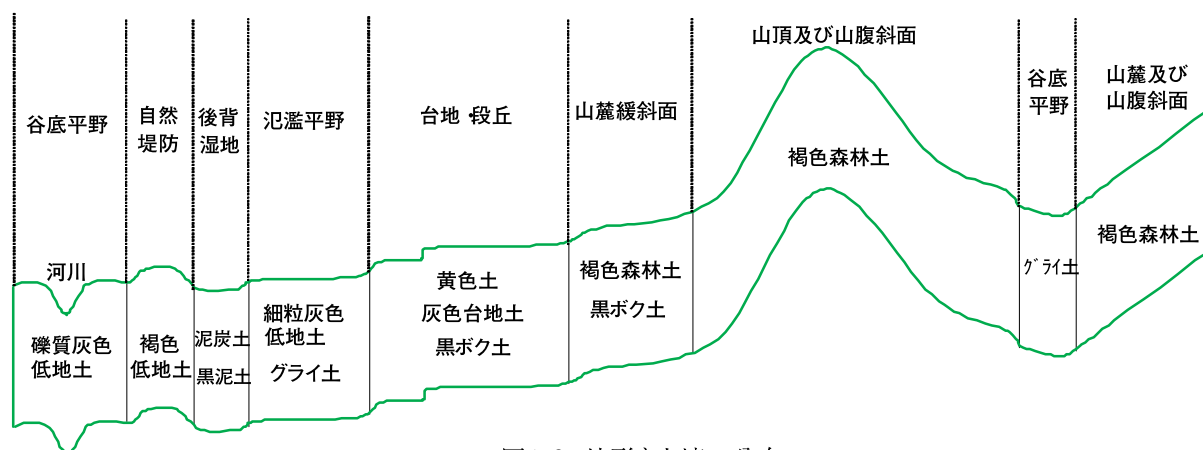


図1-3 地形と土壌の分布

表1-1 方部別の土壌型の分布割合(水田) (%)

| 土壌型 | 福島県全体 | 中通り北部 阿武隈北部 | 中通り南部 阿武隈南部 | 会津平坦 | 会津山間 | 浜通り北部 | 浜通り南部 |
|--------|-------|----------------|----------------|------|------|-------|-------|
| 灰色低地土 | 52.1 | 53.1 | 41.2 | 79.4 | 28.7 | 52.1 | 63.2 |
| グライ土 | 16.6 | 24.0 | 24.4 | 1.5 | 14.9 | 8.9 | 19.2 |
| 多湿黒ボク土 | 10.0 | 2.5 | 12.2 | 8.2 | 31.9 | 8.0 | 0 |
| 黄色土 | 4.7 | 3.1 | 7.4 | 1.1 | 7.3 | 1.9 | 6.8 |
| 褐色低地土 | 3.2 | 2.2 | 2.4 | 4.0 | 0 | 6.0 | 4.5 |
| 泥炭土 | 3.8 | 0.9 | 4.5 | 2.2 | 10.3 | 5.5 | 0 |
| 黒泥土 | 5.7 | 6.4 | 1.8 | 3.4 | 3.1 | 17.6 | 6.3 |
| 灰色台地土 | 2.1 | 7.3 | 2.6 | 0 | 0.5 | 0 | 0 |
| その他 | 1.8 | 0.5 | 3.5 | 0.2 | 3.3 | 0 | 0 |

表1-2 方部別の土壌型の分布割合(畑) (%)

| 土壌型 | 福島県全体 | 中通り北部 阿武隈北部 | 中通り南部 阿武隈南部 | 会津平坦 | 会津山間 | 浜通り北部 | 浜通り南部 |
|-------|-------|----------------|----------------|------|------|-------|-------|
| 褐色森林土 | 46.4 | 55.2 | 54.4 | 23.2 | 40.5 | 21.6 | 29.1 |
| 黒ボク土 | 25.7 | 13.2 | 31.0 | 28.3 | 47.5 | 33.1 | 4.9 |
| 褐色低地土 | 15.3 | 22.0 | 5.7 | 24.2 | 11.1 | 22.7 | 26.9 |
| 黄色土 | 10.1 | 7.9 | 7.7 | 3.1 | 0 | 22.6 | 39.1 |
| 灰色低地土 | 2.2 | 0.3 | 1.0 | 21.2 | 0.9 | 0 | 0 |
| その他 | 0.3 | 1.4 | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(2) 土壌群別にみた土壌の特徴と土壌改良の要点

ア 黒ボク土

火山灰、火山礫などの火山放出物を母材とする土壌で、台地や段丘、山麓緩斜面などに分布する。

この土壌は多量の腐植を含む黒色ないしは黒褐色の表層をもち、その下は褐色ないし黄褐色の下層土となる。

この土壌は、仮比重が小さく、透水性、保水性が良好であり、土壌の物理性にかかわる欠陥が少ない。反面、リン酸の固定能が大きいため施肥リン酸が不可給態になりやすい、塩基が溶脱され酸性土壌になりやすいなど、土壌の化学性にかかわる欠陥が多い。

したがって、リン酸資材の施用と塩基の補給を重点とした土壌改良が必要である。

イ 多湿黒ボク土

この土壌の母材は火山灰に由来し、低位から中位の段丘面、用水が整備され水田利用が可能になった火山灰台地、山地の谷底平野などに分布する。

基本的な性質は黒ボク土と変わらないが、灌漑水や地下水の影響を受け、管状や膜状の斑紋が生成されていることで特徴づけられる。

土壌改良の要点も黒ボク土と同様である。

ウ 褐色森林土

山地や丘陵地に広く分布し、表層は褐色ないしは暗褐色で、下層は一般に黄褐色を呈する。耕地土壌では、農地造成や基盤整備で表土がはぎ取られ、表層から黄褐色の土壌になっているところもある。

この土壌には、作物の根の伸長を阻害する固結した砂礫層（マサ土）をもつ土壌もあり、このような土壌では、深耕、心土破碎などによって有効土層の拡大を図らなければならない。また、可給態リン酸や塩基類が少ないところが多いので、可給態リン酸の確保や塩基状態の改善が土壌改良の基本となる。

エ 灰色台地土

停滞水が季節により全面的な飽和と部分的な飽和を繰り返すことによって生成された土壌であり、多くは洪積台地上に分布する。

灰色で斑紋を持つ土層が地表化50cm以内から現れ、土性は粘質から強粘質のものが大部分である。

この土壌は一般的に、表土が薄く、腐植含量が少なく、塩基に乏しく、排水が悪いという欠点がある。

したがって、作土深の増大、有機物や塩基の補給、透水性の付与等が土壌改良の基本になる。

オ 黄色土

洪積台地や丘陵地などに分布し、腐植に乏しく暗色を呈さない表層と黄色の次表層をもつ。本県に分布する黄色土は粘質から強粘質のものが大部分であり、ち密で透水性が悪いなど、土壌の物理性にかかわる欠陥が多い。また、一般に塩基類などの養分に乏しく、肥沃度が劣り、土壌の化学性にかかわる欠陥も多い。

したがって、有機物の施用、作土深の確保、塩基やリン酸の補給を計画的に行うなど、土壌の物理性と化学性の両面にわたる改良が必要になる。

カ 褐色低地土

沖積低地の自然堤防、扇状地などの地下水位の低い地帯に分布し、土色は次表層が褐色を呈する。土性は砂質から強粘質のものまであり、地表下60cm以内から礫層が出現するところもある。

一部の強粘質土を除けば、土壌の物理性は概して良好であり、扱いやすい土壌である。土壌の化学性も比較的良く、生産力の高い土壌である。

土壌改良の要点は、強粘質土では物理性の改善、礫質から壤質の土壌では塩基状態の改善等である。

キ 灰色低地土

(ア) 礫質及び粗粒質灰色低地土

沖積低地の中でも現河道や旧河道に近い谷底平野などに分布する。全層が灰色ないし灰褐色を呈し、管状、糸根状などの斑紋が認められる。

養分保持力、保水力が小さく、鉄やマンガンが下層に溶脱して、いわゆる老朽化水田になっているところも少なくない。

したがって、塩基やケイ酸、微量元素などが作土で不足しているところが多く、土壌の化学性にかかわる欠陥が多く指摘される。

この土壌の改良には客土が最も効果的であるが、困難な場合には、塩基やケイ酸、鉄分の補給などを継続的に実施する必要がある。

(イ) 細粒灰色低地土

中小河川の谷底平野や大河川の氾濫平野などの沖積低地に分布する。土色や斑紋の現れかたは礫質及び粗粒質灰色低地土と同様であるが、土性が粘質ないし強粘質であるため土壌の物理性や化学性は大きく異なる。

透水性は小さいが、乾燥すると耕耘にやや難があるなど、土壌の物理性にかかわる欠点がある。しかし、可給態ケイ酸含量や鉄含量は比較的高く、土壌生産力は上位にランクされる。

土地利用は大部分が水田であり、作土深の確保や土壌診断に基づく土壌改良資材の施用

によって水稻生産は安定する。

ク グライ土

地下水にほぼ周年飽和されたグライ層の上端が50cm以内に現れる低地の土壌であり、谷底平野や氾濫平野の中でも地下水位の高い地帯に分布する。グライ層の土色は一般に緑灰ないし青灰色を呈する。

土性は砂質から強粘質のものまでであるが、排水不良が本土壌共通の問題点であり、還元の発達による根腐れ等の障害が発生しやすい。

したがって、暗渠の施工や弾丸暗渠等の排水対策が土壌改良の基本となる。また、ケイ酸資材や含鉄資材の施用も還元障害の軽減に有効である。

ケ 黒泥土

泥炭の分解が進み、黒色から黒褐色を呈するに至った黒泥層をもつ土壌で、後背湿地や山間の谷底平野などに分布する。排水不良地に分布するが、泥炭土に比べると地下水位はやや低い。

土性は粘質から強粘質のものが多く、腐植含量も高いが、ケイ酸や加里等の無機養分は不足している。

したがって、排水対策と無機養分の補給が土壌改良の要点になる。

コ 泥炭土

湿性植物の遺体が、過湿のため分解が進まず長年にわたり厚く堆積した土壌で、後背湿地や谷地などの低湿地に分布する。

地下水位が高く、排水不良であり、ケイ酸、塩基類などの無機養分が極端に不足している。したがって、根本的な土壌改良には客土と暗渠排水が必要であり、併せて、ケイ酸や塩基類の補給を継続的に実施する。

2 農耕地土壌の改良基準と方法

(1) 水田土壌

表2 - 1 水田土壌の改良基準

| 土壌の種類 土壌の性質 | 有機質土壌 多湿黒ボク土 黒泥土、泥炭土 | 細粒質土壌 以外の粘質及び 強粘質土 | 中粗粒質土壌 砂質、壤質及び 砂礫質土 |
|--|---------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 作土の厚さ | 15cm以上 | | |
| すき床層のち密度 | 山中式硬度計で14～24mm | | |
| 主要根群域の 最大ち密度 | 山中式硬度計で24mm以下 ¹⁾ | | |
| 地下水位 | 50cm以下(非湛水期間) | | |
| 湛水透水性 | 日減水深で10～20 mm | | |
| pH(H ₂ O) | 5.5～6.5 | | |
| 陽イオン交換容量 (CEC) | 15me / 乾土100 g 以上 | 12me / 乾土100 g 以上 | 10me / 乾土100 g 以上 |
| 石灰(CaO)飽和度 | 40～60% | | |
| 苦土(MgO)飽和度 | 15～20% | | |
| カリ(K ₂ O)飽和度 | 2～10% | | |
| 塩基飽和度 | 60～80% | | |
| 可給態リン酸(P ₂ O ₅) | 10mg / 乾土100 g 以上 ²⁾ | | |
| 可給態ケイ酸(SiO ₂) | 15mg / 乾土100 g 以上 ³⁾ | | |
| 可給態窒素 | 8～20mg / 乾土100 g ⁴⁾ | | |
| 腐植 | 2 %以上 ⁵⁾ | | |
| 遊離酸化鉄(Fe ₂ O ₃) | 1 %以上 | | |

1) 主要根群域は地表下30cmまでの土層とする。

2) トルオーグ法による分析値である。

3) 酢酸緩衝液浸出法による分析値である。

4) 風乾土壌を30、湛水密閉状態で4週間培養した場合のアンモニア態窒素の生成量

5) 炭素含有率に係数1.724を乗じて算出した推定値である。

ア 作土の厚さの改善

ロータリ耕で減速して耕うんする等により深耕に努める。特に必要があれば、深耕用のロータリまたはプラウを用いて耕うんする。

イ すき床層のち密度の改善

ち密度が過大な場合には、心土破砕等により、すき床層を破砕する。

排水不良のために地耐力の面からち密度が不足する場合には、ほ場内小排水溝、弾丸暗きょ等を設けることにより作土層の乾燥を図る。

ウ 主要根群域の最大ち密度の改善

心土破砕等によりち密層(鉄盤、粘土盤等)を破砕する。

エ 湛水透水性の改善

不透水層が存在するため透水性が過小の場合には、心土破砕耕を行う。

土壌が細粒質であるため周辺の地下水位が低いにもかかわらず透水性が過小な場合には、ほ場内小排水溝、弾丸暗きょ等を設けることにより土壌の乾燥を図るとともに、堆肥等を施用することにより土壌の団粒化を促進する。

透水性が過大の場合には、代かきを入念に行うとともに、必要があれば、ベントナイト等の粘土質の土壌改良資材を施用することにより粗孔隙の充てんを図る。

オ pHの改善

酸性の土壌には、酸性矯正に必要な量の石灰質肥料を施用する。

ようりんやケイカルなどのアルカリ分を多く含む肥料の施用も酸性矯正に効果的である。

カ 陽イオン交換容量の改善

堆肥、腐植酸質資材等の有機質の土壌改良資材またはゼオライト等の陽イオン交換容量の高い資材を施用する。

キ 塩基状態の改善

不足分に相当する石灰質肥料、苦土質肥料またはカリ質肥料を施用する。

ようりんやケイカルなどの石灰や苦土を含有する肥料を施用する。

ク 可給態リン酸含有量の改善

不足分に相当するリン酸質肥料を施用する。

この場合、リン酸質肥料肥料としては効果の持続するく溶性リン酸を主体とするものを選び、特に酸性土壌の場合には、アルカリ性のものを施用するように留意することとする。

ケ 可給態ケイ酸含有量の改善

不足分に相当するケイ酸質肥料を施用する。

コ 可給態窒素含有量及び腐食含有量の改善

堆肥等を施用するかレンゲ等の緑肥作物を作付け体系に導入する。

サ 遊離酸化鉄含有量の改善

砂礫質水田等、遊離酸化鉄が不足している水田には、含鉄資材を計画的に施用する。

シ 複合的改良

単一の要素が不足していることよりも複数の要素が不足している場合の方が多い。

複数の要素が不足している場合の肥料の選択例を表2-2に示した。

表2-2 不足成分と肥料の選択例

| 不足成分 | 肥料の選択例 |
|------------|-----------------------|
| リン酸、苦土 | ようりんまたは苦土重焼リンまたはリンスター |
| ケイ酸、石灰 | ケイカルまたは軽量気泡コンクリート粉末肥料 |
| リン酸、ケイ酸 | ケイカルリンまたはケイカル+ようりん |
| リン酸、ケイ酸、カリ | ケイカルリン |
| 石灰、鉄 | 転炉さい |

(2) 普通畑土壌

表2-3 普通畑土壌の改良基準

| 土壌の種類 土壌の性質 | 有機質土壌 黒ボク土 黒泥土、泥炭土 | 細粒質土壌 以外の粘質及び 強粘質土 | 中粗粒質土壌 砂質、壤質及び 砂礫質土 |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 作土の厚さ | 25cm以上 | | |
| 主要根群域の 最大ち密度 | 山中式硬度計で22mm以下 ¹⁾ | | |
| 主要根群域の固相率 | 40%以下 | 50%以下 | 50%以下 |
| 主要根群域の粗孔隙量 | 粗孔隙の容量で10%以上 | | |
| 地下水位 | 60cm以下 | | |
| pH(H ₂ O) | 6.0~6.5 ⁵⁾ | | |
| 陽イオン交換容量 (CEC) | 15me / 乾土100g 以上 | 12me / 乾土100g 以上 | 10me / 乾土100g 以上 |
| 石灰(CaO)飽和度 | 50~70% | | |
| 苦土(MgO)飽和度 | 15~20% | | |
| カリ(K ₂ O)飽和度 | 2~10% | | |
| 塩基飽和度 | 70~90% | | |

| | |
|--|---------------------------------|
| 石灰苦土比(CaO/MgO) | 6 以下 |
| 苦土カリ比(MgO/K ₂ O) | 2 以上 |
| 可給態リン酸(P ₂ O ₅) | 20mg / 乾土100 g 以上 ²⁾ |
| 腐植 | 2 %以上 ³⁾ |
| 可給態ホウ素(B) | 0.3~3.0 ppm ⁴⁾ |
| 電気伝導度(施肥前) | 0.2mS/cm以下 |

- 1) 主要根群域は地表下40cmまでの土層とする。
- 2) トルオーグ法による分析値である。
- 3) 炭素含有率に係数1.724を乗じて算出した推定値である。
- 4) 熱水抽出法による分析値である。
- 5) pHは作物により好適範囲が若干異なるので、作物別の好適pHを表2 - 4に示した。

表2 - 4 作物別好適pH

| 作物名 | 好適範囲 | 作物名 | 好適範囲 | 作物名 | 好適範囲 |
|--------|---------|-----------|---------|--------|---------|
| 小麦 | 6.0~7.5 | アルファルファ | 6.0~8.0 | ハクサイ | 6.0~6.5 |
| 大麦 | 6.5~8.0 | シロクロバー | 6.0~7.2 | キャベツ | 6.0~7.0 |
| 大豆 | 5.5~7.0 | トールフェスク | 5.0~6.0 | ハウレンソウ | 6.0~7.5 |
| 小豆 | 6.0~6.5 | イタリアライグラス | 6.0~6.5 | タマネギ | 5.5~7.0 |
| インゲン | 5.5~6.7 | オチャドグラス | 5.5~6.5 | ナス | 6.0~6.5 |
| 落花生 | 5.3~6.6 | チモシー | 5.5~7.0 | トマト | 6.0~7.0 |
| エンドウ | 6.0~7.5 | ソルゴー | 5.5~7.0 | キュウリ | 5.5~7.0 |
| トウモロコシ | 5.5~7.5 | エン麦 | 5.5~7.0 | カボチャ | 5.5~6.5 |
| そば | 5.0~7.0 | ライ麦 | 5.5~7.0 | イチゴ | 5.0~6.5 |
| サツマイモ | 5.5~7.0 | ダイコン | 6.0~7.5 | スイカ | 5.5~6.5 |
| ばれいしょ | 5.0~6.5 | カブ | 5.5~6.5 | レタス | 6.0~6.5 |
| 葉たばこ | 5.5~7.5 | ニンジン | 5.5~7.0 | カリフラワー | 5.5~7.0 |
| アカクロバー | 6.0~7.5 | サトイモ | 5.5~7.0 | アスパラガス | 6.0~8.0 |

ア 作土の厚さの確保

深耕用のロータリまたはプラウを用いて耕うんする。

急激に作土を厚くすると、新たに耕起される土層の性質によっては作物の生育不良等を生ずることがあるので、必要に応じて堆肥等を施用する。

イ 主要根群域の最大ち密度の改善

厚いち密層が存在する場合には、心土破砕やプラウ耕等により、ち密層を破砕する。

細粒質で構造未発達のため乾燥による固結を生ずる土壌においては、堆肥等を施用することにより土壌の団粒化を図る。

ウ 主要根群域の固相率、粗孔隙量の改善

粗孔隙量が小さく、固相率が大きい場合には、籾殻堆肥、バーク堆肥等の有機物またはバークミキュライト、パーライト等の土壌改良資材を投入する。

エ pHの改善

酸性の土壌には、酸性矯正に必要な量の石灰質肥料を施用する。

オ 陽イオン交換容量の改善

堆肥、腐植酸質資材等の有機質の土壌改良資材またはゼオライト等の陽イオン交換容量の高い資材を施用する。

カ 塩基状態の改善

不足分に相当する石灰質肥料、苦土質肥料またはカリ質肥料を施用する。

この場合、石灰苦土比、苦土カリ比の塩基バランスにも配慮する。

キ 可給態リン酸含有量の改善

不足分に相当するリン酸質肥料を施用する。

この場合、リン酸質肥料肥料としては効果の持続するく溶性リン酸を主体とするものを選び、特に酸性土壌の場合には、アルカリ性のものを施用するように留意するものとする。

ク 腐食含有量の改善

堆肥等を施用するかエン麦等の緑肥作物を作付け体系に導入する。

ケ 可給態ホウ素

可給態ホウ素含有量が不足する場合には、ホウ素質肥料またはホウ素入りの微量元素複合肥料を施用する。

(3) 施設畑土壌

表2 - 5 施設畑土壌の改良基準

| 土壌の種類 土壌の性質 | 有機質土壌 黒ボク土 黒泥土、泥炭土 | 細粒質土壌 以外の粘質及び 強粘質土 | 中粗粒質土壌 砂質、壤質及び 砂礫質土 |
|--|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 作土の厚さ | 25cm以上 | | |
| 主要根群域の最大ち密度 | 山中式硬度計で22mm以下 ¹⁾ | | |
| 主要根群域の固相率 | 40%以下 | 50%以下 | 50%以下 |
| 主要根群域の粗孔隙量 | 粗孔隙の容量で10%以上 | | |
| 地下水位 | 60cm以下 | | |
| pH (H ₂ O) | 6.0~6.5 | | |
| 陽イオン交換容量 (CEC) | 15me / 乾土100g 以上 | 12me / 乾土100g 以上 | 10me / 乾土100g 以上 |
| 石灰(CaO)飽和度 | 50~70% | | |
| 苦土(MgO)飽和度 | 15~20% | | |
| カリ(K ₂ O)飽和度 | 3~10% | | |
| 塩基飽和度 | 70~95% | | |
| 石灰苦土比(CaO/MgO) | 6以下 | | |
| 苦土カリ比(MgO/K ₂ O) | 2以上 | | |
| 可給態リン酸(P ₂ O ₅) | 20mg / 乾土100g以上 ²⁾ | | |
| 腐植 | 2%以上 ³⁾ | | |
| 可給態ホウ素(B) | 0.3~3.0 ppm ⁴⁾ | | |
| 電気伝導度(施肥前) | 0.3mS/cm以下 | | |

1) 主要根群域は地表下40cmまでの土層とする。

2) トルオーグ法による分析値である。

3) 炭素含有率に係数1.724を乗じて算出した推定値である。

4) 熱水抽出法による分析値である。

ア 施設土壌の特徴

施設土壌では、降雨による肥料成分の流亡がないため、養分が作土層に集積しやすい。作土に集積する肥料成分の主なものは、陽イオンでは石灰、苦土、カリ、陰イオンでは硝酸、硫酸、塩素イオンであり、これらを総称して塩類と呼ぶ。

塩類が過剰に集積すると、濃度障害や亜硝酸ガス、アンモニア等の有害ガスによる生育障害が発生しやすくなる。

イ 電気伝導度(EC)による土壌中の硝酸態窒素の推定

施設土壌に集積する塩類の主体は硝酸塩であり、ECと硝酸態窒素には密接な正の相関関係がある。したがって、ECを測定することにより、土壌中に存在している硝酸態窒素含有量を推定できる。

施設土壌の実態調査から得られたECと硝酸態窒素の関係式は次の通りである。

$$y=35x-2$$

$$y=\text{硝酸態窒素含有量 (mg/100g)}$$

$$x=\text{EC (mS/cm)}$$

黒ボク土では、硝酸態窒素含有量に0.7をかけた値が窒素残存量(kg/10a)、
その他の土壌では、硝酸態窒素含有量(mg/100g) = 窒素残存量 (kg/10a)となる。

ウ 過剰養分に対する減肥のしかた

施設畑土壌は養分過剰傾向にある。作付け前に土壌診断を行い、その結果に基づいた減肥の方策を講じることが、作物を健全に生育させ、環境負荷物質の流出を減らす上で極めて重要である。

土壌診断結果による減肥の目安は以下の通りである。

| EC値(mS/cm) | 施肥量 |
|------------|------------------|
| 0.3以下 | 基準量 |
| 0.3～0.6 | 基肥1/2 + 追肥 |
| 0.6～0.9 | 基肥1/2とし追肥でコントロール |
| 1.0以上 | 無肥料でスタート |
| 2.0以上 | 除塩対策が必要 |

| 作付け前のNO ₃ -N (mg/100g) | 施肥量 |
|-----------------------------------|--------|
| 10以下 | 基準量 |
| 11～15 | 5kg減肥 |
| 16～20 | 10kg減肥 |
| 21～25 | 15kg減肥 |
| 26～30 | 20kg減肥 |
| 31～35 | 25kg減肥 |
| 36以上 | 無施肥 |

| 対象作物 | 可給態リン酸量 (mg/100g) | 施肥量 |
|------|-------------------|-------|
| 果菜類 | ～50 | 基準量 |
| キュウリ | 50～100 | 50%減肥 |
| ピーマン | 100～200 | 80%減肥 |
| | 200～ | 無施肥 |
| イチゴ | ～50 | 基準量 |
| | 50～100 | 50%減肥 |
| | 100～ | 無施肥 |
| 葉菜類 | ～50 | 基準量 |
| | 50～100 | 20%減肥 |
| | 100～200 | 50%減肥 |
| | 200～ | 無施肥 |

| C E C (me/100g) | 置換性カリ (mg/100g) | 施肥量 |
|-----------------|-----------------|-------|
| 10～15 | 30～50 | 50%減肥 |
| | 50以上 | 無施用 |
| 15～20 | 35～70 | 50%減肥 |
| | 70以上 | 無施用 |
| 20～25 | 45～70 | 50%減肥 |
| | 70以上 | 無施用 |
| 25以上 | 60～70 | 50%減肥 |
| | 70以上 | 無施用 |

エ 除塩対策

ECの値が2 mS/cmを超えるようであれば、除塩が必要となる。

除塩の方法としては、クリーニングクロープの作付けが有効である。ソルガムや飼料用トウモロコシを作付けし、刈り取ったら施設外に持ち出し、有機物資材として利用するとよい。

なお、湛水や掛け流しによる除塩の方法もあるが、環境汚染の原因となることもあるので、やむを得ない場合に限り行うこととする。

オ その他

その他の改良方法は、普通畑と同じである。

(4) 果樹園土壌

果樹が水稻、野菜などの他の作物と大きく異なる点は、永年作物で、定植後はその場所で長期にわたって栽培され、しかも根域が広く深いことである。このため、果樹園土壌として望ましい改良は、定植前の園地造成の段階で確実にを行うことが基本である。定植後の改良は、不十分な箇所を手直しする程度が限度であり、重点は地力維持である。

ア 土壌改良の第1段階：不良要因の排除

土壌改良の目標は表2-10に示すように、土壌の物理性と化学性の両面にわたっている。土壌の物理性では、硬化して根域の狭い土壌、また根域の一部にグライ層、ち密層がある土壌では、その部分で根の伸長、透水性が妨げられるので、心土破壊、深耕を行い、根の伸長できる土壌（山中式硬度計で20mm以下）の深さを40cm以上確保する（有効土層の厚さ40cm以上）。排水不良地や低湿地では、地下水位を1mより深くするため、暗きよ、明きよ、地表排水、盛り土（客土）などが必要である。

さらに、スピードスプレーヤーなどの農作業用重量機械の踏圧により硬化しやすい土壌では、腐熟したバーク堆肥などの有機物を深耕時に混入する。

このように改良した土壌では、粗孔げき（pF1.5での気相率）10%以上、気相率15%以上、透水係数 10^{-3} オーダー以上を保持し、降雨時でも土壌中の通気が確保されるため、呼吸不足等による根の活力低下は小さい。

土壌の化学性では、pHを好適範囲内に入るように改良することと、併せて塩基飽和度と塩基の当量比を適正水準に矯正することが重要である。開こん地や火山灰土壌などに見られる強酸性土壌では、深耕時に石灰資材、ようりんなどを施用し、同時に有機物、微量要素を補給する。

また、古い産地で見られる強酸性土壌では、塩基の当量比に注意し、苦土などの欠乏しやすい養分も施用する必要がある。野菜畑跡地などで見られる中性または塩基性に傾いた土壌では、微量要素が不溶性になり欠乏症状が発生しやすいため、石灰、ようりんの施用は中止し、極端な場合は硫黄華などの酸性化資材を施用により、pHの適正化を図る。

このほか、定植の前には休閑し、ライムギ、ソルゴー等の緑肥作物を植え付けて土壌にすき込むようにしたい。また、砂質土などの保水力、保肥力の不足する土壌では、深耕時に有機物を施用したい。

イ 土壌改良の第2段階：土壌の窒素肥沃度の適正化

窒素肥沃度の低い土壌では、腐熟した堆肥などの有機物を多施用、あるいは帯状草生の草部分に施肥して有機物を多く生産し清耕部分に還元すること等により肥沃化を図る。

一方、窒素肥沃度が高すぎる土壌では、窒素肥料の無施用または減肥に加えて、極端な場合はイネ科の草の全面草生を行い、刈り取った茎葉を園外に持ち出すことなどにより、肥沃度の適正化を図る。

ウ 土壌改良の第3段階：土壌の物理性、化学性の不良化防止

物理性では、地表の水のたまりやすい場所をなくしたり、農作業用重量機械の、特に降雨直後の運行には注意する。また、土壌有機物の消耗を補う程度（堆肥1t/10a内外）の有機物の連用などが肝要である。

さらに積極的に取り組むには、樹間部分を縫って帯状に深耕したり、あるいは透水性がそれほど悪化していない土壌では、樹冠下を年に数カ所ずつ数年計画で深耕（タコつぼ深耕）し、土壌改良資材や有機物を混入し埋め戻したりする。施用する土壌改良資材や有機物は、種類や素材によって性状、成分、効果が異なるので、それぞれの特性を理解し、目的にあったものを選択し、その機能を十分に発揮できるようにする。

一方、化学性では、肥料、とくに窒素を多肥しないこと、石灰資材の適正な補給（2～5年に1回、100kg/10a、少肥園地ほど頻度少）に努めることなどが肝要である。

土壌表面管理では、草生栽培の利点を活用することが重要である。草生下では草による養分の吸収と刈戻した草による還元が繰り返されるので、地表面近くで養分が蓄積し、地下への養分溶脱が少なくなる利点がある。また、土壌表面の侵蝕防止や草根による団粒形成効果等もある。

これらの利点を活用すると、施肥量の節減に加えて、地力の維持もしくは増強のみならず、環境保全効果も大いに期待される。

表 2 - 10 樹種別の土壌条件の好適範囲と改良目標

| | 樹 種 | 好適範囲 | 改良目標 | 備 考 |
|-----------------------|-----------|---------------------------|---------------------------|--|
| 有効土層の厚さ | 共 通 | 40cm以上 | 40cm以上 | 砂土は60cm以上 ほ場容水量時 |
| 地下水水位 | " | 1 m以下 | 1 m以下 | |
| 硬度(ち密度) | " | 20mm以下 | 18mm以下 | |
| 粗 孔 隙 | " | 10%以上 | 15%以上 | |
| 気 相 率 | " | 15%以上 | 15%以上 | |
| 透 水 係 数 | " | 2×10^{-4} cm/秒以上 | 1×10^{-3} cm/秒以上 | |
| pH (H ₂ O) | モ ー | 5.5 ~ 6.2 | 6.0 | |
| | リンゴ、ナシ、カキ | 5.5 ~ 6.5 | 6.2 | |
| | ブ ー | 6.0 ~ 6.8 | 6.5 | |
| | ク ー | 4.5 ~ 5.5 | 5.2 | |
| 塩基飽和度 | モ ー | 60 ~ 80% | 75% | 置換性塩基の当量比 Ca/Mg = 10以下 Mg/K = 1.5以上 (例) Ca:Mg:K = 65:10:5 |
| | リンゴ、ナシ、カキ | 60 ~ 90% | 80% | |
| | ブ ー | 75 ~ 100% | 90% | |
| | ク ー | 40 ~ 60% | 50% | |
| 有効態りん酸 | 共 通 | 5mg/100 g 以上 | 20mg/100 g 以上 | |

(5) 草地土壌

家畜ふん尿が合理的に施用された場合、土壌中の養分及び有機物含量が高まり、物理的、化学的及び生物的面から、土壌が総合的に改善されて作物の増収及び安定生産の向上に寄与する。

基肥としての施用では、特に連年施用する飼料作物の栽培において、過剰投入や肥料成分の土壌蓄積等による環境負荷の軽減が重要であるため、堆肥の品質表示等を利用した施用計画を行う。

表 2 - 11 牧草および飼料作物の土づくり目標値

| 項 目 | 土 壤 改 良 目 標 値 |
|---|---|
| pH (H ₂ O) | 6.0 ~ 6.5 |
| 有効態りん酸 (P ₂ O ₅) | 火山性土4 ~ 5mg以上 非火山性土10mg以上 |
| 置換性カリ(K ₂ O) | 15mg |
| 置換性石灰 (CaO) | 250mg (泥炭土500mg、腐植質土壌350mg、 砂質土壌100mg) |
| 置換性苦土 (MgO) | 25mg以上 |
| 置換性苦土 / カリ | 1.5以上 |
| 置換性石灰飽和度 | 50 ~ 80% |
| 作 土 深 | 20 ~ 30cm |
| 土壌のち密度 (心土) | 20mm以下 (山中式硬度計) |
| 塩基置換容量 = (CEC) | 20me以上 |
| 孔隙量 | 降雨後25時間後の空気孔隙量10%以上 |
| 地下水水位 | 100cm以下 |

細部は畑土壌の改良基準を参照のこと

表 2 - 12 低収化要因と草地更新の関係

| | | 低収化要因(原因) | 草 生 回 復 手 段 | |
|-----------------|----------|---|---------------------------------------|-----------------------------|
| | | | 簡 易 更 新 | 完 全 更 新 |
| 土 壌 の 条 件 の 悪 化 | 物 理 性 | 堅密化(踏圧、過放水) 根群集積(施肥不足) 通気水性不良(堅密化) | 表層破碎 施肥改善 堆厩肥施用 適正放牧 | 反転耕起 根群埋没 碎土 堆厩肥施用 |
| | 化 学 性 | 酸性化(多肥、石灰不足) リン酸欠乏(施肥不足) 肥効低下(通気水性不良、牧草密度低下) | 石灰表層散布 リン酸増施 表層破碎 施肥改善 | 耕起 土壌改良資材施用 堆厩肥施用 |
| 植 生 条 件 の 悪 化 | マメ科牧草率低下 | マメ科牧草衰退(窒素多用、石灰、リン酸不足、過放水、利用不足、不食過繁草) イネ科牧草優占(窒素多用、軽放牧) | 追播 窒素施肥制限 リン酸、石灰の補給 適正放牧 | 新播 草種改善 |
| | 牧草密度低下 | 放草密度低下(再生不良、夏枯れ、冬枯れ、病虫害) 裸地化(土壌侵食、牛道、放牧施設) 雑草進入(牧草密度低下、選択採食) 低位生産牧草侵入(施肥不足、利用過度) | 追播 雑草刈取り 防草剤利用 施肥法改善 適正放牧 | 反転耕起 雑草埋没 新播 草種改善 |

農業技術体系(畜産編)

3 有機性資源の活用

現代社会では、大量生産・大量廃棄による地球温暖化や有害物質の発生、廃棄物の処理等の様々な環境問題が発生しており、今後、廃棄物の発生を抑えるとともに、資源を有効活用し持続的に発展可能な循環型社会への移行が強く求められている。

農村社会でも、これまであまり利用されずに廃棄されてきた生物由来の有機物を資源として有効活用し、農林業の自然循環機能の維持増進と持続的に発展する農林業・農村社会の確立が求められている。

(1) 有機性資源とは

有機性資源とは、生物（動植物（人を含む）や微生物）に由来する資源で、生物学的分解によって、環境中に安全に還元していくことが可能であり、かつ再び有用な資源として再生していくことが可能なものをいう。

本県では、平成15年3月に「福島県農林業有機性資源循環利用計画」を策定し、その中で有機性資源を表3-1のように資源の発生源を生産分野等により区分し、各区分のなかで発生量が多くかつ堆肥等に加工して利用することが可能と考えられるものを対象としている。

有機性資源の循環利用に際しては、廃棄物化を極力抑制し、かつ品質の良い堆肥を安定供給するため、地域内で発生する多種多様な有機性資源の性状等を踏まえ、環境負荷を極力抑制しながら利用の促進を図る必要がある。

なお、公共下水汚泥やし尿、浄化槽汚泥などについては、有機性資源から対象外としている。

表3-1 有機性資源の分類

| 区分 | 発生源(有機性資源名) |
|-----|--|
| 農業系 | 水稲(稲わら・モミガラ) 大麦・小麦(麦わら) 大豆・そば(茎) 葉タバコ(茎・葉) 野菜(茎・葉・くず果) 果樹(剪定枝・くず果) 花き(茎・葉) |
| 畜産系 | 乳用牛、肉用牛、豚、採卵鶏、ブロイラー、馬(ふん尿) |
| 林業系 | 製材加工業(樹皮・木くず・オガコ) 林地残材(針葉樹 広葉樹) 菌茸(廃菌床 廃原木) |
| 水産系 | 水産加工(加工残さ) |
| 生活系 | 農業集落排水施設(汚泥) 家庭及び事業所の一般廃棄物(生ゴミ) |
| 事業系 | 産業廃棄物(動植物性残さ) |

出典 福島県農林業有機性資源循環利用計画

(2) 堆肥の利活用と土づくり

堆肥等有機質資材の施用は、窒素・リン酸・カリや微量元素などの養分の持続的な供給や、土壌の団粒化促進などの物理性改善、土壌中の微生物活性の促進など、土づくりの基本技術であり、地域の有機性資源の循環による資源循環型農業を推進する点からも重要である。

有機性資源には、家畜排せつ物や稲わら等の作物残さ、おがくず等の木質系有機物、食品残さ等があるが、作物生産のために使用する際、作物の生育等に悪影響を与えないように堆肥化し、適正な利用を進めることが望ましい。

しかし、土づくりのための堆肥には多種多様なものがあり、施用効果に差が認められることから腐熟度や肥料成分等を考慮した施用が必要である。また、施用量が多すぎると生育に支障をきたしたり、窒素の地下水などへの流亡等環境に負荷をかけることも考えられるので、土壌診断を実施し適正な施用を心がける必要がある。

ア 土づくり

土づくりとは、作物の根が良く伸長し円滑に機能するように、土壌の物理性、化学性、生物性を改良し土壌環境を整えることによって、土壌の作物生産能力を向上・維持することである。整理すると図3-1に示したように、作物の生育を促すため養分供給を目的とした化学性の改善、根張りをよくするため土壌の物理性を改善、根圏環境の改善のための生物性改善が柱になっている。

近年、高品質や安全性、環境負荷軽減などを目指した農業への転換が求められている。そのため、土づくりは、作物生産の向上と安定化を図るばかりでなく、土壌水分・窒素栄養等の制御による品質の向上、投入養分の効率的利用による肥料使用量の節減、不良な土壌環境

によって引き起こされる湿害等を回避し、作物の生育を健全にすることが農薬使用量の節減に期待されることから、土づくりにより土壌生態系機能の活性化を図り作物を栽培することを基本に進めていく必要がある。

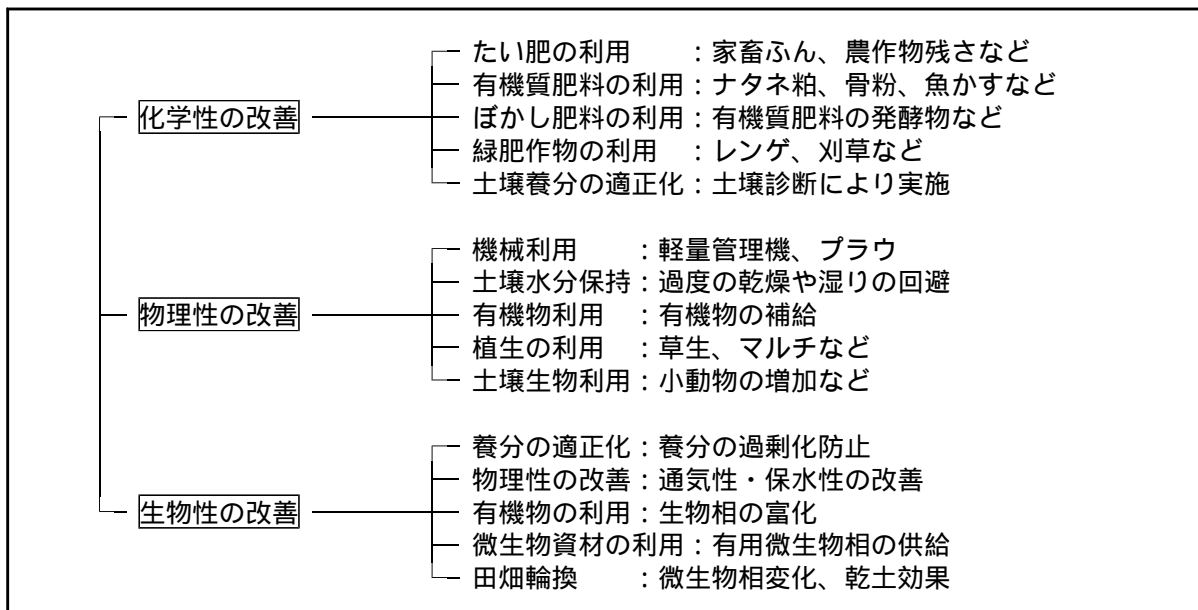


図3-1 土づくりの技術体系図 (神奈川県 2001)

イ 堆肥の効果

堆肥の施用により、肥料成分の供給、肥料成分保持力の向上、土壌物理性の改善、不順天候への適応力の強化、微生物群の多様化による土壌病害の低減等がある。

(ア) 肥料成分の供給

堆肥には水溶性成分が多く含まれており、窒素、リン酸、カリウム、その他多くの成分が水溶性で存在している。堆肥中のカリウムの多くが水溶性であり、水溶性の窒素やリン酸は堆肥中含有量の極一部である。

これらの水溶性成分は、堆肥の施用直後から、植物が吸収することができる速効成分であり、肥料の代替効果がある。

また、微生物や有機物に取り込まれている非水溶性成分は、時間の経過とともに分解し徐々に植物に吸収される。非水溶性成分には、施用した年から数年にわたり肥効を示す易分解性有機物と、施用後しばらくしてから、徐々に十年以上肥効を示す難分解性有機物とに分けることができる。

このように、堆肥の肥効パターンは水溶性成分と易分解性有機物、難分解性有機物との割合により変わる。

例えば、豚ふん、鶏ふんや食品残さ等の原料で作った堆肥は、水溶性成分や易分解性有機物が多く（難分解性有機物は少なく）、施用効果は、施用初年度が最も高く、数年程度である。木質やもみ殻のようなC/N比の高い原料中心で作った堆肥は、難分解性有機物が多いため、施用効果は施用初期の数年間は取り込みによりマイナスとなるが、数年後からは低いレベルではあるが肥効が期待できる。

減化学肥料栽培を行うために、堆肥に化学肥料的效果を求める場合、水溶性成分や易分解性有機物の多い堆肥を用いる。また、地力として徐々に供給させたい場合には、難分解性有機物の多い堆肥を用いる。

(イ) 肥料成分保持能力の向上

堆肥のC/N比が高いほど無機態窒素を取り込むため、施肥窒素が未熟有機物に取り込

まれ植物が利用できない状態となる窒素飢餓が発生する。特に、C/N比が30を超える場合窒素飢餓が発生しやすい。

反対にC/N比が低い堆肥は、肥料的効果は高いが、施肥窒素の保持能力は低くなる。C/N比が10以下となる場合、見かけ上の窒素の取り込みはほとんど起こらない。

また、有機物が分解する過程で出来る難分解性の有機物である腐植は、陽イオンや陰イオンの保持能力が高いため、カルシウム、マグネシウムなど塩類保持能力(CEC)や、硝酸などの保持能力(AEC)が高くなる。

これら土壌の持つ機能は、施肥した肥料成分を作土に保持して、ほ場外への流亡を軽減し、肥料成分による環境汚染を防ぐ効果がある。

(ウ) 土壌物理性の改善

堆肥を施用することにより、堆肥中の難分解性物質リグニンとタンパク質などが結合し、暗褐色の物質である腐植となる。黒っぽい色の土壌は地力が高いと言われているのは、土の色が黒いほど腐植の量が多い事を示しているためである。

腐食は粘土鉱物、鉱物粒子、微生物菌体を結合させ、土壌粒子を団粒化させる。土壌の団粒化により、土壌に隙間ができ、排水性、通気性の良い土壌となる。また、団粒内には更に小さな隙間があり、そこに水が保持され保水性の良い土壌となる。その結果、植物根にストレスの少ない環境を提供する。

土壌物理性改善のためには、C/N比が高く、難分解性有機物が多いほど効果が高い。

(エ) 不順天候への対応力の向上

土づくりをすることにより、不順天候下でも安定した栽培が出来ると言われている。

水稻を化学肥料のみ、化学肥料と堆肥1t、化学肥料と稲わらを施用して栽培した昭和50年から継続調査の結果をみると、不作年次である昭和51年、昭和55年、昭和63年には、化学肥料のみで栽培した場合より堆肥や稲わらを施用した場合が多収であった。しかし、平成5年の冷害時には、減収しており、必ずしも不順天候に強くなるわけではない。不作年次以外でも、堆肥の肥料効果により増収しており、不作年次の増収も、窒素の多施用による可能性もある。

また、不順天候年次以外において、化学肥料のみで栽培した場合より堆肥や稲わらを用いた場合で減収することもある。これは、倒伏による影響であり、追肥の削減などが必要となる。

(オ) 土壌病害の低減

有機物を施用することにより、土壌微生物の種類、量が増加し、拮抗作用により、病害菌の増殖が抑えられ、病害の発生を低減することができるといわれている。効果を発揮している場合もあるが、反対に特定菌の増殖を助け、菌の構成比率が変化し病害が発生する場合がある。

土壌病害が発生するようであれば、施用法の検討が必要であろう。

(カ) 作物の品質の向上

有機農産物は食味が良いという話がある。これは、水分や低肥料によるストレスで糖やビタミン類が多くなるためとか、堆肥により窒素が緩効的に供給されるため硝酸態窒素濃度が低下するためと言われている。

しかし、必ずしも品質が向上するわけではなく、低下する場合もあり、品質への影響については明確ではない。

ウ 堆肥の原料と肥効について

堆肥は、様々な特性のある有機物を混合して製造するため、原料の性質の平均的な性格になる。例えば、おがくずがほとんどで、牛ふんが少量の堆肥では、窒素の取り込みがおこり、反対におがくずが極少量しか含まれないものは、牛ふんだけの堆肥にきわめて近い肥効を示

す。

<牛ふん>

牛ふん以外の副資材を用いない堆肥は、適度な分解性があり、ほどほどな肥料的効果と、土壌改良効果がある。牛ふんは水分含量が高いため、副資材を用いない堆肥は少ない。おがくずなどを用いて水分調整した堆肥は、C/N比が高くなり、肥料的効果はやや低く、土づくり効果は高くなるが、十分に腐熟していない場合、窒素飢餓の懸念もあるので注意する。

<豚ふん>

豚ふんは牛ふんに比べ、窒素、リン酸含量が高く、C/N比が低いため、豚ふんだけの堆肥は、肥料的効果が高く、土づくり効果は低い。おがくずなどの副資材を用いて十分に腐熟させたものは、肥料供給量は少なくなるが、土づくり効果が期待できるようになる。

<鶏ふん>

鶏ふんはC/N比が低く、肥料的効果が高く、化学肥料に近い使い方ができる。その反面、土作り効果はほとんど期待出来ない。また、採卵鶏ふん堆肥は特にカルシウム含量が高く、カルシウム過剰にならないよう施用に注意を要する。

<稲わら>

稲わらのC/N比は70前後であり、堆肥化により低下する。家畜ふん堆肥の水分含量調整のために添加される。肥料的効果はやや低いが、土壌改良効果が高く、木質系のようなタンニンなどの生育阻害物質が少なく安心して使える。

<もみ殻>

もみ殻は分解しにくい物であり、単独での堆肥化は難しいため、家畜ふん尿などの窒素源と混合して堆肥化される。堆肥の肥効は、混合された窒素源に依存する。また、もみ殻自体が嵩張るため、土壌の通気性、排水性の改善効果があり、分解性が低いため、物理性改善効果が長期間持続する。

<おがくず>

もみ殻同様分解しにくく、家畜ふん堆肥の水分調整目的で添加される。おがくずを大量に添加した堆肥は、肥料的効果は低く、土づくり効果は高い。また、未熟な物ほど窒素吸収量が多く窒素飢餓に陥りやすいので注意する。

<剪定枝>

原料の形状上保水性が低く、製造時の水分管理が難しく、C/N比が高く分解しにくい。そのため、他の窒素源と混合される。そのため、品質が安定しにくく、特に分解不十分な場合の窒素飢餓に注意する。C/N比が高いため土づくり効果が高い。

<バーク>

樹木の樹皮であり、分解しにくく、植物根へ障害を与えるフェノール酸類を多く含む。フェノール酸類を減少させるため、堆肥化に時間がかかる。また、単独では分解しにくく、窒素源を必要とする。窒素源を加えて堆肥化を行うことによりC/N比は調整できるが、難分解性有機物が多量に残り、何年もかけて分解が進む。そのため、土壌中無機態窒素濃度が低下する栽培中期に、窒素飢餓の症状が発生する場合がある。作物の状態を確認しながら、窒素の追肥を行う必要がある。バークは通気性保水性が良く、土づくり効果が期待できる。

<農業集落排水汚泥>

排水の浄化では、微生物が中心となって排水中の有機物を分解しているが、その微生物及びその死骸が沈殿したものが汚泥である。農業集落排水汚泥の特徴は、C/N比が低く肥料効果が期待できるが、土づくりの効果は低い。家畜ふんに比べて窒素、リン酸含有量は高いが、カリの含有量は低い。

なお、もみ殻、米ぬか、家畜ふん等の副資材を加えることにより土づくり効果が期待できるとともに、重金属含有量も低下する。

<生ごみ>

家庭から出る生ごみは、条件により異なるが、易分解性の有機物であり、肥料的効果が期待できるが土づくり効果は低い。飲食店などの食べ残し中心の生ごみの場合、分解し

くく、植物へ悪影響を与える油が多い場合や、ナトリウム含量が高い恐れがある。実際の調査では、問題ないとの結果がでていますが、原料による変動が大きいので、初めて使う際には注意する。

また、家庭用生ごみ処理機で製造した堆肥は発酵が十分に行われずに脱水された物がある。ほ場に施用すると急激に分解が進むことがあるので注意する。

エ 堆肥化の目的

堆肥化の目的は、第1に使用者にとって取り扱いやすく、衛生面でも安全なものにすることである。有機物は新鮮なものでは悪臭が強く、汚物感を伴うものがあり、また水分が多いなど搬送・貯蔵・施用などの作業性の面からみてきわめて取り扱いにくい。堆肥化処理によって悪臭は減少し、水分も低下して取り扱いやすくなる。

また、有機物の種類によっては病原菌や寄生虫の卵などが含まれるなどの衛生上の問題や雑草の種子が含まれることがある。しかし、堆肥化に伴って発生する発酵熱によって堆積物の温度が70～80程度にまで上がれば、これらの病原菌、寄生虫卵、雑草の種子などを死滅させることが可能となる。

第2は、作物の生育にとって安全なものにすることである。新鮮有機物を多量に施用した場合には、土壌環境が悪化し作物が生育障害を起こす危険性があるので、堆肥化を行なって充分腐熟させ、有機物に含まれる易分解性有機物や生育阻害物質を分解しておくことが必要である。

オ 堆肥の品質基準

堆肥は、養分供給や土壌改良の効果を期待し土壌へ施用するが、作物の生育や土壌環境保全の面から堆肥の品質基準が設定されている。これは、「有機質肥料等推奨基準に係る認証要領」(全国農業協同組合中央会)により、平成3年度から5年度にわたり農林水産省補助事業として全国農業中央会内に設置された研究会によって堆肥等の品質基準が提案されたものである。

本県の有機性資源として上げられている堆肥については、以下に品質基準を示す。

[共通基準]

ヒ素、カドミウム、水銀の濃度が、それぞれ乾物当たり50ppm、5ppm、2ppm以下であること。(平成11年に改正した肥料取締法では、堆肥のうち汚泥肥料に対しての規制となっている。)

植物の生育に異常がないこと。この検定法には、コマツナによる幼植物試験をすることが望ましい。(平成11年に改正した肥料取締法では、堆肥のうち汚泥肥料に対しての規制となっている。)

乾物当たりの銅及び亜鉛の濃度が、それぞれ600ppm、1,800ppm以下であること。

表3-2 種類別品質基準

| | 家畜ふん 堆肥 | パーク 堆肥 | 食品工業汚泥 堆肥 | 下水汚泥 | し尿処理 汚泥 |
|--------------|------------|-----------|--------------|--------|------------|
| 有機物(乾物) | 60%以上 | 70%以上 | 40%以上 | 35%以上 | 35%以上 |
| C/N比 | 30以下 | 40以下 | 10以下 | 20以下 | 20以下 |
| 窒素全量(乾物) | 1%以上 | 1%以上 | 2.5%以上 | 1.5%以上 | 2%以上 |
| 無機態窒素(乾物) | - | 25mg以上 | - | - | - |
| リン酸全量(乾物) | 1%以上 | - | 2%以上 | 2%以上 | 2%以上 |
| カリ全量(乾物) | 1%以上 | - | - | - | - |
| アルカリ分(乾物) | - | - | 25%以下 | 25%以下 | 25%以下 |
| 水分 | 70%以下 | 60%以下 | 50%以下 | 50%以下 | 50%以下 |
| pH(現物) | 8.5以下 | - | 8.5以下 | 8.5以下 | 8.5以下 |
| EC(現物) | 5mS/cm以下 | 3mS/cm以下 | - | - | - |
| CEC(乾物100g当) | - | 70meq以上 | - | - | - |

全国農業協同組合中央会「有機質肥料等品質保全研究会報告書」より作成

| | |
|--|--|
| [付記事項] | |
| バーク堆肥 | |
| <ul style="list-style-type: none"> 堆肥の製造には6ヶ月以上、数回の切り返しに伴う堆積を行うことが望ましい。 陽イオン交換容量の基準値は、腐熟度の指標を示すものである。 | |
| 下水汚泥堆肥 | |
| <ul style="list-style-type: none"> 堆肥の製造には、発酵過程で65℃が2日間以上保たれ、かつ、2週間以上の好気発酵を経ること、特に副資材として木質資材を用いた場合には、さらに2ヶ月以上の通気たい積を行うことが望ましい。 凝集剤としてアルカリ分を含有するもの以外のものを用いた肥料にあっては、品質基準項目のうちアルカリ分の表示を省略できる。 | |
| 家畜ふん堆肥 | |
| <ul style="list-style-type: none"> 堆肥の製造には3ヶ月以上、数回の切り返しを伴うたい積を行うことが望ましい。 | |

バーク堆肥については、全国バーク堆肥工業会が独自にランク別の品質基準を設定している(表3-3)。前述の「有機質肥料等推奨基準」のバーク堆肥より詳しく設定しているので、注意を払いたいときは参考になる。

また、バーク堆肥の簡単な品質の見分け方は、色が暗褐色か黒褐色、木の香りや腐敗臭、刺激臭がなく、小片を指でねじってもろく崩れるものが腐熟の進んだ良質のバーク堆肥である可能性が高い。

一方、腐熟度以外に注意しなければならないのは、乾燥害である。バークには撥水性があることから、一度乾燥すると水を補給してもはじくので、多量施用や保水性の低い土壤に施用する際は乾燥害に注意が必要である。

表3-3 バーク堆肥の品質基準(全国バーク堆肥工業会)

| 項目* | 特級 | 1級 | 2級 |
|--------------------------------------|----------------|------------|---------|
| 水分 | 60%前後 | 60%前後 | 60%前後 |
| pH(H ₂ O) | 6.0~7.5 | 6.0~7.5 | 6.0~7.0 |
| 全炭素(T-C) | 40~45% | 45~50% | 45~50% |
| 全窒素(T-N) | 1.7%以上 | 1.7~1.2%以上 | 1.2%以下 |
| 炭素率(C/N) | 20~25 | 30前後 | 35以下 |
| 全リン酸(P ₂ O ₅) | 0.8%以上 | 0.8~0.5%以上 | 0.5%以上 |
| 全カリ(K ₂ O) | 0.5~0.3% | 0.5~0.3% | 0.3%以下 |
| 石灰(CaO) | 5%以上 | 5~4% | 4%以下 |
| 苦土(MgO) | 0.3%以上 | 0.3~0.2% | 0.2%以下 |
| 陽イオン交換容量(CEC) | 80meq以上 | 80~70meq | 70meq以下 |
| 幼植物テスト | 生育障害・異常を認めないこと | | |

注) *: 乾物あたり、**: 乾物100gあたり

カ 堆肥の施用量

堆肥の性質は、家畜ふんの種類やおがくずなど材料によって大きく異なるので、施用する目的によって種類を選ぶ必要がある。表3-4には各種有機物の分解特性と施用効果について示したものである。有機物の分解速度や作物や土壤への施用効果は材料やC/N比でおおまかに推定することが可能である。

家畜ふんを材料とした堆肥は肥料効果が期待されるものの、堆肥が未熟であったり、材料に分解の非常に遅いおがくずが使用されていると、施用初期に窒素の取り込みが起ころ期待した肥効が得られないことがある。このようなことから、堆肥施用にあたっては、腐熟度とともに量について考慮することが大切である。

堆肥の施用量として、家畜ふん堆肥についての標準量を農水省農業研究センターでとりまとめたものが表3-5である。関東東海地域の堆肥とあるが本県の標準量としても適用でき

る。特に施用の上限量が参考になる。

表3-6は、農業集落排水汚泥を原料とする肥料の施用量を示したものである。施用量の決定にあたっては、施用量の上限值の他、肥料成分から算定される施用量、p43の有機物の重金属からの許容連用年数から算定する。なお、詳細については、「福島県農業集落排水汚泥利用マニュアル(平成18年3月)」を参照してください。

表3-7は、野菜に対する家畜ふん堆肥等の施用量を、野菜の施肥レベルごとに基準を設定している。野菜については、肥料のみならず堆肥についても多施用の傾向にある。堆肥の施用についても作物の生育や収量への影響や環境への負荷軽減の観点から考慮することが重要である。

表3-4 有機物の分解特性と施用効果(志賀を一部改変)

| 初年目の分解速度 | | 有機物例 | 施用・効果 | | | 連用による N吸収増加 |
|----------|----------------------|--------------------------|----------|------|-------|----------------|
| C/N分解速度 | | | 肥料的 | 肥沃度増 | 有機物集積 | |
| 放出群 | N 速やか (年60~90%) | 鶏ふん、ナタネ粕 (C/N比10前後) | | | | |
| | 中速 (年30~60%) | 牛ふん、豚ふん (C/N比10~20) | | | | |
| | ゆっくり (年10~30%) | 通常の堆肥類 (C/N比10~20) | ~ | | | |
| | 非常にゆっくり (年0~10%) | 分解の遅い堆肥類 (C/N比20~30) | | | | |
| とりみ群 | N 速やか (年60~80%) | わら類 (C/N比50~100) | 初期 後半 | | | |
| | 中速~ゆっくり (年20~60%) | 水稻根、未熟堆肥 (C/N比20~140) | 初期 後半 | | | ~ |
| | 非常にゆっくり (年0~20%) | おがくずなど (C/N比200~) | | | | ~ |

:大 :中 :少 :マイナス

表3-5 関東東海地域の堆肥の施用基準総括表(t/10a)
(農林水産省農業研究センター 1985)

| 堆肥の種別 | 水 稻 | 普通作 | 野 菜 | 飼料作 | 果 樹 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 稲わら堆肥 | 0.5~2.0 | 0.3~4.0 | 0.5~5.0 | 1.0~5.0 | 1.0~7.0 |
| 乾燥牛ふん堆肥 | 0.3~2.0 | 0.1~2.0 | 0.3~3.0 | 3.0~5.0 | 0.6~4.0 |
| 乾燥豚ふん堆肥 | 0.2~1.5 | 0.1~1.0 | 0.2~2.0 | 2.0 | 0.2~2.0 |
| 乾燥鶏ふん堆肥 | 0.1~0.2 | 0.1~0.5 | 0.1~1.0 | 0.3~1.0 | 0.2~0.8 |
| 木質牛ふん堆肥 | 1.0~2.5 | 1.5~4.0 | 1.0~5.0 | 4.0~6.0 | 1.0~7.0 |
| 木質豚ふん堆肥 | 0.5~1.5 | 0.5~2.0 | 1.0~4.0 | 2.0~4.0 | 0.5~5.0 |
| 木質鶏ふん堆肥 | 0.5~1.0 | 0.2~1.0 | 1.0~4.0 | 1.0 | 1.0 |

表3 - 6 汚泥肥料形態毎の施用量上限値

| | 汚泥肥料の形態 | | | |
|-------|--|-----|------------------|-------|
| | 乾燥汚泥 副資材無添加コンポスト 副資材添加(汚泥主体)コンポスト 副資材添加(豚糞、鶏糞主体)コンポスト | | 副資材添加(牛糞主体)コンポスト | |
| | 乾物 | 現物 | 乾物 | 現物 |
| | 畑地 | 300 | 500 | 600 |
| 樹園地 | 200 | 330 | 400 | 660 |
| 花木・緑地 | 500 | 830 | 1,000 | 1,660 |
| 水田 | 150 | 250 | 300 | 500 |

注) 現物の含水率は40%とした
福島県農業集落排水汚泥利用マニュアル(平成18年3月)より

表3 - 7 連用を前提とした野菜に対する家畜ふん等の施用基準

(t/10a、湯村 1983)

| 野菜の種類 | 牛ふん | | | 豚ふん | | | 鶏ふん | |
|-------|---------|------------|--------------------|---------|------------|--------------------|------------|--------------------|
| | 牛ふん | 乾燥* 牛ふん | おがくず* 牛ふん 堆肥 | 豚ふん | 乾燥* 豚ふん | おがくず* 豚ふん 堆肥 | 乾燥* 鶏ふん | おがくず* 鶏ふん 堆肥 |
| 少肥型 | 2.0~4.0 | 0.4~0.8 | 1.0~2.0 | 1.0~2.0 | 0.3~0.4 | 1.0~2.0 | 0.2~0.3 | 0.4~1.0 |
| 中肥型 | 3.0~5.0 | 0.6~1.2 | 1.3~2.5 | 1.3~2.5 | 0.4~0.6 | 1.2~2.5 | 0.3~0.4 | 0.6~1.5 |
| 多肥型 | 4.0~6.0 | 0.8~1.5 | 2.0~4.0 | 2.0~4.0 | 0.5~0.8 | 1.7~3.5 | 0.4~0.5 | 1.0~2.0 |

注) 化学肥料施用量は基準量の30%減とする。ただし、*の材質では多い側の量を施用するときには、カリを60%減とする。

少肥型: ダイコン、サトイモ、ジャガイモ、ホウレンソウなど(窒素、カリ基準量20kg/10a以下の場合)

中肥型: ショウガ、キャベツ、レタス、トマト、スイカなど(窒素、カリ基準量25kg/10a前後の場合)

多肥型: ナス、ピーマン、キュウリなど(窒素、カリ基準量、30~35kg/10aの場合)

施設栽培では鶏ふん類、豚ふん類は上記の2分の1、牛ふん類は3分の2とする。とくに周年施設では土壌診断の結果等を参考にして、養分の均衡を保つよう化学肥料の減肥、資材の種類変更などを行う。

キ 有機物施用に伴う化学肥料の減肥について

かつて有機物は、稲わら堆肥や落葉堆肥に代表されるように、養分は少なく主に土壌の物理性改善に効果がある有機物を使用していたが、最近では家畜排せつ物や下水汚泥、食品廃棄物など肥料養分が多い有機物が多くなっていることから、施用に際しては、有機物に含まれる養分を加味した利用を行う必要がある。

例えば、C/N比が低く窒素含量が高い有機物は、分解が早く放出される成分量も多いので、化学肥料に類似した速効的な効果が大きくなる。しかし、C/N比が高まるにつれて、分解が遅れるとともに、1作期間に溶出する成分量は少なくなり肥料効果も小さくなる。

表3 - 8に有機物ごとに目安となる養分の特徴を示した(有機物が保有する養分量は「成分量」、作物が利用できる肥料養分として1作期間に供給される養分量を「有効成分量」、成分量に対する有効成分量の割合を「有効化率」という)。

これをみると、基本となる有機物に混合される副資材の種類と量によって、分解して供給される養分(有効成分)量は大きく異なる。例えば、1年間に豚ふん堆肥1tから供給される窒素、リン酸、カリは、それぞれ14kg、35kg、19kgであるが、副資材としておがくずを混合した豚ふん堆肥1tから供給される窒素、リン酸、カリは、それぞれ4kg、18kg、13kgと大きく減少する。

資源循環型農業においては、従来は無視しがちであったこれら堆肥の肥料成分についても考慮した施肥設計を行う必要がある。

また、堆肥は、副資材の量や堆積条件によって有機物の成分にばらつきが大きいことから、使用する有機物の成分量(kg/現物 t)を分析し、その値を基に下記のように有効化率(%)から有効成分量(kg/現物 t)を計算し、有効成分量を施肥量から減肥するような施肥設計を立てるのがよい。

| | | | |
|------------------------------|--------------|---------------|-------------|
| 1. 牛ふん堆肥で窒素成分量が 11 kgであった場合： | | | |
| (有機物施用量) | (窒素成分量) | (有効化率%) | (窒素有効成分量) |
| 1 t | × 11kg / 1 t | × 20(%) / 100 | = 2.2 kg/t |
| 2. 鶏ふん堆肥で窒素成分量が 28 kgであった場合： | | | |
| (有機物施用量) | (窒素成分量) | (有効化率%) | (窒素有効成分量) |
| 1 t | × 28kg / 1 t | × 60(%) / 100 | = 16.8 kg/t |

なお、ここで示したのは作物の生育に最も大きく影響する窒素についてであるが、他の三要素成分であるリン酸やカリウムは有効化率が窒素に比べ高いことから、後述する施用にあたっての留意事項に述べる塩基バランスや養分集積等の問題を引き起こす可能性が高まることから、特に多施用や連用する場合はリン酸やカリウムについても減量することが必要である。

表3 - 8 各種有機物 1 t に含まれる成分量と 1 年間の有効成分量

| 種別 | 有機物名 | 成分量 (kg/現物 t) * | | | | | | 有効成分量(kg/現物 t) | | | 有効化率 (%) ** | | |
|--------|---------|-----------------|----|-----|------|-----|----|----------------|-----|------|-------------|-----|------|
| | | 水分(%) | 窒素 | リン酸 | カリウム | 石灰 | 苦土 | 窒素 | リン酸 | カリウム | 窒素 | リン酸 | カリウム |
| 家畜ふん堆肥 | 牛ふん | 50 | 11 | 15 | 15 | 21 | 7 | 2 | 9 | 13 | 20 | 60 | 90 |
| | 豚ふん | 29 | 27 | 50 | 21 | 45 | 18 | 14 | 35 | 19 | 50 | 70 | 90 |
| | 鶏ふん | 20 | 28 | 59 | 31 | 127 | 18 | 17 | 41 | 28 | 60 | 70 | 90 |
| 木質混合堆肥 | 牛ふん | 58 | 8 | 10 | 11 | 11 | 5 | 1 | 5 | 10 | 10 | 50 | 90 |
| | 豚ふん | 44 | 14 | 30 | 15 | 29 | 8 | 4 | 18 | 13 | 30 | 60 | 90 |
| | 鶏ふん | 37 | 23 | 38 | 20 | 40 | 17 | 7 | 23 | 18 | 30 | 60 | 90 |
| その他の堆肥 | 稲わら | 75 | 4 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 30 | 50 | 90 |
| | 剪定くず | 64 | 5 | 1 | 2 | 10 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 50 | 90 |
| | パーク | 61 | 5 | 3 | 3 | 21 | 9 | 0 | 2 | 3 | 0 | 50 | 90 |
| | モミガラ | 55 | 5 | 6 | 5 | 7 | 1 | 1 | 3 | 4 | 20 | 50 | 90 |
| | 都市ゴミ | 47 | 9 | 5 | 5 | 24 | 3 | 3 | 3 | 4 | 30 | 60 | 90 |
| | 下水汚泥堆積物 | 58 | 15 | 22 | 1 | 43 | 5 | 12 | 15 | 1 | 60 | 70 | 90 |
| | 食品産業廃棄物 | 63 | 14 | 10 | 4 | 18 | 3 | 10 | 7 | 3 | 70 | 70 | 90 |
| 緑肥 | レンゲ | 77 | 6 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 30 | 50 | 90 |
| | ソルゴー | 80 | 3 | 1 | 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | 20 | 50 | 90 |
| | イソアライグマ | 78 | 4 | 1 | 7 | 2 | 1 | 1 | 1 | 6 | 30 | 50 | 90 |
| | トウモロコシ | 81 | 4 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 30 | 50 | 90 |

*)成分量、有効成分量は、神奈川県(1994、2001)を参考に作成した。

**)有効化率は、神奈川県(1994、2001)及び千葉県(2001)を参考に作成した。

ク 堆肥施用量算出の方法(参考)

国が実施している堆肥施用コディネーター養成研修では、以下の手順によって施用量の算出法を示している。ここでは、堆肥による窒素の代替率(全窒素施肥量のうち堆肥によって代替できる窒素量の割合)を30%と設定し、堆肥施用量を算出している。あらかじめ適正な堆肥による窒素の代替率が決定できる場合は、堆肥の最大施用量が算出できるので参考になる。

飼料作物について以下に示す。

(ア) 施用量算出の考え方と手順

- ① 家畜ふん堆肥は、基肥施用における養分供給源として位置づける。
- ② 施肥基準や土壌診断に基づき堆肥と化学肥料の併用量を算出する。
- ③ 次に、窒素で計算した併用量でリン酸、カリウム量の超過があれば堆肥施用量を減量補正する。
- ④ 最後に算出した堆肥施用を行った場合の総窒素施用量が環境負荷を生ずる恐れがないかを検討する。

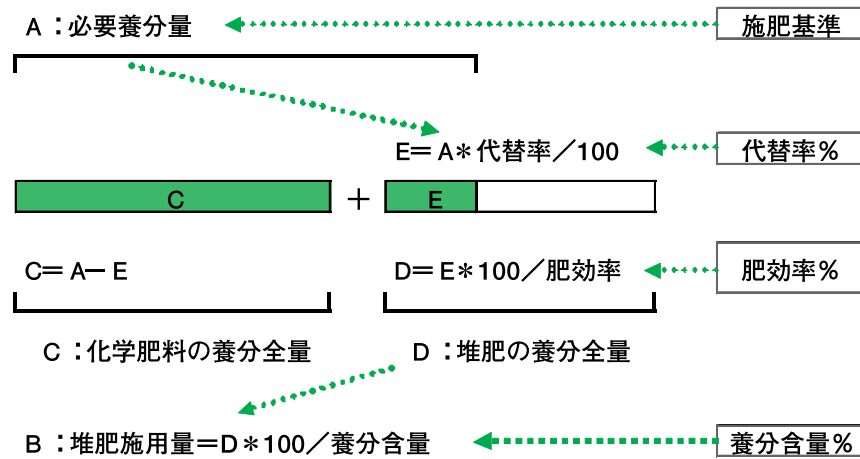


図3-2 堆肥施用量算出の考え方と手順 (出典:表3-9に同)

(イ) 牛ふん堆肥の施用量の算出例 (飼料用トウモロコシの場合)

- ① 草地試験場が提案した施肥基準(表3-9)では、予想収量56~60 t/ha のとき、化成肥料換算の必要施肥量(科学肥料のみで栽培する場合の必要量)は、
 $N-P_2O_5-K_2O=200-180-200\text{kg/ha}$ …… (A)
- ② 窒素について、堆肥と化学肥料の併用量を算出する。
 はじめに、牛ふん堆肥を用い窒素代替率を表3-10、11 から窒素含有率(有効化率)を30%と設定すると、

$$\text{家畜ふん堆肥 必要窒素} \frac{\text{代替率}(\%)}{100} \times \frac{100}{\text{堆肥の窒素含有率}(\%)} \times \frac{100}{\text{窒素の肥効率}(\%)} \\ \text{施用量}(\text{kg/ha}) = \text{施用量}(\text{kg/ha})$$

即ち、家畜ふん堆肥施用量は

$$35,087\text{kg/ha} = 200\text{kg/ha} \times \frac{30}{100} \times \frac{100}{0.57} \times \frac{100}{30} \\ (35.1 \text{ t/ha})$$

- ③ リン酸、カリウム量のバランスからみた施用量の補正を行う。
 算出した家畜ふん堆肥施用量35.1 t/ha 中の各成分量は、
 $N-P_2O_5-K_2O=60-110-202\text{kg/ha}$ となる。
 その結果、はじめの化成肥料換算の必要施肥量(化成肥料のみで栽培する場合の必要量)
 $N-P_2O_5-K_2O=200-180-200\text{kg/ha}$ …… (A) と比較すると、
 家畜ふん堆肥施用量 35.1 t/ha を施用した場合に併用する化学肥料量は、
 $N-P_2O_5-K_2O=140-70-0\text{kg/ha}$ …… (B) と計算される。

なお、リン酸またはカリウムで計算された化学肥料量 (B) が (A) を大きく超過する

場合には、超過したリン酸またはカリウムについて、併用する化学肥料量（B）がゼロとなるように再度家畜ふん堆肥施用量を計算し直して堆肥施用量を求め、最後に併用する化学肥料量の三成分量を再度算出する。

表3-9 飼料作物の予想収量に対する肥料三要素の必要量

| 草種 | 予想収量 (t/ha) | 必要肥料量(kg/ha) | | | 造成後の年間施肥量(3~4回刈) |
|--------|----------------|--------------|-------------------------------|------------------|------------------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | |
| イネ科牧草 | 50~60 | 200 | 100 | 200 | |
| 混播牧草 | 50~60 | 120 | 100 | 200 | |
| トウモロコシ | 50~60 | 200 | 180 | 200 | |

畜産環境アドバイザー養成研修資料、畜産環境整備機構(2004)

表3-10 堆きゅう肥等の肥料成分含有率(現物中%)

| | | 水分 | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO |
|---|--------|------|------|-------------------------------|------------------|-------|------|
| 牛 | 堆肥 | 72.8 | 0.57 | 0.52 | 0.64 | 0.61 | 0.23 |
| 牛 | 液状きゅう肥 | 91.0 | 0.34 | 0.20 | 0.42 | 0.26 | 0.11 |
| 豚 | 堆肥 | 62.1 | 1.00 | 1.33 | 0.65 | 0.93 | 0.38 |
| 鶏 | 乾燥ふん | 16.6 | 3.20 | 5.30 | 2.69 | 10.17 | 1.20 |

(同上)

表3-11 家畜ふん堆肥等の成分の肥効率(%)

| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|---|--------|----|-------------------------------|------------------|
| 牛 | 堆肥 | 30 | 60 | 90 |
| 牛 | 液状きゅう肥 | 55 | 60 | 95 |
| 豚 | 堆肥 | 50 | 60 | 90 |
| 鶏 | 乾燥ふん | 70 | 70 | 90 |

注)化学肥料の肥効を100とした場合の肥効率を示す(同上)

表3-12 飼料用トウモロコシに対する家畜ふん堆肥の施用量の計算例

| 種類 | 必要施肥量(化学肥料換算)(kg/ha) | 堆肥による窒素代替率(%) | 堆肥による代替窒素量(kg/ha) | 堆肥のN肥効率(%) | 代替に必要な堆肥のN量(kg/ha) | 堆肥のN含有率(%) | 堆肥の施用量(kg/ha) | 併用する化学肥料のN量(kg/ha) | 総窒素量(kg/ha) | 堆肥由来有効P ₂ O ₅ | 堆肥由来有効K ₂ O | 併用する肥料のP ₂ O ₅ 量(kg/ha) | 併用する肥料のK ₂ O量(kg/ha) |
|-------|----------------------|---------------|-------------------|------------|--------------------|------------|---------------|--------------------|-------------|-------------------------------------|------------------------|---|---------------------------------|
| 牛ふん堆肥 | 200 | 30 | 60 | 30 | 200 | 0.57 | 35.1 | 140 | 340 | 110 | 202 | 70 | 0 |
| 豚ふん堆肥 | 200 | 60 | 120 | 50 | 240 | 1.00 | 24.0 | 80 | 320 | 192 | 140 | 0 | 60 |
| 鶏ふん堆肥 | 200 | 60 | 120 | 70 | 171 | 3.20 | 5.3 | 80 | 251 | 197 | 128 | 0 | 72 |

(同上)

(3) 堆肥施用にあたっての留意事項

ア 未熟堆肥の障害

未熟な堆肥を用いると作物に障害を与えやすいので、農耕地に施用する堆肥は十分腐熟し作物の生育障害を起こさないことが重要となる。したがって、堆肥を供給する畜産農家や地域の堆肥センターなどからよく腐熟した堆肥を耕種農家は利用することが基本となる。

堆肥には多くの種類があるが、C/N比や材料により以下のように特徴や注意点が整理できる。

(ア) 水田

水田は湛水条件下であるため施用された堆肥の腐熟度が不十分な場合、堆肥に含まれる易分解性有機物が土壌中で急激に分解され強還元状態となり、嫌氣的な分解により生成さ

れる酢酸、ギ酸などの有機酸やフェノール性酸などが水稻への生育障害や根ぐされを起こす。このことから、水田への堆肥施用の際、腐熟度に最も注意を払う必要がある。

C/N比が高く未熟な有機物の場合は、上記の土壤還元障害に注意が必要である。さらに、土壤や堆肥中の窒素を取り込みにより窒素欠乏が起こり、作物の生育不良などが発生する。対策としては、中干しや窒素の追肥が効果的である。

C/N比の低い有機物であっても、腐熟度が不十分な場合は、土壤還元障害への注意が必要である。対策としては、中干しであるが、あらかじめ未熟であることがわかっている場合は、堆肥施用直後の移植を避け、2週間以上間をあける必要がある。

また、おがくずや樹皮などの木質を混合した堆肥は、分解速度が極端に遅いことから完熟に長い時間を要することや、木質に含まれるフェノール類やタンニンなどの生育阻害物質が分解中に発生し、水稻に生育障害が起こる可能性があることから、十分に完熟であることが確認されるもの以外は、水田への使用はなるべく控えたほうがよい

(イ) 畑地

C/N比の高い有機物の場合、分解の過程で土壤や堆肥中の窒素を取り込みにより窒素欠乏が起こり、作物の生育不良などが発生する。対策としては、C/N比20以下となるよう窒素の追肥が効果的である。

C/N比の低い有機物の場合は、分解により有機態窒素の無機化が急激に起こり土壤中の無機態窒素の濃度が高くなってアンモニアガスなどによって作物に生育障害を起こす。対策としては、堆肥施用直後の作付を避け、2週間以上間をあける必要がある。

また、おがくずや樹皮などの木質を混合した堆肥を使用する場合、木質に含まれるフェノール類やタンニンなどの生育阻害物質が分解中に発生し、作物に生育障害が起こる。対策としては、堆肥施用後1ヶ月以上の間をあけて作付する必要がある。

(ウ) 堆肥の腐熟判定

未熟な堆肥を施用すると以上のような障害が起こる可能性が高いことから、あらかじめ施用前に腐熟を判定することが重要である。

もし、未熟であれば再度、堆積を続けて追熟することが必要である。

なお、施用する堆肥の腐熟度を現場で簡易に判定できる方法及び評点法により判定できる方法(表3-13)は以下のとおりである。

| | |
|--|--|
| [堆肥の簡易腐熟判定法] | |
| 混在しているワラや草類、おがくずなどを取り出し、指でねじったときに、簡単に崩れたりちぎれる場合は完熟。そうでない場合は未熟。 | |
| 強いアンモニア臭や悪臭のあるものは未熟。堆肥臭のするものは完熟。 | |

表3-13 評点法による腐熟度判定基準(原田 1983)

| | |
|-------------|---|
| 色 | 黄~黄褐色(2)、褐色(5)、黒褐色~黒色(10) |
| 形 状 | 現物の形状をとどめる(2)、かなり崩れる(5)、ほとんど認めない(10) |
| 臭 気 | ふん尿臭強い(2)、ふん尿臭弱い(5)、堆肥臭(10) |
| 水 分 | 強くにぎると指の間からしたたる(2)、強くにぎると手のひらにかなりつく(5)、強くにぎっても手のひらにあまりつかない(10) |
| 堆積中の最高温度 | 50 以下(2)、50~60 (10)、60~70 (15)、70 以上(20) |
| 堆 積 期 間 | 家畜ふんのみ : 20日以内(2)、20日~2ヵ月(10)、2ヵ月以上(20) 作物残さと混合 : 20日以内(2)、20日~3ヵ月(10)、3ヵ月以上(20) 木質と混合 : 20日以内(2)、20日~6ヵ月(10)、6ヵ月以上(20) |
| 切 り 返 し 回 数 | 2回以下(2)、3~6回(5)、7回以上(10) |
| 強 制 通 気 | なし(0)、あり(10) |

注)()内は点数を示す。

これらの点数を合計して、30点以下を未熟、31~80点を中熟、81点以上を完熟とする。

イ 土壌中の塩基バランスの不均衡（畑地について）

有機物にはカリ、石灰、苦土などの塩基を含んでいるものがあり、畑土壌、特に施設土壌へ施用する場合は、土壌への塩類集積による塩基バランスの不均衡による作物生育への悪影響について注意を払う必要がある。

作物への養分吸収に際しては、カリ、石灰、苦土の間には以下のような拮抗作用がある。

カリが多いと苦土の吸収が抑制される。
 苦土・カリが多いと石灰の吸収が抑制される。
 石灰・苦土が多いとカリの吸収が抑制される。

このような現象は、多肥傾向にある施設土壌などで、石灰、苦土、カリのそれぞれの総量が十分量確保されているにもかかわらず養分欠乏症が発生する場合があります。塩基間のバランスの崩れからの養分の拮抗作用による欠乏症である。

このうち、現場でとくに問題になっているのは、のケースで、カリの過剰による苦土欠乏がトマトやキュウリ、ホウレンソウなどで症状例が多く、症状としては旧葉である下葉の葉脈に黄化が現れ、生育や収量低下につながることが多い。これは、カリが一般的に主要養分として相当量施肥されていることと、カリは塩基のなかで作物に吸収されやすい性質があることに起因する。

また、過剰施肥からの塩基バランスの崩れによる養分欠乏については、有機物の多量施用も大きく影響している。その理由としては、まず、有機物を施用するにあたっては、養分（塩基類）の持込み量が考慮されていないことが多いことである。それから、堆肥など有機物のなかにはカリを多く含むものが多く、かつ、窒素やリン酸と異なりそのほぼ100%が吸収されやすい形態であることである。土づくりのために有機物を多量施用すると、肥料からのカリ量を上回る量が有機物から持ち込まれている場合がある。

さらに、カリの土壌への過剰負荷は作物への影響に限らず窒素（土壌中では最終的に硝酸態窒素の形態となる）と合わさることで溶解性の高い硝酸カリとなり、作土から土壌の下層、地下水、河川、湖沼などの水系へ移行し環境へ負荷をかけることとなる。

したがって、有機物を施用する場合、有機物からの塩基の供給量と土壌の残量と併せた塩基バランスを考慮した施肥設計を立てることが大切である。

一方水田では、湛水処理を行うので基本的には塩類の土壌集積は起こらず、塩基バランス不均衡による作物生育への悪影響の心配はない。ただ、作物への影響はないといっても、塩基の土壌系外への流出による環境負荷の心配はあるので有機物に含まれる塩基を考慮した適正施用を心がける必要がある。

ウ 塩害（畑地について）

(ア) 塩類集積

塩類集積による作物生育への悪影響として、1つは前述の塩基バランスの不均衡による欠乏症であるが、さらに塩類集積が進むと土壌の塩類濃度が高まり、いわゆる『塩づけ』状態となって作物生育が不良になったり枯死したりする。

農地で問題となる塩類とは、主に肥料成分であり、陽イオンではカリ、石灰、苦土、陰イオンでは硝酸、硫酸、塩素を指す。これらの養分は、土壌水中に溶けて土壌溶液となって植物が根から吸収する。しかし、多肥などによって土壌中の養分濃度が高い場合、土壌溶液の塩類濃度も上昇し根痛みを起し養分吸収を抑え生育不良となる（あまり高くなると根の枯死につながる）。

このような塩類集積の解決には、湛水処理による除塩が効果的であるが環境への負荷につながることを認識しておく必要がある。通常の場合は、土壌分析を実施し土壌の残留養分を考慮した施肥を行うことが、肥料の効率的活用につながり環境にやさしいといえる。

(イ) 塩分（塩化ナトリウム）

家畜ふんや食品残渣等を材料とした堆肥を施用するとき、塩分：塩化ナトリウム (NaCl) について注意が必要な場合がある。

表3-14は各県等で公表している家畜ふん堆肥中の塩分データを農林水産省中央農業研究センターでとりまとめたものを示した。同一畜種であっても堆肥ごとに含有量には大きなばらつきが見られる。各家畜ふん堆肥の塩分の平均は、肉牛0.6%、乳牛0.8%、豚1.0%、採卵鶏1.7%、ブロイラー1.0%であった。

このことから、家畜ふん堆肥には塩分濃度は概ね1%含まれているが、この程度の堆肥を露地畑に通常量施用した場合、土壤中の塩分は降雨によって流亡するため直ちに作物への障害が起こるとはいえない。

表3-14 家畜ふん堆肥中の塩分濃度(山口 2002)

ただ、多量の堆肥を連用する場合、特に施設栽培など降雨による流亡のないところでは、土壤中のNaCl含有率が増加し、生育障害等の原因となる可能性がある。このため、施設栽培では、1作当たりの塩分(NaCl)投入量は15kg/10a以下を目安として堆肥を施用する。露地畑であっても30kg/10a以下を目安とする。

| | 試料数 | 塩化ナトリウム(%) | | |
|-------|-----|------------|-----|-----|
| | | 平均 | 最小 | 最大 |
| 肉牛 | 30 | 0.6 | 0.1 | 1.7 |
| 乳牛 | 128 | 0.8 | 0.0 | 2.3 |
| 豚 | 53 | 1.0 | 0.1 | 1.9 |
| 採卵鶏 | 31 | 1.7 | 0.6 | 2.4 |
| ブロイラー | 4 | 1.0 | 0.9 | 1.1 |

注) 各県の公表データによる。

なお、塩分を多く含有する堆肥を長期(5年以上)に連用する場合には、土壌診断により土壤中の塩分濃度を測定することが望ましい。EC測定による塩分の測定も考えられるが、塩分30kg/10a投入時(作土深15cm、土壌の仮比重1.0)の土壌ECの上昇は、わずか0.069mS/cmであることから、EC値を塩分(NaCl)値に読み替えることは難しいので、塩分(NaCl)を測定することが望ましい。

エ 重金属について

「重金属の蓄積を防止するための有機物等の施用指針」(福島県 2003)

土壌へ施用された重金属は一般に土壌に蓄積する性質を有することから、亜鉛等重金属含量の高い有機物の使用に当たっては、農用地への使用は極力避け、公園・道路緑地や街路樹等農業分野以外に使用することが望ましい(図3-3)。ただ、農用地に有機物等を多量に連用する場合、重金属が土壌へ持ち込まれる可能性があることから生活環境への影響を未然に防止するために、以下の指針により対処するものとする。

(ア) 管理基準値について

「農用地における土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準について」(昭和59年11月8日付け環水土第149号環境庁水質保全局長通達)に基づき、土壌(乾土)1キログラムにつき亜鉛120ミリグラム(120ppm:全亜鉛濃度)を超えないようにする必要がある。

亜鉛は、土壌汚染の未然防止を目的に、監視上有効な物質であることから農用地土壌の自然賦存量から亜鉛濃度120ppmの管理基準が定められており、亜鉛を指標にすることは、カドミウムやヒ素など有害物質の蓄積を最小限に抑えることを目的としている。

土壌中の重金属等の蓄積による農産物の安全性を確保するためには、この管理基準を指標として、有機物中の重金属含量や農用地の土壌診断を行うとともに、定期的に農用地のモニタリングを実施しながら有機物施用を行い安全・安心な農作物生産を進めて行く必要がある。

(イ) 有機物施用の際の前提条件

有機物の性状は衛生及び取扱い面、作物生育への影響、安全性等の点から生原料(資源)を直接利用せず、堆肥化処理を行い完熟したもの。

施用する有機物は、肥料取締法に基づき登録または届出があるものであって、含水率、pH及びアルカリ分、肥料成分(窒素、リン酸、カリ、苦土、石灰等)、重金属(亜鉛、銅、カドミウム等)の含有量が明らかにされているもの。

自家製の有機物についても上記の含有量が明らかなもの。

(ウ) 有機物の重金属からの許容連用年数について

土壌への過剰な重金属の蓄積を防止するため、有機物に含まれる亜鉛濃度を指標にし、事前に土壌分析を行って土壌の亜鉛濃度が上記の管理基準値120ppmを超えない範囲内で施用できるよう許容連用年数を次式を用いて計算し、連用の際の有機物使用の目安とする。

許容連用年数を計算するためには、有機物の亜鉛含量や土壌の亜鉛濃度を分析する必要がある。

ただ、有機物の亜鉛濃度や土壌の亜鉛濃度の分析値がない場合は、表3 - 17の各種有機物の重金属含量や表3 - 15の土壌中の重金属バックグラウンド濃度を利用して許容連用年数を試算し、有機物施用にあたっての材料や量、連用年数を決める参考とする。

| |
|---|
| 許容連用年数（年）は、 $\frac{\text{基準値120ppm} - \text{ほ場の亜鉛濃度(ppm)}}{\text{表3 - 16の土壌亜鉛濃度の増加率(ppm/年)}}$ で求められる。 |
|---|

例えば、「ほ場の亜鉛濃度：90ppm、作土深：15cm（仮比重1）」の条件で

例1 亜鉛濃度：800ppm（乾物）の有機物を、年間2 t / 10a（現物：水分60%）で毎年施用すると何年施用が可能か？

亜鉛濃度（乾物）の800ppmの有機物を年間に現物量で年間2 t / 10aを施用すると、年間土壌亜鉛濃度増加率は、表3 - 16から4.27ppm/年となる。

したがって、 $(120\text{ppm} - 90\text{ppm}) / 4.27\text{ppm/年} = 7\text{年}$ となり、7年が許容連用年数となる。

例2 亜鉛濃度：800ppm（乾物）の有機物を年間2 t / 10a（現物：水分60%）を3年間施用した後、亜鉛濃度：200ppm（乾物）の有機物に切り替え、さらに年間施用量を0.5 t / 10aとしたが何年の施用が可能か？

亜鉛濃度（乾物）800ppmの有機物を年間に現物量2 t / 10aを3年間施用した場合の土壌亜鉛濃度は、表3 - 16から土壌亜鉛濃度の増加率は4.27ppm/年となる。

そこで3年間の増加濃度は、 $4.27\text{ppm/年} \times 3\text{年} + 90\text{ppm} = 102.8\text{ppm}$ となる。

の処理の後、亜鉛濃度（乾物）200ppmの有機物を年間0.5 t / 10aの施用量に切り替えた場合の許容連用年数は、

表3 - 16の土壌亜鉛濃度の増加率：0.27ppm/年から、
 $(120\text{ppm} - 102.8\text{ppm}) / 0.27\text{ppm/年} = 64\text{年}$ となり、64年が許容連用年数となる。

以上のように、許容連用年数を増やしたければ、有機物の施用量を減らしたり、亜鉛濃度の低い有機物を使用するようにする。

(エ) 有機物の分析について

使用する有機物の分析は、全窒素、全炭素、C / N比などの一般分析項目に加え、亜鉛、銅、カドミウム等の重金属についても分析を行う。亜鉛については、強酸分解法による全亜鉛含量とする。

分析については、地元JAや農林事務所農業普及部・農業普及所に相談願います。

(オ) 土壌モニタリングについて

定期的なほ場のモニタリングを実施し、地力や重金属等の蓄積状況を調査する必要がある。2、3年に1回は分析するようにする。

土壌モニタリングの内容は、土壌一般分析に加え亜鉛、銅、カドミウム等の重金属についても分析する。土壌中の亜鉛は濃硫酸：濃硝酸：過塩素酸 = (1 : 5 : 20) 分解法により分析する。

分析やモニタリング結果については、地元JAや農林事務所農業普及部・農業普及所に相談願います。

(カ) 有機物利用の記録

土づくりや重金属蓄積状況を確認する目的から、施用した有機物の種類と分析結果、施用量、土壌モニタリング結果等をほ場ごとに記録しておく必要がある。

(キ) 農用地が管理基準120ppmを超えた場合

管理基準値を超えた農用地において有機物を使用する必要がある場合は、重金属含量の低い有機物(表3-17を参考)を使用するようにし、重金属の蓄積を最小限に抑える。同時に土壌のモニタリングの徹底を図ってゆく必要がある。

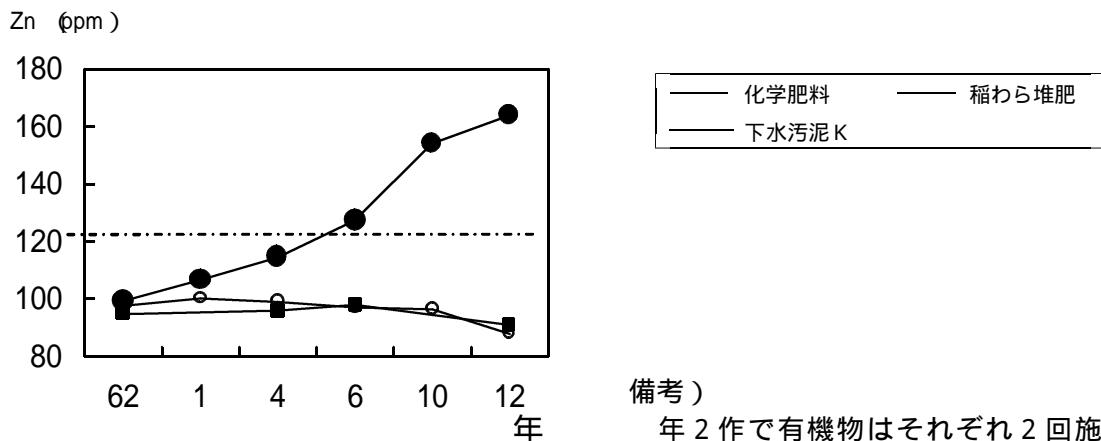


図3-3 土壌全亜鉛濃度の推移 (ほ場連用試験)

備考) 年2作で有機物はそれぞれ2回施用している(稲わら堆肥及び下水汚泥(乾物) 300kg/a/年)

表3-15 土壌中の重金属バックグラウンド濃度(ppm)

| 元素 | 土 壌 | | 花こう岩 | 玄武岩 | 堆積岩 |
|-------|------|----------|------|------|------|
| | 中央値 | 範囲 | | | |
| 亜鉛 | 90 | 1 ~ 900 | 52 | 100 | 95 |
| 銅 | 30 | 2 ~ 250 | 13 | 90 | 33 |
| カドミウム | 0.35 | 0.01 ~ 2 | 0.09 | 0.13 | 0.17 |
| ヒ素 | 6 | 0.1 ~ 40 | 1.5 | 1.5 | 7.7 |

データは、Swaine (1979) による。

表3 - 16 有機物の施用による土壌亜鉛濃度の増加について

| 有機物施用量 (t/10a/年) | 有機物の施用による 土壌亜鉛濃度の増加(ppm/年) | | | | | |
|---------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | 有機物 亜鉛 100ppm | 有機物 亜鉛 200ppm | 有機物 亜鉛 400ppm | 有機物 亜鉛 600ppm | 有機物 亜鉛 800ppm | 有機物 亜鉛 1000ppm |
| 0.1 | 0.03 | 0.05 | 0.11 | 0.16 | 0.21 | 0.27 |
| 0.2 | 0.05 | 0.11 | 0.21 | 0.32 | 0.43 | 0.53 |
| 0.3 | 0.08 | 0.16 | 0.32 | 0.48 | 0.64 | 0.80 |
| 0.4 | 0.11 | 0.21 | 0.43 | 0.64 | 0.85 | 1.07 |
| 0.5 | 0.13 | 0.27 | 0.53 | 0.80 | 1.07 | 1.33 |
| 0.6 | 0.16 | 0.32 | 0.64 | 0.96 | 1.28 | 1.60 |
| 0.7 | 0.19 | 0.37 | 0.75 | 1.12 | 1.49 | 1.87 |
| 0.8 | 0.21 | 0.43 | 0.85 | 1.28 | 1.71 | 2.13 |
| 0.9 | 0.24 | 0.48 | 0.96 | 1.44 | 1.92 | 2.40 |
| 1.0 | 0.27 | 0.53 | 1.07 | 1.60 | 2.13 | 2.67 |
| 2.0 | 0.53 | 1.07 | 2.13 | 3.20 | 4.27 | 5.33 |
| 3.0 | 0.80 | 1.60 | 3.20 | 4.80 | 6.40 | 8.00 |
| 4.0 | 1.07 | 2.13 | 4.27 | 6.40 | 8.53 | 10.67 |
| 5.0 | 1.33 | 2.67 | 5.33 | 8.00 | 10.67 | 13.33 |

有機物施用量は現物量（水分60%）で表示した。

有機物（現物）を作土15cm（土の仮比重1）で施用し、作物への吸収や溶脱をゼロと仮定して算出した。

有機物亜鉛濃度は乾物あたりで表示した。

表3 - 17 各種有機物の重金属含量(乾物あたり)の目安

| 種類 | 水分 (%) | 亜鉛 (ppm) | 銅 (ppm) | カドミウム (ppm) | ヒ素 (ppm) |
|------------|-----------|-------------|------------|----------------|-------------|
| 堆肥 | 75 | 82 | 28 | 0.8 | 2.2 |
| 牛ふん堆肥* | 66 | 158 | 52 | 0.8 | 1.8 |
| 豚ふん堆肥* | 53 | 532 | 363 | 1.0 | 1.6 |
| 鶏ふん堆肥* | 39 | 312 | 53 | 1.8 | 1.4 |
| 農業集落排水汚泥** | 98 | 736 | 450 | 1.6 | 5.6 |
| 都市ゴミコンポスト | 47 | 401 | 51 | 1.1 | 0.8 |
| 食品廃棄物 | 63 | 262 | 74 | 1.0 | 2.0 |
| 下水汚泥 | 58 | 1109 | 187 | 2.8 | 4.6 |

データは農林水産省農産課（1982）による。

*) 水分、亜鉛、銅のデータは、畜産環境技術研究所中間報告(2001)による。

**) 農業集落排水汚泥のデータは、福島県内28地点（1999～2001）の分析データの平均値による。

(4) 稲わらの利活用

ア 稲わらの施用実態

福島県内の水田における有機物の施用実態をみると、堆肥施用面積率は1986年に約40%であったものが2003年には15%以下まで減少した。

一方、稲わら施用面積率は、コンバインの普及に伴い1989年頃から増加し、2003年では県全体で約65%、機械化が進んでいる会津では80%を超えている。

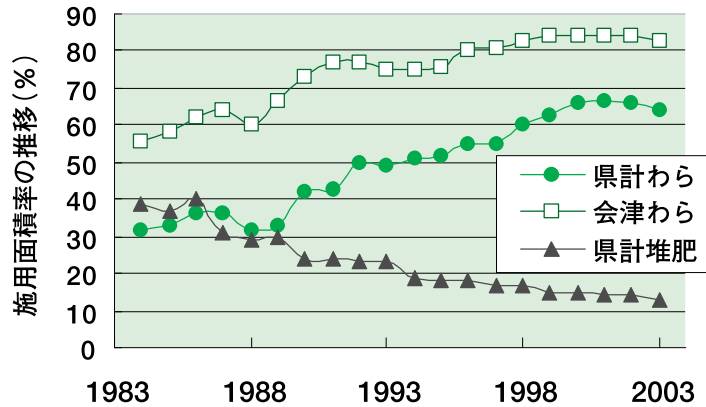


図3-4 稲わらと堆肥の施用面積率の推移
(市町村別稲作生産計画:福島県より作図)

イ 稲わらの施用方法

(ア) 考え方

稲わら施用の効果は、入水時までの稲わらの分解・腐熟の程度によって大きく異なる。すなわち、稲わらの分解・腐熟が進めば堆肥と同等の効果が期待できるが、未分解のままだと還元障害や窒素飢餓状態を引き起こし、水稻生育に悪影響を及ぼすこととなる。

効果的な稲わら施用のポイントは以下の通りである。

(イ) 施用量

稲わらの施用量は、乾田では全量鋤込みが可能であるが、半湿田などの排水不良田では半量程度の鋤込み量とすることが望ましい。非灌漑期にも足跡に水がたまるような水田(湿田)では、稲わらの施用はやめて、堆肥による土づくりを行う。

| 水田の乾湿 | 稲わら施用量 (kg/10a) |
|-------|-----------------|
| 乾田 | 600~700 (全量鋤込み) |
| 半湿田 | 300~400 (半量鋤込み) |
| 湿田 | 施用しない |

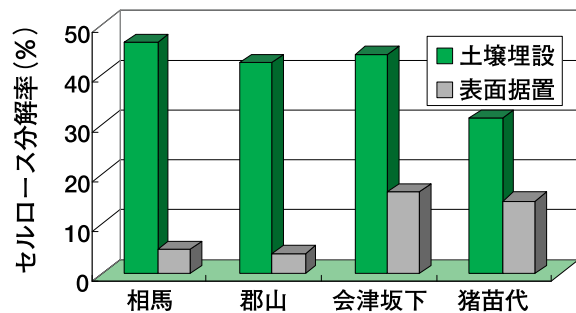


図3-5 土壌埋設の有無とセルロース分解率との関係
(福島農試2000)

(ウ) 鋤込み時期

図3-5は、稲わらの主成分であるセルロース分解が土壌埋設によって大きく促進されることを示している。特に、冬期間乾燥する中通り、浜通りでは、鋤込みによる分解促進効果が大きい。したがって、収穫後できるだけ早く稲わら鋤込みを行うこととする。

(エ) 添加資材

窒素分の添加や塩基の補給によって、稲わらの分解に関与する微生物活性が高まり、稲わらの分解が促進される。図3-6に示した肥料または資材は、いずれも明瞭な分解

促進効果を示した。

稲わらに添加する肥料または資材の施用基準は表3-19の通りである。

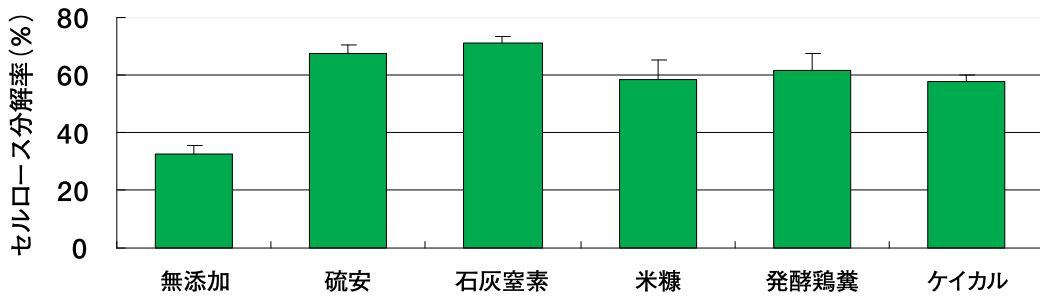


図3-6 添加資材とセルロース分解率との関係

硫安、石灰窒素:10kg/10a、米糠:100kg/10a

発酵鶏糞:63kg/10a、ケイカル:200kg/10a (福島農試2000)

表3-19 稲わらと併用する添加資材の施用基準

| 肥料または資材の名称 | 施用量 (kg/10a) |
|------------|--------------|
| 石灰窒素 | 10～20 |
| 米糠 | 60～120 |
| 発酵鶏糞 | 40～80 |
| ケイカル | 100～200 |
| ようりん | 40～60 |
| ケイカリン | 60～80 |

(5) 家畜尿 (液肥) の利活用

ア 家畜尿 (液肥) の種類と特性

家畜の尿には肥料として有効な窒素やカリウムなどが含まれており、液肥として利用が可能である。

尿中の肥料成分は、表3-20のとおり、窒素及びカリウム含量が多く、リン酸含量は少ない。なお、これらの成分は大部分が無機態の形で含まれており、尿は、即効性の窒素・カリ肥料として化学肥料の代替効果が期待でき、特に追肥に効果的と考えられる。

また、家畜の尿排せつ量は、給与する飼料、飼養条件などにより大きく変動するが、標準的な目安として、一日一頭当たり乳牛 (搾乳牛) で13.4kg、豚 (繁殖豚) で7.0kgとされている。

表3-20 尿の標準的な肥料成分含量 (原物%)

| 種別 | 窒素(N) | リン酸(P ₂ O ₅) | カリ(K ₂ O) |
|----|-------|-------------------------------------|----------------------|
| 牛尿 | 0.8 | 0.1 | 1.2 |
| 豚尿 | 0.5 | 0.1 | 0.2 |

出典：農文協. 畜産環境対策大辞典(1995)

イ 家畜尿 (液肥) の品質基準と施用量

尿を有効に活用するためには、実際に施用する尿の成分含量を把握することが必要である。標準的な成分含量は表3-20のとおりであるが、尿の肥料成分は、ふんや洗浄水の混入によって大きく変動する場合がある。そのため、肥料成分を簡易に推定する方法が提案

されており、現在までにEC（電気伝導度）の測定による推定式が提示されている（表3-21）。

これら肥料の代替として尿の施用量を決定し、不足する成分を化学肥料で補うことが望ましい。

なお、これまで尿の肥効率（施用された成分のうち、作物に利用される成分の割合）は窒素、リン酸及びカリの各成分とも100%として考えられてきたが、草地への施用において、アンモニア揮散や地下への溶脱等の影響により、窒素の肥効率を70%に設定するとの結果も報告されている（北海道農業改良普及協会 2004）。

また、対象とする作物や施用する時期等によって肥効率は変動するため、今後とも検討が必要と考えられる。

表3-21 尿の成分含量推定式

| 畜種 | 成分(%) | 推定式 |
|----|-------|---|
| 牛尿 | 窒素 | $0.0002EC^2 + 0.0014EC + 0.0272$ $0.0148EC - 0.0366$ |
| | カリ | $0.011EC + 0.0429$ $0.0235EC - 0.0268$ |
| | 豚尿 | 窒素 $0.0268EC + 0.0018$ |
| | リン酸 | $0.0014EC + 0.0359DM + 0.0118$ |
| | カリ | $0.0210EC - 0.0250$ |

* EC：原液を測定（mS/cm） DM：乾物率（%）
（青森畜試1998、北海道農業改良普及協会2004）

ウ 家畜尿(液肥)施用に当たっての留意事項

住宅地に近いほ場では、施用時の悪臭の拡散防止対策が必要であり、尿の曝気処理や資材の添加が行われており、簡易な曝気処理後にリン酸を容量の0.5%添加することにより、散布時の臭気低減が図られる（福島畜試2004）。

また、悪臭発生やアンモニア揮散を低減させる施用方法の検討も行われており、施用直後の耕耘作業の実施やスラリーインジェクタ等による浅層施用が有効である。

施用方法については、一般の液体肥料と同様に、速効性のため基肥より追肥として適しており、水田ではかんがい水の入口からかんがいとともに全面に施肥できる（岡山畜試2003）。なお、液肥は土壌散布、葉面散布が可能であるが、肥料成分が高い液肥は、肥料焼けする恐れがあるため、なるべく葉面や根本にかからないように、適量を散布しなければならない。

肥料成分について、特に牛尿では、カリ含量が高く、過剰に施用した場合には土壌中にカリが蓄積し、塩基バランスを崩す恐れがあるため、化学肥料で塩基バランスを整えて施用する必要がある。